

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення бездротової сенсорної мережі на базі апаратного забезпечення Arduino та програмної платформи Matlab.

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи КТ-41

спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-

інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Наливайко В.В.

Керівник

(підпис)

Тотосько О.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Чихіра І.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Голотенко О.С.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Голотенко О.С.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Студенту Наливайко Владислав Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення бездротової сенсорної мережі на базі апаратного забезпечення Arduino та програмної платформи Matlab.

Керівник роботи Тотосько Олег Васильович, канд. техн. наук, доц каф. КТ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» квітня 2026 року № 4/9-183

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 червня 2026р.

3. Вихідні дані до роботи Технічні вимоги щодо бездротової сенсорної мережі

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

Аналітична частина

Проектна частина

Спеціальна частина

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Титульний слайд

Актуальність роботи

Завдання роботи

Основна частина

Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності,			
основи охорони праці			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	20.04.2026	Виконано
2.	Підбір джерел по темі роботи	22.04.2026-24.05.2026	Виконано
3.	Опрацювання публікацій та збір даних по темі роботи	24.04.2026-27.04.2026	Виконано
4.	Виконання роботи згідно мети	27.04.2026-29.04.2026	Виконано
5.	Оформлення першого та другого розділів	29.04.2026-31.04.2026	Виконано
6.	Оформлення третього розділу	31.04.2026-11.05.2026	Виконано
7.	Оформлення четвертого розділу	11.05.2026-13.05.2026	Виконано
8.	Підготовка презентації	14.05.2026-15.05.2026	Виконано
9.	Підготовка доповіді	16.05.2026-17.05.2026	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.05.2026-19.05.2026	Виконано
11.	Нормоконтроль	19.05.2026-20.05.2026	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	21.05.2026	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	21.05.2026	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи		

Студент

(підпис)

Наливайко В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Тотосько О.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Об'єм графічної частини кваліфікаційної роботи становить __ слайдів. Об'єм пояснювальної записки складає __ друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – __ друкованих сторінок формату А4.

У роботі було спроектовано та реалізовано бездротову сенсорну мережу на базі апаратного забезпечення Arduino та програмної платформи Matlab. Система забезпечує збір, передавання та обробку даних із сенсорних вузлів у режимі реального часу, що відповідає сучасним підходам до побудови розподілених вимірювальних систем і технологій Інтернету речей (IoT).

Було здійснено обґрунтований вибір апаратних компонентів мережі, зокрема мікроконтролерів Arduino, бездротових модулів зв'язку та сенсорів, а також проведено аналіз алгоритмів обміну даними між вузлами та центральним контролером. Розроблені алгоритми забезпечують надійну передачу даних, їх попередню обробку та інтеграцію з програмною платформою Matlab для подальшого аналізу.

У результаті дослідження принципів функціонування бездротових сенсорних мереж та розробки відповідного програмного забезпечення було створено ефективну систему моніторингу, яка дозволяє візуалізувати дані, виконувати їх обробку та приймати рішення на основі отриманих результатів.

Ключові слова: бездротові сенсорні мережі, Arduino, Matlab, мікроконтролери, передавання даних, обробка сигналів, Інтернет речей (IoT), автоматизовані системи моніторингу, сенсорні вузли, бездротовий зв'язок.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Бездротова передача даних.....	10
1.2 Бездротові сенсорні мережі	19
1.3 Розумні будинки	22
1.4 Розумні будинки	25
2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	27
2.1. Апаратне забезпечення системи керування	27
2.1.1 Модулі Wi-Fi.....	27
2.1.2. Arduino.....	28
2.1.3. Плата для розробки ESP8266 NodeMcu з Wi-Fi та модулем перетворювача CP2102	34
2.1.4. Датчик вологості та температури DHT11.	39
2.1.5. Підключення вузла до Arduino за допомогою послідовного інтерфейсу	44
2.2. Розробка програмного забезпечення системи.	45
2.2.1. Програми для розробки на базі ESP8266.	45
2.2.2. Практичні режими роботи ESP8266.	47
2.2.3. Програмний код для вузлів, з'єднаних із датчиком.	50
2.2.4. Програмний код для вузлів та Arduino.....	55
2.2.5. Програмний код Arduino для послідовного підключення.....	56
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	57
3.1 Інтерфейс Arduino з Matlab.....	57
3.2 Пакет підтримки Matlab для Arduino.....	59
3.3 Підключення до апаратного забезпечення Arduino за допомогою Matlab	62
3.4 Отримані експериментальні результати.....	66
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	67
4.1. Ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності при роботі за комп'ютером.	67
ВИСНОВКИ.....	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	74

ВСТУП

Стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та зростання обсягів даних спричинили підвищену потребу у створенні ефективних засобів збору, передавання та обробки інформації. Особливу роль у цьому відіграють бездротові сенсорні мережі, які забезпечують можливість моніторингу різноманітних параметрів у режимі реального часу в складних та розподілених системах. Такі мережі знаходять широке застосування у промисловості, екологічному моніторингу, агросекторі, системах «розумного» міста та інших сферах.

У сучасних умовах актуальною є проблема ефективної організації збору даних із великої кількості сенсорних вузлів, що розташовані на значній відстані один від одного. Використання бездротових технологій дозволяє уникнути складних кабельних з'єднань, зменшити витрати на інфраструктуру та забезпечити гнучкість розгортання системи. Крім того, зростає потреба у швидкій обробці отриманої інформації для прийняття рішень у реальному часі.

Бездротові сенсорні мережі на базі платформи Arduino є доступним і гнучким рішенням для створення розподілених систем збору даних. Мікроконтролери Arduino забезпечують зручну інтеграцію з різноманітними сенсорами та модулями зв'язку, що дозволяє реалізувати вузли мережі з мінімальними витратами. У свою чергу, програмна платформа Matlab надає широкі можливості для обробки сигналів, аналізу даних, моделювання та візуалізації отриманої інформації.

Серед ключових переваг використання бездротових сенсорних мереж можна виділити:

- Гнучкість і масштабованість: можливість легкого додавання нових сенсорних вузлів без суттєвих змін у структурі системи;

- Зниження витрат: відсутність необхідності прокладання кабельних ліній значно зменшує витрати на розгортання системи;
- Дистанційний моніторинг: забезпечення віддаленого контролю параметрів у режимі реального часу;
- Інтеграція з аналітичними платформами: можливість обробки та аналізу даних за допомогою Matlab, що підвищує ефективність прийняття рішень;
- Автоматизація процесів: використання алгоритмів для автоматичного збору, передавання та аналізу інформації.

Таким чином, розроблення бездротових сенсорних мереж на базі Arduino та Matlab є актуальним завданням, що дозволяє створювати ефективні системи моніторингу та керування в різних галузях застосування.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується інтенсивним поширенням розумних технологій, які стали невід'ємною складовою сучасного суспільства. Якщо раніше повсякденне життя було складно уявити без електроенергії, то сьогодні аналогічне значення має Інтернет, оскільки саме він забезпечує швидкий обмін інформацією, комунікацію, доступ до цифрових сервісів і функціонування значної частини автоматизованих систем. Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій сприяв переходу автоматизованих та інтелектуальних систем на якісно новий рівень, що істотно розширило можливості їх застосування в побуті, промисловості, транспорті, медицині та інших сферах людської діяльності.

У сучасних умовах технологічний прогрес є закономірним і невідворотним процесом, який суттєво впливає на спосіб життя людини. Його формування має тривалу історію, упродовж якої поступове вдосконалення технічних засобів і систем забезпечило досягнення сучасного рівня модернізації. Інноваційні технології нині стали важливим чинником розвитку суспільства, оскільки вони змінюють характер соціальної взаємодії, спрощують транспортні процеси, розширюють можливості доступу до інформації, розваг і медіаконтенту, а також сприяють розвитку медицини та фармацевтичної галузі.

Одним із найбільш поширених прикладів впливу сучасних технологій на повсякденне життя є смартфон, який виконує не лише комунікаційну функцію, а й забезпечує доступ до інформаційних ресурсів, електронних сервісів, фінансових операцій, навчальних платформ і систем дистанційного керування. Не менш важливе значення має Інтернет, який став основою цифрової взаємодії між людьми, пристроями та інформаційними системами.

Водночас передумови домашньої автоматизації почали формуватися ще раніше, із поширенням побутових електроприладів, таких як пральні машини, водонагрівачі, фени та інші технічні засоби, що спрощували виконання щоденних побутових завдань. Саме такі пристрої можна

розглядати як початковий етап розвитку автоматизації в побутовій сфері, який згодом трансформувався у концепцію «розумного дому» та використання інтелектуальних систем керування. Швидкий технологічний прогрес кардинально змінив наш спосіб життя. Сьогодні електрика, телебачення, інтернет і телефон є невід'ємною частиною наших осель. Багато робіт, які раніше були складними, тепер виконуються набагато легше завдяки наявності спеціальних приладів. Наприклад, посудомийна машина перетворює миття посуду на просту й автоматизовану процедуру. Також завдяки водонагрівачам тепер стало можливим і цілком звичним приймати душ у будь-який час. Ще один приклад: зберігання продуктів повністю покладено на холодильники.

Системи опалення, кондиціонування та вентиляції зробили наші домівки більш комфортними та зручними. З огляду на велику кількість доступної побутової техніки, інтелектуальна та інтегрована система управління стає дедалі вигіднішою та бажанішою. У наведених вище прикладах система автоматизації для домівок забезпечує зв'язок між різними електричними/електронними пристроями та легко забезпечує кращу енергоефективність і безпеку. Така інтеграція розрізнених пристроїв можлива лише завдяки бездротовій сенсорній мережі. Бездротова сенсорна мережа складається з незалежних просторово розподілених приладів із бездротовим зв'язком, що дозволяє спостерігати та контролювати фізичні або екологічні стани за допомогою сенсорів та мікроконтролерів

За останні роки використання технологій бездротових сенсорних мереж стрімко розвивається. У багатьох випадках потреба в них є очевидною. Ці технології, наприклад, застосовуються для моніторингу серцевого ритму, кліматичних умов, сільського господарства, автоматизованому виробництві та в багатьох інших сферах. Переваги цих систем/технологій очевидні, оскільки вони значно зменшують витрати та додаткову роботу з прокладання кабелів, а також дозволяють налаштовувати передачу даних на великі відстані. Крім того, термінали легко знімаються, а пристрої споживають

менше енергії. Однак у зазначених системах застосовувалися застарілі аналогові давачі, підключення яких здійснювалося через аналогові входи мікроконтролера. Це обмежувало кількість сенсорних елементів, які могли бути одночасно використані для здійснення моніторингу контрольованих параметрів. Останні розробки в галузі бездротових сенсорних мереж демонструють найсучасніший напрямок у розвитку апаратного та програмного забезпечення з відкритим кодом. Вони використовують апаратну платформу Arduino з відкритим кодом для створення динамічної системи бездротових сенсорних мереж. З іншого боку, це менш дорога конструкція, ніж інші розроблені мережі, а також дуже проста у використанні.

Отже, у минулому одними з головних перешкод для трансформації сенсорних мереж у технічних, комерційних та наукових сферах були брак гнучкості, масштабованості, надійності, продуктивності та можливості сталого обслуговування.

1.1 Бездротова передача даних

Коли мова заходить про бездротові мережі, завжди точиться багато дискусій щодо електронних пристроїв. Загальне визначення бездротового зв'язку — це з'єднання, в якому для передачі інформації не використовується кабель. Це визначення дуже просте, саме тому бездротовий зв'язок набув такого широкого поширення. Відповідно, електромагнітні хвилі використовуються у всіх методах бездротового зв'язку. Ці хвилі виникають внаслідок змін електромагнітного поля у передавачі. Головною особливістю цього типу хвиль є відсутність потреби у матеріальному середовищі для поширення. Швидкість зміни цього поля визначає частоту електромагнітної хвилі. Залежно від частоти електромагнітні хвилі поділяються на кілька загальних категорій: радіо-, мікрохвильові, інфрачервоні, видимі, ультрафіолетові, рентгенівські та гамма-хвилі (від низької до високої частоти відповідно).

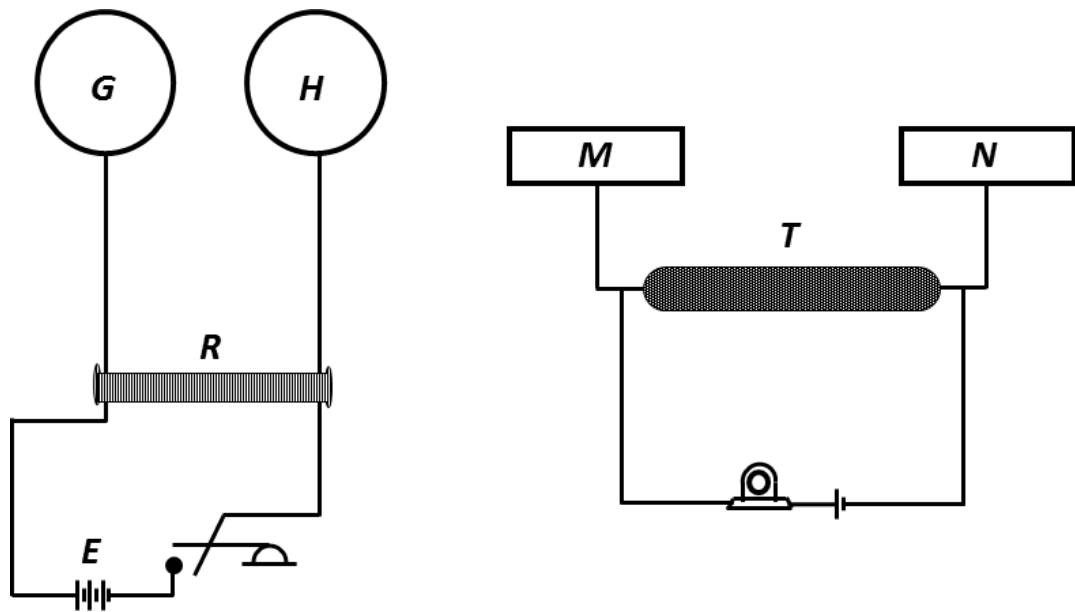


Рисунок 1.1 Конструкція передавача та приймача Марконі

Бездротовий зв'язок має тривалу історію розвитку: ще в давні часи для передавання повідомлень на відстань використовували дим, вогонь, прапори та інші візуальні сигнали. Наукові основи сучасного бездротового зв'язку були закладені у XIX столітті, коли Дж. Максвелл у 1873 році сформулював математичну теорію електромагнітних хвиль, а Г. Герц у 1887 році експериментально підтвердив їх існування. Наприкінці XIX століття Г. Марконі здійснив перші успішні дослід з радіозв'язку, зокрема передав бездротовий сигнал на відстань близько трьох кілометрів.

На початку XX століття бездротовий телеграф почав активно застосовуватися у військовій та морській справі. Зокрема, у 1900 році його використовувала британська армія під час Другої англо-бурської війни, а згодом бездротовий зв'язок набув особливого значення для мореплавства. До 1912 року, коли радіозв'язок був використаний під час аварії «Титаніка» для передавання сигналів про допомогу, він уже став важливим засобом комунікації на морі. Подальший розвиток бездротових технологій був пов'язаний із появою радіомовлення, телевізійних експериментів, частотної модуляції, супутникового зв'язку та мобільних систем. У 1946 році в США було запущено першу публічну систему мобільного телефонного зв'язку, а в 1958 році із запуском супутника SCORE розпочалася епоха супутникових

комунікацій. У 1970-х роках у лабораторіях Bell Labs було запропоновано концепцію стільникового мобільного зв'язку, яка стала основою для появи систем першого покоління у 1980-х роках і другого покоління — у 1990-х. Упродовж ХХ століття розвиток бездротових систем відбувався нерівномірно: одні технології поступово втрачали актуальність, поступаючись кабельним або оптоволоконним мережам, тоді як інші, навпаки, набували широкого поширення. Зокрема, традиційні дротові телефонні мережі значною мірою були доповнені або замінені мобільним зв'язком. Такі зміни були зумовлені появою нових технологічних рішень і зростанням потреб суспільства в мобільній комунікації.

Як науковий напрям бездротові телекомунікації активно розвиваються з 1960-х років, однак особливо інтенсивні дослідження розпочалися з середини 1990-х років. Це було пов'язано зі зростанням попиту на мобільний зв'язок, розвитком технологій надвеликої інтеграції, що дали змогу реалізовувати складні алгоритми обробки сигналів у компактних і енергоефективних пристроях, а також із успіхом цифрових стандартів другого покоління, зокрема CDMA. Оскільки системи другого покоління були орієнтовані переважно на передавання голосу, згодом виникла потреба в мережах третього покоління, здатних забезпечити ефективнішу передачу даних. Подальший розвиток мобільного зв'язку привів до створення мереж четвертого покоління, які забезпечують значно вищу швидкість передавання інформації та відкривають широкі можливості для електронної комерції, мобільних сервісів і сучасних цифрових застосувань.

Типи бездротових мереж. У процесі розгляду структури бездротових мереж основна увага приділяється радіохвилям, або радіочастотному випромінюванню, діапазон якого охоплює частоти від 30 Гц до 300 ГГц. Саме в цих межах функціонує переважна більшість сучасних засобів бездротової комунікації. Тому під час аналізу бездротового зв'язку зазвичай розглядають саме радіохвилі, тоді як інші види електромагнітного випромінювання мають другорядне значення для цього напрямку. Важливо

зазначити, що радіохвилі використовуються не лише в традиційних радіопристроях. Їх застосування охоплює значно ширшу сферу, зокрема телевізійне мовлення, бездротовий доступ до Інтернету, мобільний зв'язок, навігаційні системи та інші телекомунікаційні технології. Отже, радіочастотний діапазон є базовим середовищем передавання інформації для багатьох сучасних систем зв'язку.

Фізичні характеристики радіохвиль безпосередньо залежать від їхньої частоти. Зі зростанням частоти збільшується енергія хвилі, однак водночас зменшується її довжина. Саме тому високочастотні сигнали частіше застосовуються для передавання інформації на невеликі відстані, тоді як низькочастотні хвилі зазвичай є більш придатними для зв'язку на значних дистанціях. Водночас така залежність не є абсолютною, оскільки ефективність поширення сигналу також визначається умовами середовища, потужністю передавача, типом антени та особливостями конкретної системи зв'язку.

Основні діапазони бездротових хвиль класифікуються відповідно до їхньої частоти, довжини хвилі, умовного позначення та сфери практичного застосування. Дуже низькі частоти VLF використовуються для зв'язку з підводними човнами, геофізичних досліджень, спеціалізованих маяків і бездротових моніторів серцевого ритму. Низькі частоти LF застосовуються у навігації, передаванні сигналів точного часу, довгохвильовому АМ-мовленні та системах радіочастотної ідентифікації. Середні частоти MF характерні для середньохвильового АМ-мовлення, аматорського радіозв'язку й окремих систем розпізнавання за допомогою радіохвиль. Високі частоти HF використовуються у радіомовленні, цивільному та аматорському радіозв'язку, а також в авіаційному зв'язку за межами прямої видимості. Дуже високі частоти VHF застосовуються у FM-мовленні, телебаченні, авіаційному, наземному та морському мобільному зв'язку. Ультрависокі частоти UHF характерні для мобільних телефонів, GPS, бездротових локальних мереж, телевізійного мовлення та двосторонніх радіостанцій.

Надвисокі частоти SHF використовуються в бездротових мережах, сучасних радарних системах, супутниковому зв'язку та аматорському радіозв'язку. Надзвичайно високі частоти EHF застосовуються в радіоастрономії, високочастотних мікрохвильових радіорелейних системах, мікрохвильових технологіях і спеціалізованому радіозв'язку. З огляду на широку номенклатуру радіочастотних діапазонів і різноманітність способів передавання та приймання інформації, для організації бездротового зв'язку було розроблено значну кількість протоколів. До них належать Wi-Fi, GPS, GSM, RFID, VHF та інші технології, кожна з яких має власні принципи функціонування, частотні характеристики та сферу практичного застосування.

Технічні питання формування, передавання, приймання та обробки радіохвиль належать до спеціалізованої галузі радіотехніки й телекомунікацій. Водночас у практичному використанні поняття «бездротовий зв'язок» часто пов'язують із Wi-Fi-технологіями, що працюють переважно в діапазоні 2,4 ГГц відповідно до стандартів IEEE 802.11 b/g/n. Такі технології є поширеними в побутових, навчальних і прикладних системах, зокрема під час використання бездротових модулів разом із мікроконтролерними платформами, наприклад Arduino.

Бездротові мережі поділяються на кілька основних типів залежно від радіуса дії, швидкості передавання даних, застосовуваних технологій і призначення. Така класифікація дає змогу систематизувати різні способи організації бездротового зв'язку — від короткодіючих персональних мереж до глобальних систем мобільної комунікації. У загальному вигляді виділяють персональні, локальні, міські та глобальні бездротові мережі, кожна з яких має власну сферу використання та технічні характеристики.

Персональні бездротові мережі, або WPAN, призначені для організації зв'язку на дуже малих відстанях, зазвичай у межах кількох метрів. Вони використовуються для підключення ноутбуків, комп'ютерів, периферійних пристроїв, аксесуарів та інших персональних електронних засобів. До

типових технологій цього класу належать Bluetooth і UWB. Для таких мереж характерна середня швидкість передавання даних, орієнтовно від 1 до 2 Мбіт/с, а їхньою головною перевагою є простота підключення пристроїв у межах особистого робочого простору.

Локальні бездротові мережі, або WLAN, застосовуються для організації бездротового доступу в межах приміщення, будівлі або невеликої території. Вони забезпечують зв'язок між комп'ютерами, мобільними пристроями, локальними системами та мережею Інтернет. Основою таких мереж є стандарти сімейства IEEE 802.11, зокрема IEEE 802.11b, IEEE 802.11e, IEEE 802.11g, а також сучасніші стандарти Wi-Fi, серед яких IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac, IEEE 802.11ax та IEEE 802.11be. Стандарт IEEE 802.11n, відомий як Wi-Fi 4, забезпечив підвищення швидкості передавання даних завдяки використанню технології MIMO та роботі в діапазонах 2,4 і 5 ГГц. Подальший розвиток отримав стандарт IEEE 802.11ac, або Wi-Fi 5, орієнтований переважно на діапазон 5 ГГц і вищу пропускну здатність. Стандарт IEEE 802.11ax, відомий як Wi-Fi 6 та Wi-Fi 6E, забезпечує ефективнішу роботу мереж за великої кількості підключених пристроїв, а також може використовувати розширений діапазон 6 ГГц. Найновішим етапом розвитку є IEEE 802.11be, або Wi-Fi 7, який передбачає ще більшу швидкість передавання даних, зменшення затримок і підвищення стабільності з'єднання. Типова дальність дії локальних бездротових мереж становить приблизно 100 м, однак фактичні параметри залежать від стандарту, потужності обладнання, частотного діапазону, кількості перешкод і умов поширення радіосигналу.

Міські бездротові мережі, або WMAN, забезпечують зв'язок на значно більших відстанях і можуть охоплювати райони міста або інші великі території. Для таких мереж застосовуються технології IEEE 802.16, IEEE 802.16e та WiMAX. Їхньою особливістю є можливість передавання даних на відстань до 50 км із високою швидкістю, яка може сягати 268 Мбіт/с. Такі мережі використовуються для побудови широкопasmового доступу,

підключення локальних мереж до високошвидкісного Інтернету та забезпечення зв'язку між віддаленими об'єктами.

Глобальні бездротові мережі мають найбільший радіус дії та забезпечують підключення мобільних пристроїв до масштабних телекомунікаційних інфраструктур і мережі Інтернет. До ранніх технологій цього типу належать GSM, GPRS та системи множинного доступу з кодовим розділенням каналів, які забезпечували базові можливості мобільного зв'язку та передавання даних. Для таких мереж була характерна відносно низька або середня швидкість передавання інформації — приблизно від 10 Кбіт/с до 2,4 Мбіт/с. Подальший розвиток глобальних бездротових мереж привів до появи технологій третього, четвертого та п'ятого поколінь. Мережі 3G забезпечили вищу швидкість мобільного доступу до Інтернету та розширили можливості використання мультимедійних сервісів. Технологія 4G LTE стала основою високошвидкісного мобільного Інтернету, забезпечивши ефективне передавання великих обсягів даних, підтримку відеозв'язку, потокового відео, онлайн-сервісів і мобільних застосунків. Найсучаснішим етапом розвитку є мережі 5G, які характеризуються значно більшою пропускнуою здатністю, меншою затримкою сигналу, можливістю одночасного підключення великої кількості пристроїв і підтримкою технологій Інтернету речей, автономного транспорту, «розумних» міст та промислової автоматизації. Основним призначенням глобальних бездротових мереж є забезпечення мобільного зв'язку, доступу до Інтернету та взаємодії смартфонів, персональних цифрових помічників, сенсорних пристроїв, транспортних систем і промислового обладнання з глобальними інформаційними інфраструктурами. Таким чином, сучасні глобальні бездротові мережі виконують не лише комунікаційну функцію, а й є важливою технологічною основою цифрової економіки, інтелектуальних сервісів і автоматизованих систем керування.

Окремо слід зазначити, що наведена класифікація демонструє поступове зростання масштабу бездротових мереж: від WPAN, які працюють

у межах кількох метрів, до глобальних мереж, здатних забезпечувати зв'язок практично без територіальних обмежень. Водночас зі збільшенням радіуса дії змінюються технічні вимоги до обладнання, способи організації доступу, швидкість передавання даних і сфери практичного використання. Таким чином, кожен тип бездротової мережі займає окреме місце в сучасній телекомунікаційній інфраструктурі та застосовується відповідно до конкретних умов і завдань зв'язку.

Зв'язок через UART. Одним із найважливіших і найкорисніших протоколів в електронних модулях є протокол UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter). Цей протокол передбачає використання лише двох проводів, не потребує тактового сигналу та підтримує одночасно лише одну пару передавачів/приймачів. У протоколі UART входи та виходи позначені символами Tx та Rx, що означають «Transmit» (передача) та «Receive» (прийом), тобто відправлення та отримання інформації. Важливою особливістю протоколу UART є те, що вивід Tx одного пристрою підключається до входу Rx іншого (Рис. 1.2).

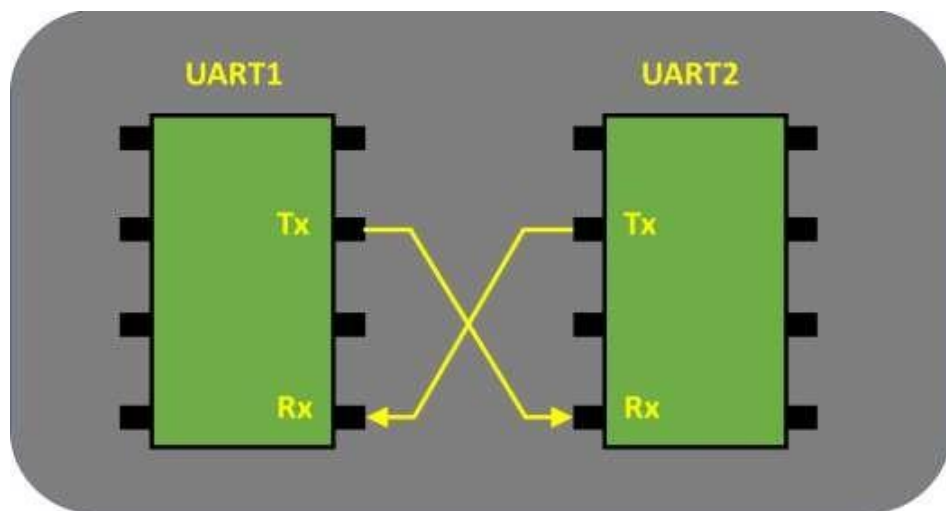


Рисунок 1.2 Підключення UART

Апаратне забезпечення UART керує інтерфейсами комп'ютера з підключеними до нього послідовними пристроями. Зокрема, апаратне забезпечення UART забезпечує взаємодію між кінцевим обладнанням для обробки даних (DTE) та обладнанням для передачі даних (DCE). Наприклад,

воно дозволяє обмінюватися даними між модемами та іншими послідовними пристроями. У контексті цієї взаємодії UART також виконує такі основні функції:

- для передачі вхідних даних воно перетворює послідовні потоки бітів у байти системи;
- додає біт парності до переданих даних, потім перевіряє парність отриманих байтів (якщо це вибрано) і в кінці скидає біт парності;
- додає стартові та стопові біти до переданих даних на виході та видаляє їх із вхідних даних.

У зв'язку з цим використовуються наступні шість 8-бітних регістрів:

- 1) Регістр зсуву прийому (RSR)
- 2) Регістр даних прийому (RDR)
- 3) Регістр даних передачі (TDR)
- 4) Регістр зсуву передачі (TSR)
- 5) Регістр керування послідовним зв'язком (SCCR)
- 6) Регістр стану послідовного зв'язку (SCSR)

Припустимо, що UART підключено до мікроконтролера та адресної шини, завдяки чому процесор отримав можливість зчитування та запису в регістри. З пам'яті записуються такі регістри: RDR, TDR, SCCR та SCSR. За допомогою регістрів RDR, SCSR та SCCR можна керувати шиною даних через буфери жорсткого диска. Крім того, через шину даних можна завантажувати регістри TDR та SCCR.

До основних переваг інтерфейсу UART належить його відносна простота реалізації, оскільки для обміну даними використовується лише дві сигнальні лінії. Крім того, цей спосіб передавання інформації не потребує окремого тактового сигналу, що спрощує апаратне підключення пристроїв. Важливою особливістю UART є можливість контролю коректності переданих даних за допомогою спеціальних перевірочних значень, зокрема біта парності. Також структура переданих даних може бути змінена за умови, що обидві сторони обміну підтримують однакові параметри передавання.

Додатковою перевагою є те, що UART є поширеним і добре документованим інтерфейсом, тому його легко застосовувати в мікроконтролерних, вбудованих та промислових системах.

Водночас інтерфейс UART має певні обмеження. Зокрема, розмір кадру даних є відносно невеликим і зазвичай обмежується 9 бітами, що може бути недостатнім для складних протоколів обміну. Крім того, UART не призначений для побудови мереж із кількома ведучими або кількома веденими пристроями, оскільки найчастіше використовується для прямого з'єднання двох пристроїв. Ще одним недоліком є необхідність узгодження швидкості передавання даних між приймачем і передавачем: параметри UART мають бути налаштовані максимально точно, а значне відхилення швидкості може спричинити помилки під час приймання інформації.

1.2 Бездротові сенсорні мережі

Завдяки інтенсивному розвитку сенсорної техніки, мікропроцесорних засобів, методів цифрової обробки даних і телекомунікаційних технологій бездротові сенсорні мережі стали одним із важливих напрямів сучасної автоматизації, моніторингу та керування технічними об'єктами. Їх активне впровадження зумовлене потребою у створенні гнучких, масштабованих і відносно недорогих систем збирання інформації, які можуть працювати без складної кабельної інфраструктури. Бездротова сенсорна мережа являє собою автономну розподілену систему, до складу якої входять сенсорні вузли, мікроконтролери, модулі бездротового зв'язку та програмні засоби обробки інформації. Основним призначенням таких вузлів є вимірювання фізичних, хімічних або технологічних параметрів, їх попередня обробка та передавання до системи моніторингу, диспетчеризації або автоматичного керування. До таких параметрів можуть належати температура, вологість, тиск, рівень освітленості, вібрація, концентрація газів, положення об'єкта, швидкість руху, електричні характеристики та інші показники, важливі для контролю стану системи.

У більш складних інтерактивних системах бездротові сенсорні мережі можуть доповнюватися виконавчими вузлами, які не лише отримують інформацію від сенсорів, а й реалізують відповідні керуючі дії. Такі вузли можуть керувати електродвигунами, клапанами, реле, насосами, системами освітлення, вентиляції, опалення або іншими виконавчими механізмами. У цьому випадку мережа виконує не тільки функцію спостереження, а й забезпечує активний вплив на об'єкт керування. Такі системи доцільно розглядати як бездротові сенсорно-виконавчі мережі, що є важливою основою для реалізації концепцій «розумного дому», промислового Інтернету речей та кіберфізичних систем. Важливою перевагою бездротових сенсорних мереж є доступність апаратної бази. Сучасні мікроконтролери, сенсорні модулі та засоби бездротової комунікації мають невисоку вартість, малі габарити та низьке енергоспоживання, що дає змогу створювати компактні автономні пристрої. Для їх реалізації можуть застосовуватися платформи Arduino, ESP8266, ESP32, STM32, Raspberry Pi Pico та інші мікроконтролерні рішення. Завдяки цьому бездротові сенсорні мережі активно використовуються не лише у промислових системах, а й у навчальних, наукових, лабораторних і побутових проєктах.

На відміну від традиційних дротових систем, бездротові сенсорні мережі не потребують прокладання великої кількості кабельних ліній між окремими елементами системи. Це істотно спрощує монтаж, знижує витрати на встановлення та обслуговування, а також дає змогу розміщувати сенсорні вузли у важкодоступних або віддалених місцях. Крім того, відсутність кабелів підвищує гнучкість побудови мережі, оскільки її структура може змінюватися відповідно до умов експлуатації, кількості контрольованих об'єктів або вимог до зони покриття.

Особливістю бездротових сенсорних мереж є їх завдання-орієнтований характер. Це означає, що архітектура мережі, кількість сенсорних вузлів, типи давачів, спосіб передавання даних, протокол зв'язку та алгоритми обробки інформації визначаються конкретним прикладним завданням.

Наприклад, для систем моніторингу температури у приміщенні достатньо невеликої кількості вузлів із низькою швидкістю передавання даних, тоді як для контролю вібрацій промислового обладнання потрібні сенсори з високою частотою вимірювання, надійний канал зв'язку та швидка обробка сигналів.

Сучасні бездротові сенсорні мережі можуть використовувати різні технології передавання даних, зокрема Wi-Fi, Bluetooth Low Energy, Zigbee, LoRaWAN, NB-IoT, LTE-M та інші стандарти. Вибір конкретної технології залежить від дальності зв'язку, енергоспоживання, необхідної швидкості передавання даних, кількості вузлів у мережі та умов експлуатації. Наприклад, Wi-Fi доцільно використовувати там, де потрібна висока швидкість передавання даних і доступна стабільна енергетична інфраструктура. Bluetooth Low Energy придатний для короткодіючих енергоощадних пристроїв, Zigbee — для побудови сітчастих мереж із великою кількістю вузлів, а LoRaWAN і NB-IoT — для передавання невеликих обсягів даних на значні відстані з мінімальним енергоспоживанням.

Практичне застосування бездротових сенсорних мереж охоплює широкий спектр галузей. У промисловості вони використовуються для моніторингу технологічних процесів, контролю стану обладнання, вимірювання температури, тиску, вібрації та інших параметрів. У транспортній сфері такі мережі застосовуються для діагностики вузлів рухомого складу, контролю підшипників, моніторингу стану транспортної інфраструктури та підвищення безпеки експлуатації. У сільському господарстві вони дають змогу контролювати вологість ґрунту, температуру повітря, рівень освітлення, стан теплиць і систем зрошення. Особливо важливим є використання бездротових сенсорних мереж у тих випадках, коли прокладання кабельних комунікацій є технічно складним, економічно недоцільним або небезпечним. Наприклад, такі мережі можуть застосовуватися для моніторингу підводних трубопроводів, мостів, будівельних конструкцій, авіаційного обладнання, енергетичних установок і

промислових об'єктів, що працюють у складних умовах. Відмова від кабельних з'єднань дає змогу зменшити масу системи, підвищити її мобільність, знизити ризик пошкодження ліній зв'язку та спростити технічне обслуговування.

Отже, бездротові сенсорні мережі є перспективним інструментом для побудови сучасних систем моніторингу, діагностики та автоматизованого керування. Їхніми ключовими перевагами є гнучкість архітектури, масштабованість, відносно низька вартість, можливість автономної роботи та здатність функціонувати в умовах, де використання традиційних дротових систем є обмеженим. Подальший розвиток таких мереж пов'язаний із впровадженням технологій Інтернету речей, хмарної обробки даних, штучного інтелекту та енергоефективних протоколів зв'язку, що розширює можливості їх використання в промисловості, транспорті, медицині, екологічному моніторингу та побутовій автоматизації.

1.3 Розумні будинки

Концепція домашньої автоматизації, або «розумного дому», є одним із актуальних напрямів розвитку сучасного проектування будівель і формування сталих міст та громад. Подібно до концепцій «розумного міста» й «розумного виробництва», головна мета домашньої автоматизації полягає в інтеграції окремих технічних систем у єдине середовище керування. Такий підхід дає змогу оптимізувати їхню роботу, підвищити ефективність взаємодії між технічними пристроями та користувачем, а також забезпечити більш раціональне використання ресурсів. Основними чинниками розвитку систем домашньої автоматизації є підвищення комфорту, забезпечення безпеки, ефективніше керування енергоспоживанням і створення єдиної мережевої інфраструктури для побутових пристроїв. Залежно від функціонального призначення такі системи можуть бути орієнтовані на моніторинг параметрів середовища, керування освітленням, опаленням, вентиляцією, побутовою технікою, охоронними пристроями або засобами дистанційного доступу.

Одним із перспективних напрямів реалізації систем «розумного дому» є використання бездротових сенсорних мереж. Завдяки гнучкості, масштабованості та відносно низькій вартості такі мережі дають змогу створювати ефективні системи автоматизації житлових і офісних приміщень без необхідності прокладання складної кабельної інфраструктури. Сенсорні вузли можуть здійснювати вимірювання температури, вологості, освітленості, руху, стану дверей і вікон, а також передавати отримані дані до центрального контролера для подальшої обробки та прийняття керуючих рішень. У системах домашньої автоматизації бездротові сенсорні мережі можуть застосовуватися не лише для збирання інформації, а й для керування побутовими електронними пристроями. Наприклад, за допомогою таких мереж можна реалізувати автоматичне вмикання або вимикання освітлення, регулювання температури в приміщенні, керування електроприладами, контроль доступу та передавання повідомлень користувачу. Окремі рішення передбачають живлення сенсорних вузлів від енергії, отриманої з навколишнього середовища, зокрема від внутрішнього освітлення, що сприяє підвищенню енергоефективності системи.

Серед апаратних платформ, які використовуються для побудови бездротових сенсорних мереж, важливе місце займає Arduino. Її перевагами є відкритість апаратної та програмної частини, простота програмування, доступність компонентів, велика кількість сумісних модулів і наявність широкої технічної підтримки. Завдяки цьому Arduino є зручною платформою для розроблення експериментальних і прикладних систем домашньої автоматизації, особливо в навчальних, дослідницьких і прототипних проєктах. У межах такої системи Arduino може виконувати функцію центрального контролера або окремого сенсорного вузла. До неї можуть підключатися датчики температури, вологості, руху, газу, освітленості, реле, модулі бездротового зв'язку та інші периферійні пристрої. Для забезпечення взаємодії між користувачем, сенсорними вузлами й апаратною частиною можуть використовуватися різні програмні середовища, зокрема Matlab, який

є поширеним і добре документованим інструментом для обробки даних, моделювання, візуалізації та організації зв'язку з мікроконтролерними платформами. Важливою складовою домашньої автоматизації є створення мережі взаємодії між побутовими пристроями. Це означає, що окремі прилади об'єднуються в єдину систему, яка забезпечує централізоване керування та контроль. Завдяки цьому користувач отримує можливість ефективніше керувати домашнім середовищем, а система може автоматично реагувати на зміну умов, наприклад зміну температури, присутність людини в приміщенні або перевищення заданого рівня енергоспоживання. Найбільш поширеним підходом до побудови мереж у системах «розумного дому» є використання бездротових сенсорів. У такому випадку побутові пристрої або елементи інженерної інфраструктури контролюються за допомогою сенсорів, які передають інформацію до центрального контролера через бездротові канали зв'язку. Для цього можуть застосовуватися різні технології, зокрема Wi-Fi, Bluetooth, GSM, RFID, RF-модулі та NodeMCU. Одним із прикладів застосування таких рішень є «розумний холодильник», у якому RFID-давачі використовуються для контролю наявності продуктів, а температурні сенсори — для вимірювання температури всередині камери. Передавання даних до контролера може здійснюватися через RFID-антену, Wi-Fi або інші бездротові канали. Для взаємодії користувача із системою можуть застосовуватися GSM-зв'язок, мобільний Інтернет або вебінтерфейс, що дає змогу отримувати повідомлення й керувати пристроєм дистанційно.

У системах домашньої автоматизації також широко використовуються Bluetooth-рішення, які забезпечують зв'язок між сенсорами, контролером і мобільними пристроями на невеликих відстанях. Крім того, для передавання виміряних параметрів можуть застосовуватися спеціалізовані радіочастотні передавачі, інтегровані безпосередньо в сенсорні вузли. Такі рішення є доцільними у випадках, коли необхідно забезпечити простий, недорогий і енергоощадний канал передавання даних.

Окрему увагу слід приділити модулю NodeMCU, який має вбудований Wi-Fi-інтерфейс і широко використовується у проєктах бездротових сенсорних вузлів. Його застосування дає змогу створювати компактні пристрої для збирання, обробки та передавання даних через локальну мережу або Інтернет. Завдяки цьому NodeMCU часто використовується в системах «розумного дому» для дистанційного керування освітленням, побутовими приладами, кліматичними системами та засобами моніторингу параметрів середовища.

Отже, домашня автоматизація на основі бездротових сенсорних мереж є перспективним напрямом розвитку сучасних інтелектуальних систем керування. Вона поєднує апаратні засоби, сенсорні технології, бездротовий зв'язок і програмне забезпечення для створення зручного, безпечного та енергоефективного житлового середовища. Застосування платформ Arduino, NodeMCU, Wi-Fi, Bluetooth, GSM та RFID дає змогу реалізовувати гнучкі й масштабовані рішення, які можуть бути адаптовані до потреб конкретного користувача або об'єкта автоматизації.

1.4 Розумні будинки

Як зазначалося раніше, основними передумовами розвитку систем домашньої автоматизації є підвищення комфорту, забезпечення безпеки, ефективніше керування енергоспоживанням і створення мережевої взаємодії між побутовими пристроями. Із цих чинників можна зробити висновок, що частина з них пов'язана не лише з бажанням підвищити зручність користування житловим простором, а й із реальною необхідністю впровадження таких систем. Наприклад, системи домашньої автоматизації, призначені для людей похилого віку або осіб з інвалідністю, слід розглядати не тільки як засіб підвищення комфорту, а як важливий інструмент забезпечення їхньої самостійності, безпеки та якості життя. Подібним чином системи домашньої автоматизації, спрямовані на підвищення енергоефективності, також набувають характеру необхідності, а не розкоші. Рациональне використання електроенергії, автоматичне керування

освітленням, опаленням, вентиляцією та побутовими приладами дає змогу зменшити витрати ресурсів і підвищити ефективність експлуатації житлових приміщень. У зв'язку з цим особливого значення набуває зниження вартості таких систем, що робить їх доступнішими для ширшого кола користувачів.

З огляду на вартість, функціональні можливості та гнучкість платформи Arduino, яка є недорогим апаратним засобом із відкритою архітектурою, вона може відігравати важливу роль у розробленні систем домашньої автоматизації. Arduino забезпечує можливість створення доступних, адаптивних і відносно простих у реалізації рішень для моніторингу параметрів середовища, керування побутовими пристроями та організації взаємодії між користувачем і системою.

Окремий напрям становлять системи домашньої автоматизації на базі Arduino з голосовим керуванням. Вони дають змогу користувачеві керувати освітленням, побутовими приладами, кліматичними системами або іншими елементами житлового середовища за допомогою голосових команд. Крім того, розроблялися рішення, спрямовані на підвищення безпеки людей похилого віку, зокрема автоматизовані роботизовані платформи на основі Arduino, здатні слідувати за користувачем. Також відомі приклади систем домашньої автоматизації, у яких використовується плата Arduino Uno для реалізації керування на основі сигналів мозкової активності. У таких системах команди керування формуються на основі моргання або рівня концентрації уваги користувача. Це свідчить про можливість застосування Arduino не лише у звичайних побутових системах, а й у більш складних інтерфейсах взаємодії людини з технічними засобами.

Загалом системи домашньої автоматизації на основі Arduino розглядаються як доступні рішення для підвищення комфорту, безпеки та ефективності керування енергоспоживанням. Використання цієї платформи у системах керування будівлями дає змогу створювати економічно доцільні рішення, орієнтовані на оптимізацію енерговитрат, автоматизацію побутових процесів і підвищення зручності експлуатації житлових приміщень.

2. ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1. Апаратне забезпечення системи керування

2.1.1 Модулі Wi-Fi

Модуль ESP8266. Цей модуль є одним із найважливіших і найпоширеніших модулів для Wi-Fi-зв'язку; він відомий під назвою ESP8266 (Рис. 2.1). Wi-Fi — це спеціальний бездротовий протокол, який дозволяє отримувати доступ до Інтернету та підключатися до Wi-Fi-маршрутизаторів.

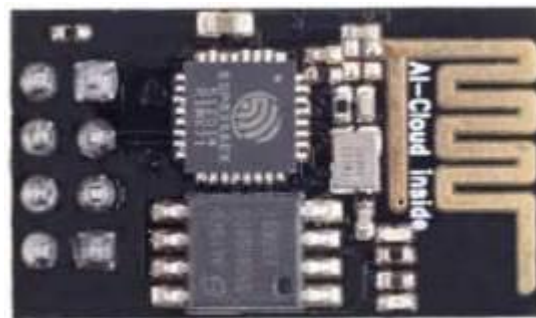


Рисунок 2.1 Модуль ESP8266

Цей протокол чудово підходить для реалізації проєктів у сфері Інтернету речей (IoT), незалежно від того, чи хочете ви обмінюватися інформацією через Інтернет, чи створити локальну мережу датчиків і модулів. Існує велика різноманітність Wi-Fi-модулів, більшість із яких використовують у своїй конструкції модуль ESP8266. Іншою версією є ESP8285 — це ESP8266 з 1 Мбайт вбудованої флеш-пам'яті, що дозволяє однокристальним пристроям підключатися до Wi-Fi

Плата NodeMCU. На відміну від попереднього модуля, ця плата є повноцінною платою для розробки. Фактично, це поєднання модуля Wi-Fi з Arduino. NodeMCU — це потужна плата, на якій встановлено мікроконтролер ESP8266 (Рис. 2.2). Крім того, вона має 12 цифрових входів/виходів, 1 аналоговий вхід, 128 КБ оперативної пам'яті та 4 МБ постійної пам'яті. NodeMCU також підтримує протоколи Serial Peripheral Interface (SPI), UART та Inter-Integrated Circuit (I2C) і підключається до комп'ютера за допомогою інтерфейсу microUSB.



Рисунок 2.2 Плата NodeMCU.

Модуль nRF. Ще одним практичним і надійним бездротовим модулем є серія nRF від компанії Nordic Semiconductor. Ці модулі відомі своєю великою дальністю дії та низьким енергоспоживанням. Модуль nRF24L01 — це простий і доступний бездротовий передавач та приймач (Рис. 2.3).

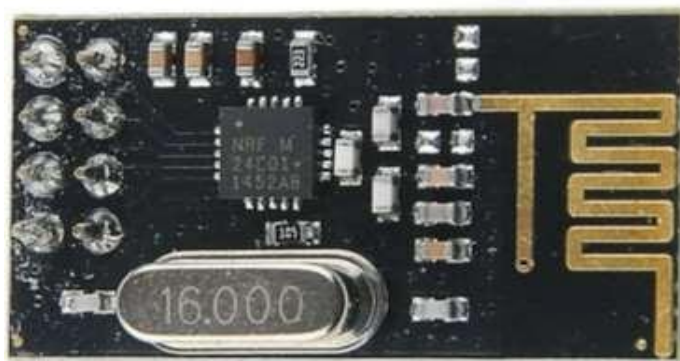


Рисунок 2.3 Модуль nRF.

Цей модуль дозволяє здійснювати зв'язок на відстані до 100 метрів із різною пропускнуою здатністю від 256 Кбіт/с до 2 Мбіт/с. Звісно, ця відстань стосується відкритого простору, і, природно, у приміщенні вона зменшується.

2.1.2. Arduino

Термін «Arduino» стосується команди, яка розробляє апаратне та програмне забезпечення, а також філософію дизайну. Компанія була заснована в місті Івреа в Італії. Назва «Arduino» походить від імені італійського короля «Ардуїна Іврейського». Arduino має платформу з відкритим кодом для апаратного та програмного забезпечення. Платформа

включає одноядерний мікроконтролер, який становить апаратну частину Arduino. Крім того, платформа Arduino включає програмне забезпечення Arduino IDE, призначене для програмування плат Arduino, а також програмний завантажувач, який завантажується на мікроконтролер. Апаратне забезпечення Arduino призначене для створення інтерактивних апаратних проектів та побудови пристроїв, які швидко та легко взаємодіють із навколишнім середовищем. Плата містить мікроконтролер Atmel AVR ATmega8 та супутні компоненти, включаючи послідовні порти, слоти розширення, схеми живлення та різні допоміжні елементи. В якості вхідних даних Arduino приймає такі змінні, як освітлення навколишнього середовища, натискання клавіш або навіть електронні листи. Після обробки вхідних даних Arduino здатний генерувати вихідні дані, включаючи увімкнення електричного пристрою, регулювання кольору світлодіодів або відправку електронного листа тощо.

В даній роботі як основну апаратну платформу використано плату Arduino Uno, побудовану на базі мікроконтролера ATmega328 (Рис. 2.4). Вона має шість аналогових входів, чотирнадцять цифрових входів/виходів, USB-інтерфейс для підключення до комп'ютера, керамічний генератор із частотою 16 МГц, роз'єм ICSP для програмування, гніздо живлення та кнопку скидання. Для створення й завантаження програмного коду застосовується інтегроване середовище розробки Arduino IDE, яке містить базові бібліотеки та забезпечує зручну роботу з мікроконтролерною платформою. Бібліотеки Arduino реалізовані переважно мовами C та C++, тоді як саме середовище Arduino IDE історично створювалося з використанням Java.

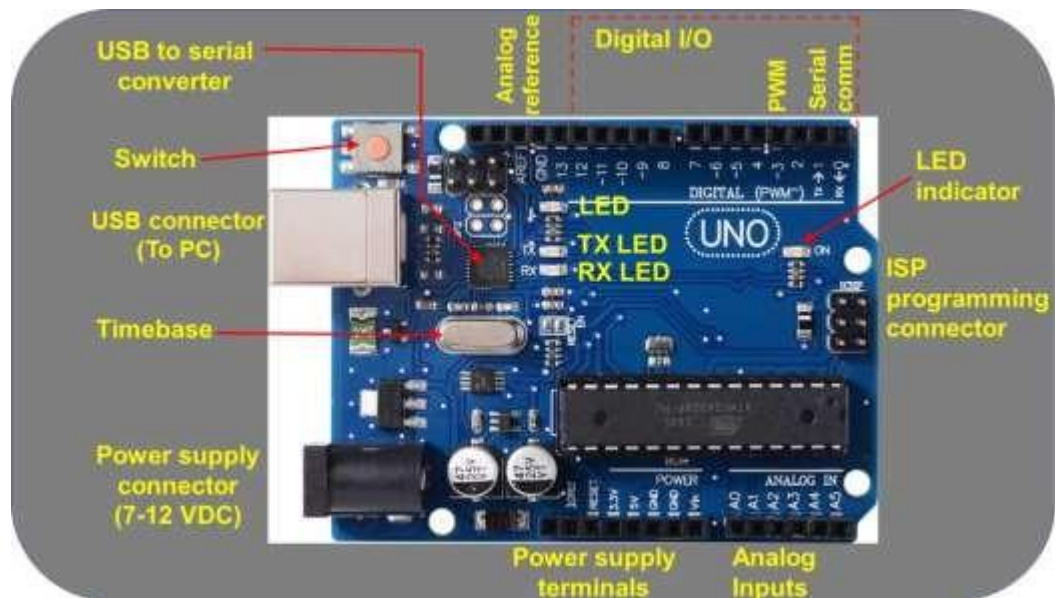


Рисунок 2.4 Схема плати Arduino UNO

Вибір Arduino Uno для реалізації цієї роботи є доцільним з огляду на її простоту використання, доступність, надійність і достатні функціональні можливості для побудови автоматизованих та вимірювальних систем. Плата забезпечує зручне підключення аналогових і цифрових датчиків, виконавчих пристроїв, модулів зв'язку та інших периферійних компонентів. Наявність USB-інтерфейсу спрощує програмування й налагодження системи, а підтримка Arduino IDE дає змогу швидко розробляти, тестувати та змінювати програмний код. Крім того, Arduino Uno має широку технічну підтримку, значну кількість відкритої документації, прикладів програм і сумісних модулів, що суттєво спрощує процес розроблення. Саме тому ця плата є оптимальним вибором для навчальних, дослідницьких і прикладних проєктів, у яких необхідно забезпечити поєднання простоти реалізації, достатньої продуктивності та можливості подальшого розширення системи.

Апаратне забезпечення Arduino Uno складається з таких чотирьох основних частин (Рис 2.5):

1. Мікроконтролер
2. Блок живлення
3. Блок інтерфейсу з комп'ютером
4. Групові порти

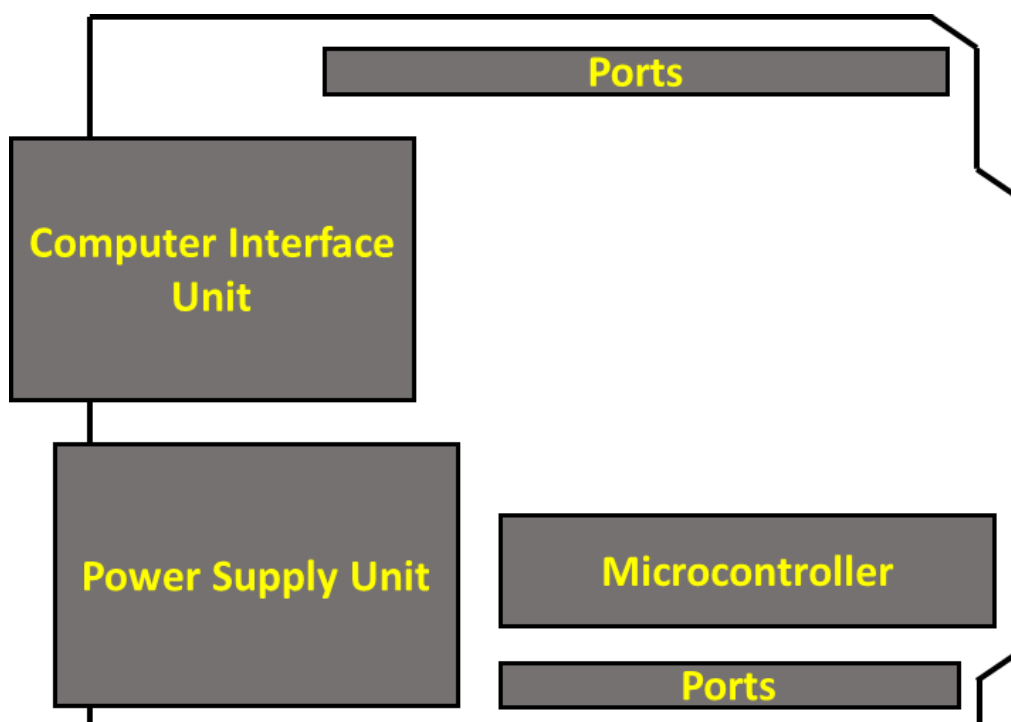


Рисунок 2.5 Основні компоненти плати Arduino Uno.

Головним елементом плати Arduino Uno є мікроконтролер Atmel ATmega328, який виконує функцію центрального керуючого вузла системи. Він забезпечує обробку програмних команд, керування периферійними пристроями, приймання та передавання даних, а також взаємодію з підключеними датчиками й виконавчими елементами. До складу ATmega328 входять центральний процесор, блоки пам'яті, тактовий генератор та інші допоміжні функціональні модулі, що дає змогу розглядати його як компактний обчислювальний пристрій, реалізований на одному кристалі. Спрощену структурну схему мікроконтролера ATmega328 наведено на рисунку 2.6.

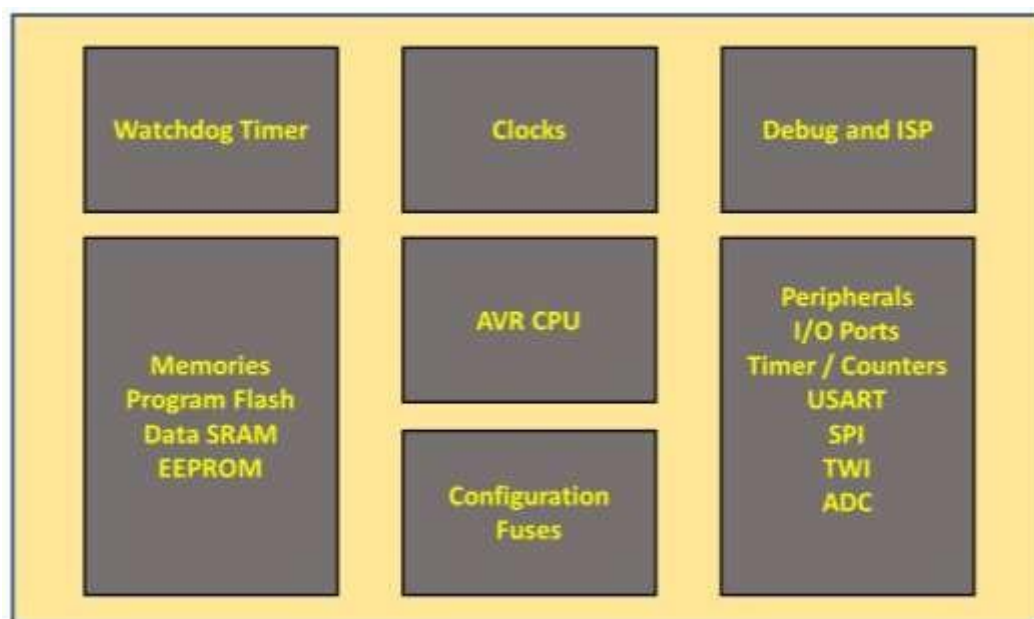


Рисунок 2.6 Схема принципової будови мікроконтролера ATmega328.

Мікроконтролер ATmega328 може працювати при напрузі від 1,8 до 5,5 В, що робить його придатним для різних застосувань. Робоча частота ATmega328 залежить від напруги живлення. Більш високі робочі частоти можна досягти за рахунок підвищення напруги. Для роботи на максимальній швидкості 20 МГц потрібно мінімум 4,4 В. Оскільки плата Arduino забезпечує ATmega328 напругою 5 В, швидкість процесора не обмежена і може досягати максимальної швидкості 20 МГц.

Зв'язок Arduino з комп'ютером здійснюється через послідовний порт. Існують різні типи протоколів послідовного зв'язку. Послідовний порт працює в асинхронному режимі, тобто не потребує окремого тактового сигналу. В асинхронній схемі використовуються два окремі сигнали: сигнал передачі даних і сигнал прийому даних.

За допомогою Arduino та різних модулів і розширень, розроблених для цієї платформи, можна реалізовувати різноманітні проекти, такі як «Інтернет речей», «розумні будинки» та інтерактивні продукти. Плати Arduino можна програмувати без використання спеціального програматора — через USB-кабель та інтегровану платформу розробки програмного забезпечення з відкритим кодом.

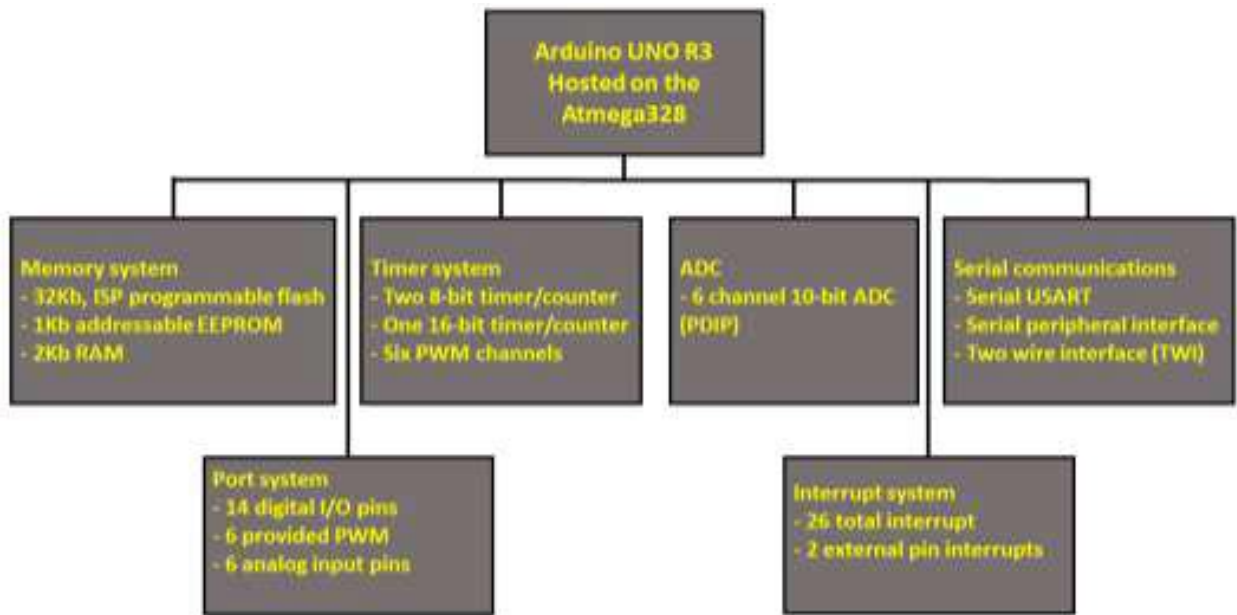


Рисунок 2.7 Схема основних систем, доступних в Arduino.

Окрім апаратного забезпечення з відкритим кодом, Arduino має інтегроване безкоштовне середовище розробки програмного забезпечення з відкритим кодом. Програмне забезпечення Arduino дозволяє програмувати мікроконтролер безпосередньо, без використання програматора. Програмне забезпечення Arduino має корисні функції, такі як послідовний термінал, що дозволяє усувати несправності в написаних програмах для мікроконтролера через послідовні та USB-з'єднання. Крім того, існує можливість надсилати значення АЦП та стан виводів або інші дані на послідовний термінал Arduino та збирати дані з мікроконтролера через ПК.

За допомогою концепції дочірніх плат, які в середовищі Arduino називають shields, до плати Arduino можна підключати зовнішнє апаратне забезпечення та розширювати її функціональні можливості. Для встановлення таких плат розширення використовуються спеціальні роз'єми, що дають змогу додавати до Arduino додаткові модулі. Таке підключення забезпечує роботу входів і виходів подібно до невеликої материнської плати, оскільки створює електричні та механічні з'єднання для додаткових електронних схем (Рис 2.8).

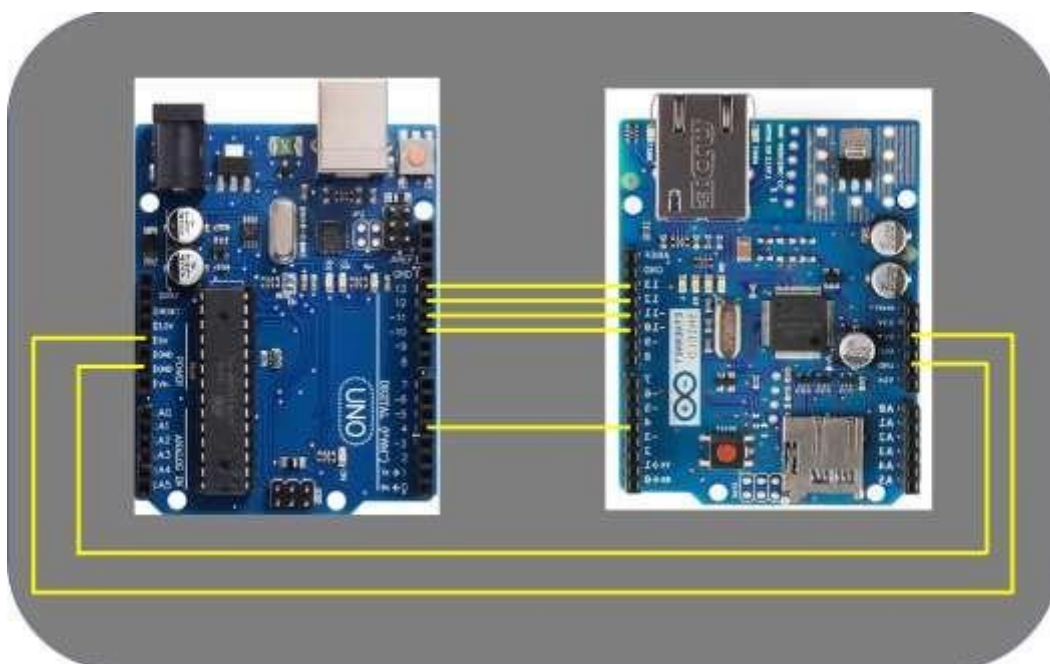


Рисунок 2.8 Схема підключення модуля Ethernet Shield до плати Arduino в зібраному вигляді.

2.1.3. Плата для розробки ESP8266 NodeMcu з Wi-Fi та модулем перетворювача CP2102

Плата для розробки (Рис. 2.9) оснащена модулем ESP-12E, що містить мікросхему ESP8266 з 32-бітним мікропроцесором RISC Tensilica Xtensa® LX106, який працює на регульованій тактовій частоті від 80 до 160 МГц. Вона також підтримує операційну систему реального часу (RTOS).

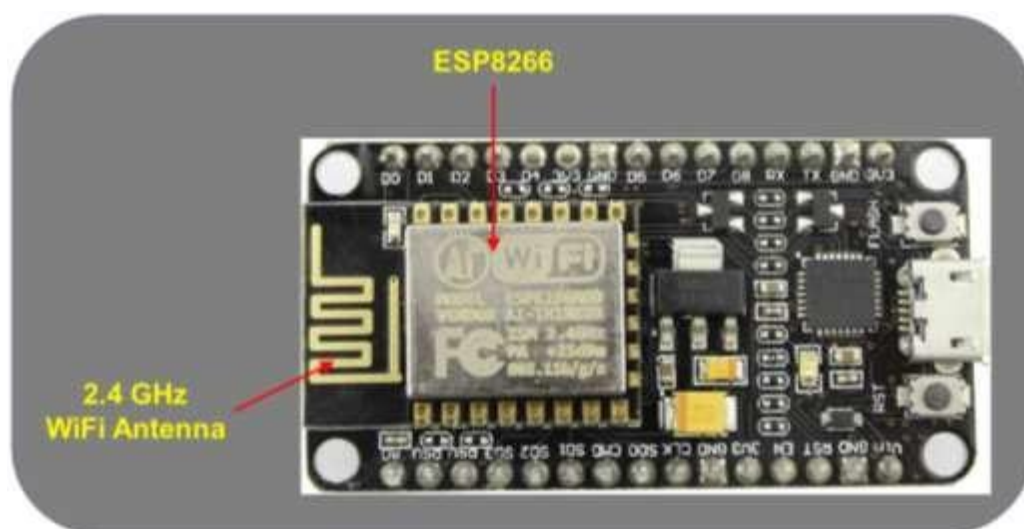


Рисунок 2.9 Плата для розробки ESP8266 NodeMcu.

128 КБ оперативної пам'яті та 4 МБ флеш-пам'яті (для зберігання даних і додатків) цілком достатньо для роботи з великими масивами веб-сторінок, даними у форматі JSON/XML та додатками Інтернету речей (IoT). WiFi-приймач ESP8266 інтегрований із стандартом 802.11b/g/n HT40, тому він не тільки може підключатися до мережі WiFi та взаємодіяти з Інтернетом, але й створювати власну мережу. Таким чином, він може забезпечувати пряме підключення з окремих пристроїв.

Оскільки робочий діапазон напруги ESP8266 становить від 2,5 до 3,6 В, плата оснащена стабілізатором напруги типу LDO із малим падінням напруги, який забезпечує підтримання сталої напруги живлення на рівні 3,3 В. (Рис 2.10) Такий стабілізатор може забезпечувати струм до 600 мА, чого зазвичай достатньо для роботи модуля під час передавання радіочастотного сигналу.

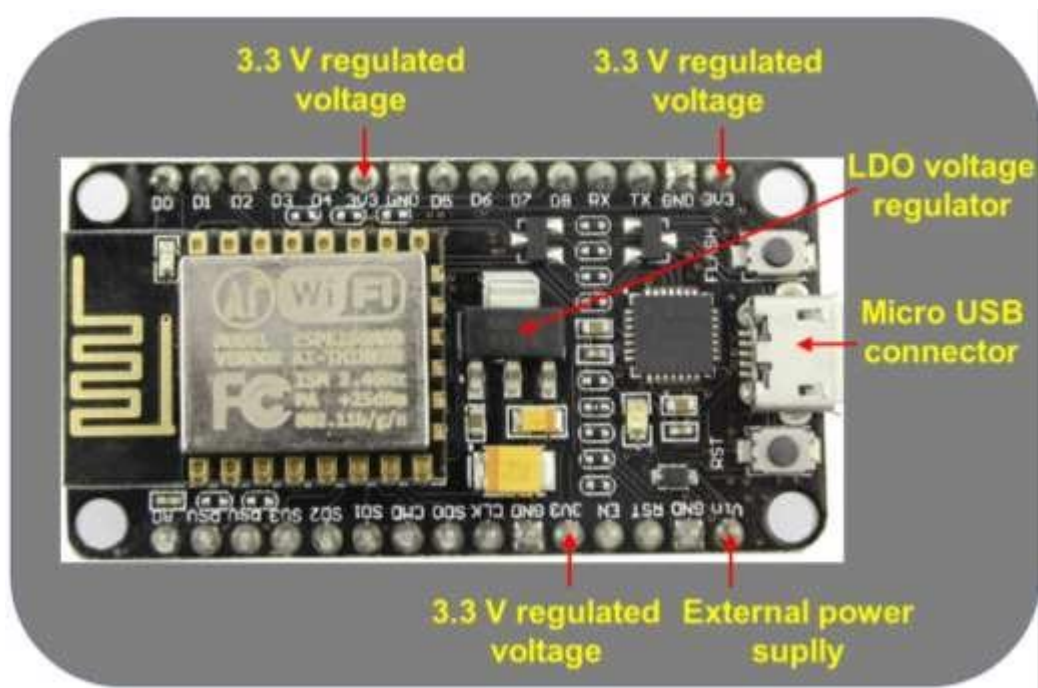


Рисунок 2.10 Контакти живлення ESP8266 NodeMcu.

Вихід стабілізатора також виведено на окремі контакти з обох боків плати, які позначені як «3V3». Ці виводи можуть використовуватися для живлення зовнішніх компонентів, підключених до плати. Живлення плати

NodeMCU ESP8266 зазвичай здійснюється через роз'єм Micro USB. Водночас, якщо доступне стабілізоване джерело напруги 5 В, його можна підключити до виводу VIN для безпосереднього живлення ESP8266 та підключених до нього периферійних пристроїв.

Модуль ESP8266 NodeMCU має 17 виводів GPIO, розміщених на контактних роз'ємах з обох боків плати розширення (Рис. 2.11). Ці виводи забезпечують підключення зовнішніх пристроїв, сенсорів, виконавчих механізмів і модулів зв'язку, що розширює функціональні можливості плати. До складу функціональних інтерфейсів ESP8266 NodeMCU належить 10-бітний канал АЦП, який використовується для зчитування аналогових сигналів від датчиків. Інтерфейс UART застосовується для послідовного обміну даними та завантаження програмного коду. Виводи PWM можуть використовуватися для керування швидкістю електродвигунів, регулювання яскравості світлодіодів та інших задач, де потрібне широтно-імпульсне керування.

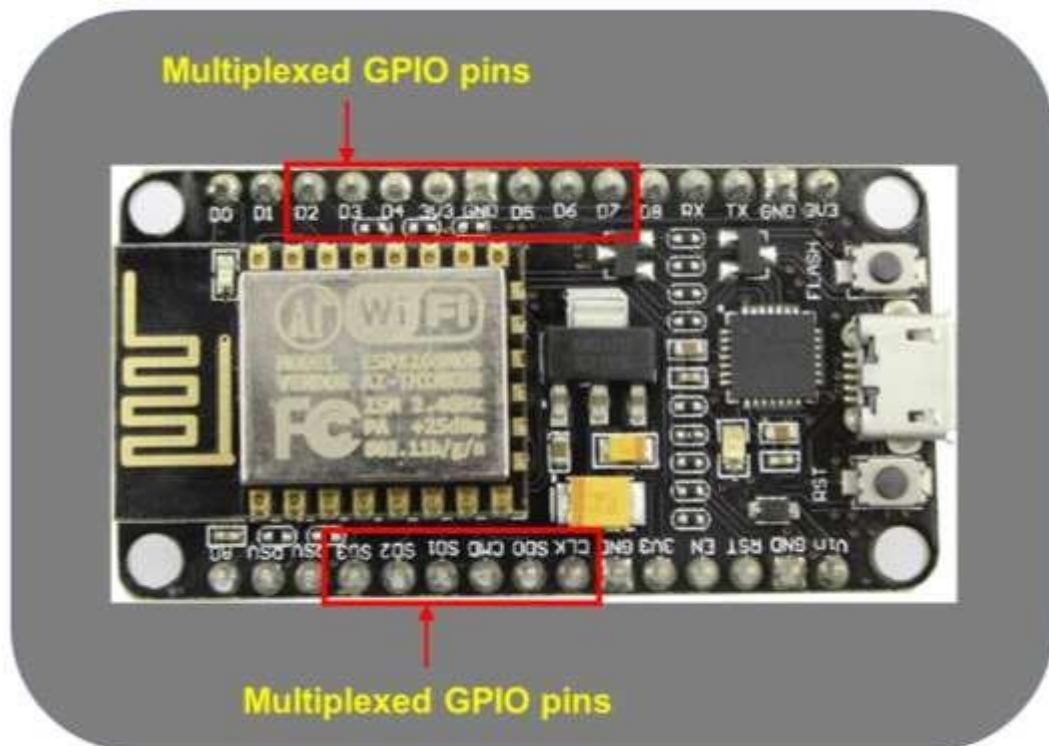


Рисунок 2.11 Виводи GPIO модуля ESP8266 NodeMcu.

Крім того, плата підтримує інтерфейси SPI та I2C, які призначені для підключення сенсорів, модулів пам'яті, дисплеїв та інших периферійних пристроїв. Окремо передбачено інтерфейс I2S, який використовується для роботи зі звуковими пристроями та може застосовуватися для додавання аудіофункцій у проекти на основі ESP8266 NodeMCU.

ESP8266 NodeMCU загалом містить 30 виводів для підключення до зовнішніх пристроїв і модулів (Рис. 2.12):

- Виводи живлення: ESP8266 NodeMCU містить 4 виводи живлення: три виводи 3,3 В та один вивід VIN. До виводу VIN можна підключити стабілізоване джерело живлення 5 В для безпосереднього живлення ESP8266 та підключених до нього додаткових пристроїв. Виводи 3,3 В є виходами внутрішнього стабілізатора напруги. Вони використовуються для живлення зовнішніх компонентів;

- GND: це вивід заземлення плати розробника NodeMCU ESP8266;

- виводи I2C: ці виводи використовуються для підключення різноманітних I2C-сенсорів та периферійних пристроїв. Підтримуються режими I2C Master і I2C Slave. Робота інтерфейсу I2C забезпечується програмно, а його максимальна тактова частота становить 100 кГц. Варто зазначити, що тактова частота I2C має бути більшою за найнижчу тактову частоту підключеного slave-пристрою;

- виводи GPIO: ESP8266 NodeMCU містить 17 виводів GPIO, які можуть бути призначені для виконання різних функцій, зокрема I2S, I2C, PWM, UART, інфрачервоного дистанційного керування, керування світлодіодами та кнопками. Кожен активний цифровий GPIO може бути налаштований у режим підтягування до живлення, підтягування до землі або у високоімпедансний стан. Якщо GPIO налаштований як вхід, він може реагувати на зміну рівня сигналу або на фронт сигналу, що дає змогу формувати переривання для процесора;

- ADC: канал ADC у NodeMCU інтегрований із 10-бітним SAR ADC — аналого-цифровим перетворювачем послідовного наближення. За допомогою

ADC можна вимірювати напругу VDD3P3 на відповідному виводі живлення. Крім того, ADC може використовуватися для вимірювання напруги на виводі TOUT. Однак одночасне виконання обох вимірювань неможливе;

- виводи UART: інтерфейси UART у ESP8266 NodeMCU представлені UART0 та UART1. Вони забезпечують можливість бездротової комунікації та взаємодії з інтерфейсами RS232 і RS485, а також підтримують швидкість передавання даних до 4,5 Мбіт/с. Виводи TXD0, RXD0, RST0 і CTS0 інтерфейсу UART0 використовуються для обміну даними, керування та підтримки потоку даних. Водночас інтерфейс UART1 має лише вивід TXD1, який забезпечує передавання даних;

- виводи SPI: виводи SPI в ESP8266 представлені інтерфейсами SPI та HSPI, які можуть працювати як у режимі master, так і в режимі slave. Крім того, SPI та HSPI підтримують такі характеристики універсального інтерфейсу SPI: 4 режими часової синхронізації передавання SPI; частоту роботи до 80 МГц; буферизацію FIFO обсягом до 64 байтів;

- виводи SDIO: ESP8266 містить інтерфейс Secure Digital Input and Output (SDIO), який може використовуватися для прямого підключення карт Secure Digital (SD). Також підтримуються режими 4-bit SDIO v1.1 із частотою 25 МГц та 4-bit SDIO v2.0 із частотою 50 МГц;

- виводи PWM: ця плата містить чотири канали широтно-імпульсної модуляції — PWM. Вихід PWM керується програмно і використовується, наприклад, для керування світлодіодами або двигунами. Діапазон частоти PWM може налаштовуватися від 100 Гц до 1 кГц;

- керувальні виводи: ці виводи використовуються для керування роботою ESP8266. До керувальних виводів належать вивід активації мікросхеми EN, вивід скидання RST та вивід WAKE.

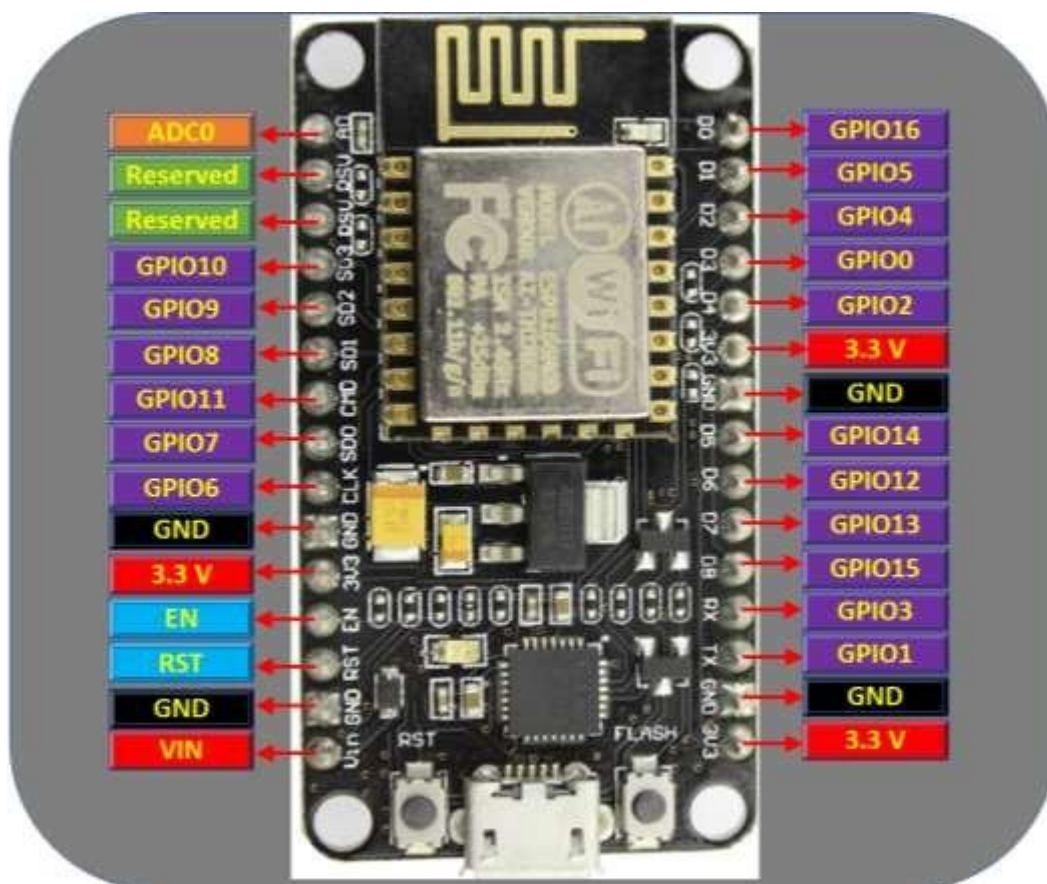


Рисунок 2.12 Розташування виводів ESP8266 NodeMCU.

2.1.4. Датчик вологості та температури DHT11.

На сьогодні поширеними є дві основні модифікації датчиків серії DHTxx, зовнішній вигляд яких представлено на рисунку 2.13. Обидва датчики мають подібну конструкцію та однакове розташування виводів, однак відрізняються між собою за низкою технічних параметрів. Саме ці відмінності дають змогу ідентифікувати кожну модель та визначати доцільність її використання залежно від умов експлуатації. Основні технічні характеристики датчиків DHT11 і DHT22 подано в таблиці 2.1.

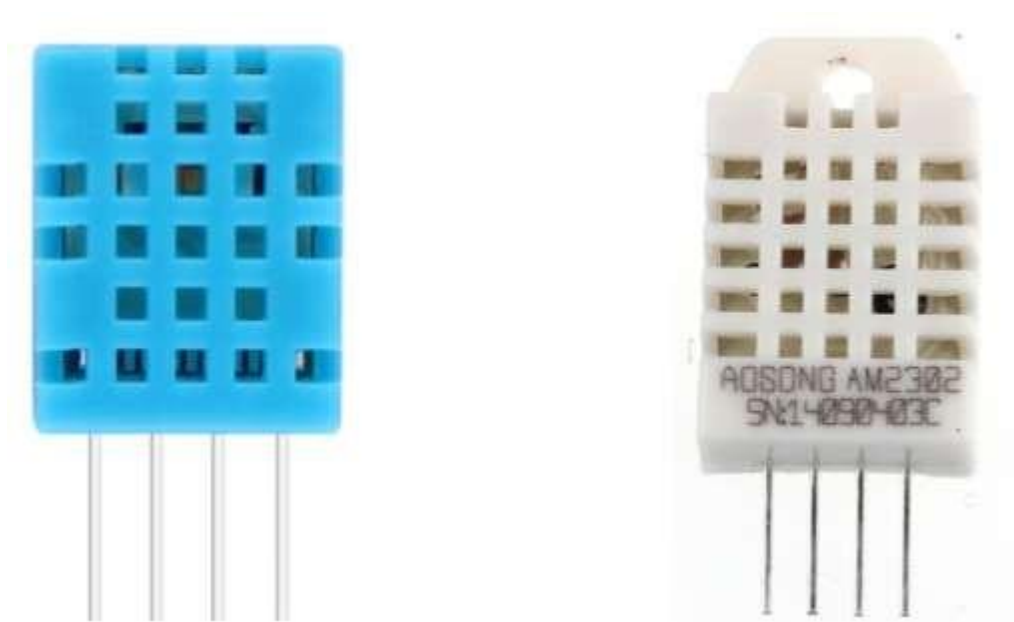


Рисунок 2.13 DHT11 і DHT22.

Таблиця 2.1. Технічні характеристики датчиків DHT11 і DHT22.

Характеристика	DHT11	DHT22
Робоча напруга	від 3В до 5В	від 3В до 5В
Максимальний робочий струм	макс. 2,5 мА	макс. 2,5 мА
Діапазон вологості	від 20% до 80% з точністю 5%	Від 0 до 100 % з точністю 2,5 %
Діапазон температур	від 0 до 50 °C з точністю ±2 °C	від -40 до 80 °C з точністю ±0,5 °C
Частота дискретизації	1 Гц	0,5 Гц
Розмір	15,5 мм × 12 мм × 5,5 мм	15,1 мм × 25 мм × 7,7 мм

Хоча датчик DHT22 забезпечує вимірювання температури та вологості в ширшому діапазоні й характеризується вищою точністю, у певних проєктах доцільним може бути використання саме DHT11. Це пояснюється кількома його перевагами, зокрема нижчою вартістю, меншими габаритними розмірами та вищою частотою дискретизації. Частота дискретизації DHT22 становить 0,5 Гц, тобто датчик виконує одне вимірювання кожні дві секунди. Натомість частота опитування DHT11 становить 1 Гц, що відповідає одному вимірюванню за секунду. Отже, за швидкістю зчитування даних DHT11 є

швидшим. Обидва датчики працюють у діапазоні напруги живлення від 3 В до 5 В. Максимальний струм споживання під час перетворення становить приблизно 2,5 мА. Важливою особливістю датчиків DHT11 і DHT22 є їхня взаємозамінність. Це свідчить про конструктивну та електричну сумісність датчиків, що забезпечує можливість їх взаємної заміни в межах одного проєкту. Оскільки DHT11 і DHT22 мають однакову конфігурацію виводів, а також близькі параметри напруги живлення та споживаного струму, зміна одного датчика на інший не потребує суттєвої модифікації апаратної частини. Водночас програмне забезпечення може вимагати незначного коригування з урахуванням особливостей конкретної моделі датчика.

DHT11 — це цифровий датчик вологості й температури, який забезпечує базові функціональні можливості за низької вартості. Для вимірювання вологості в ньому використовується ємнісний чутливий елемент, а для визначення температури навколишнього середовища — термістор. Після виконання вимірювання датчик передає отримані дані у цифровій формі на свій інформаційний вивід, тому використання аналогового входу мікроконтролера не є необхідним. DHT11 є зручним у використанні датчиком, однак для коректного отримання даних потребує дотримання точних часових інтервалів під час обміну інформацією. Основним недоліком DHT11 є затримка під час зчитування вимірянних значень, оскільки оновлення даних відбувається кожні 2 секунди. На сьогодні датчик DHT11 представлений у двох основних конструктивних виконаннях, які відрізняються кількістю контактних виводів. Перша модифікація має 4 виводи, тоді як друга містить 3 виводи та реалізована у вигляді модуля, встановленого на друкованій платі. Модульне виконання є більш зручним для практичного застосування, оскільки на платі вже передбачено резистор номіналом 10 кОм, який забезпечує стабільну роботу сигнальної лінії та спрощує підключення датчика до мікроконтролера. Схему розташування вихідних виводів обох версій датчика подано на рис. 2.14

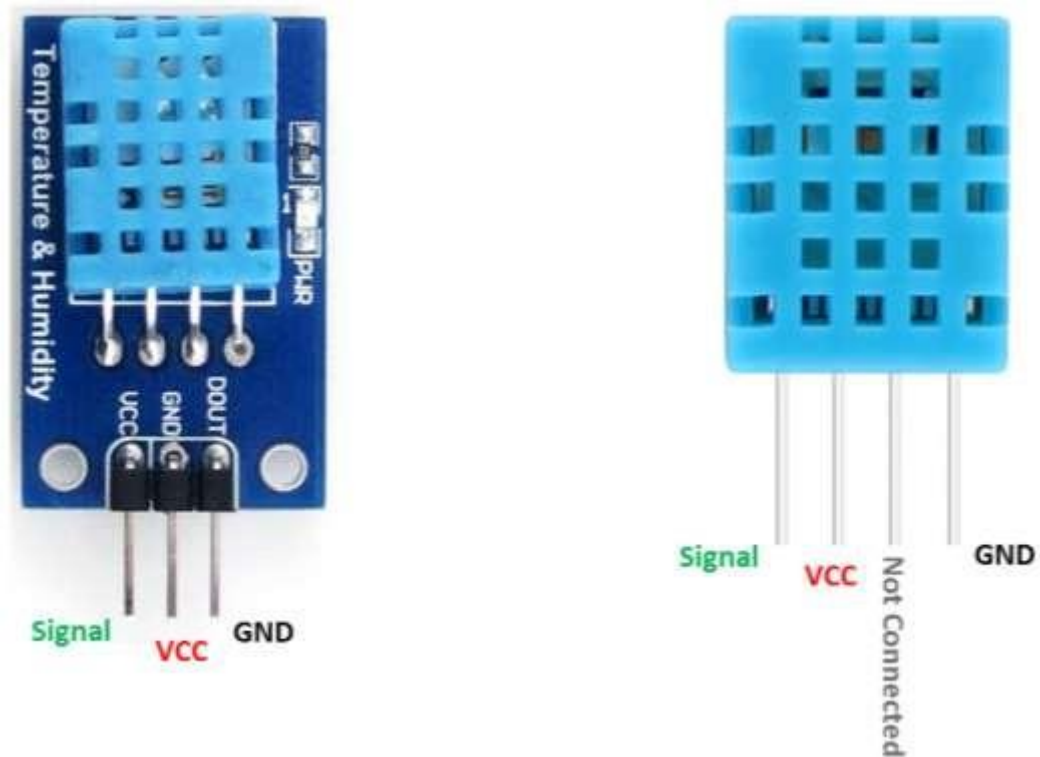


Рисунок 2.14 Вивідні контакти різних версій датчика DHT11.

Вивід VCC забезпечує живлення датчика. Діапазон напруги датчика становить від 3,3 В до 5,5 В, проте рекомендується використовувати джерело живлення 5 В. При живленні датчика напругою 5 В можна використовувати кабель довжиною до 20 метрів. Однак при живленні датчика напругою 3,3 В довжина кабелю не повинна перевищувати 1 м. В іншому випадку падіння напруги на кабелі призведе до похибки вимірювання. Контакт даних використовується для зв'язку між мікроконтролером і датчиком. Контакт GND повинен бути підключений до заземлення мікроконтролера.

Підключення датчика DHT11 до плати NodeMCU може відрізнятися залежно від кількості виводів конкретної версії датчика. З'єднання виконуються таким чином: вивід “+” датчика DHT11 підключається до виводу 3V3 плати NodeMCU; вихідний вивід OUT датчика DHT11 підключається до одного з цифрових виводів NodeMCU, зокрема до виводу D1; вивід “-” датчика DHT11 підключається до виводу заземлення GND плати NodeMCU. На рис. 2.15 показано реалізовану бездротову сенсорну

мережу, до складу якої входять вузли, плата Arduino та комп'ютер, що взаємодіють між собою.

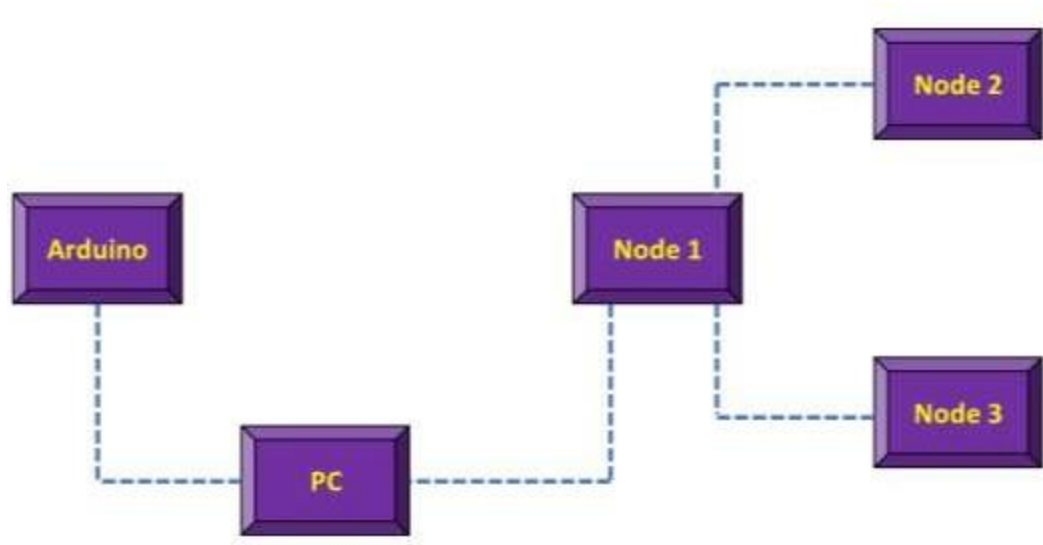


Рисунок 2.15 Схема реалізованої мережі бездротових датчиків.

Вузол 2 і вузол 3 виконують функції стаціонарних точок і підключені до вузла 1. Вузол 1 працює в режимі точки доступу та забезпечує можливість обміну даними з іншими вузлами мережі. Крім того, він підключений до двох світлодіодів і здійснює керування їхнім увімкненням та вимкненням через HTML-інтерфейс. У підсумку плата Arduino, до якої під'єднано датчик, з'єднується з комп'ютером, завдяки чому забезпечується передавання даних від температурного датчика до комп'ютера. На рис. 2.16 зображено вузол точки доступу, а один зі станційних вузлів, підключений до датчика, наведено на рис. 2.17.

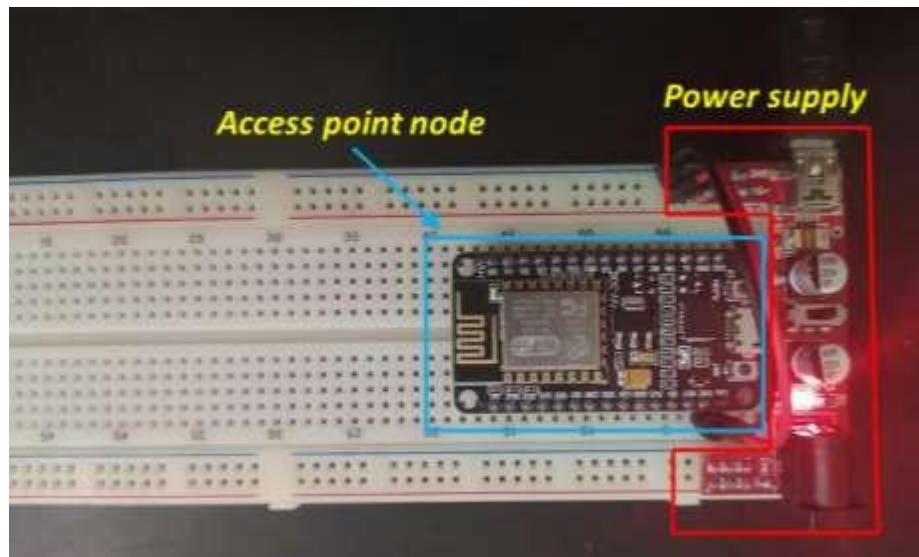


Рисунок 2.16. Вузол точки доступу.

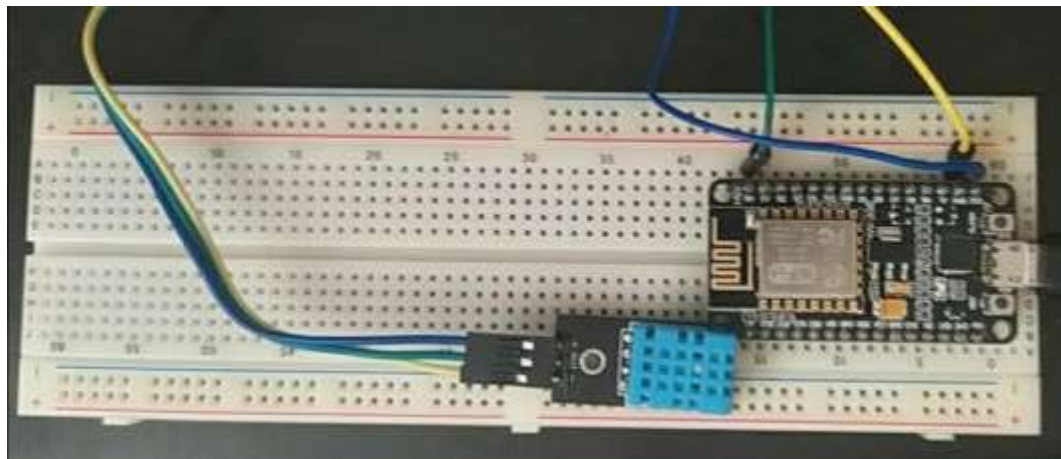


Рисунок 2.17. Вузол №1 станції, підключений до датчика

2.1.5. Підключення вузла до Arduino за допомогою послідовного інтерфейсу

На рис. 2.18 наведено схему організації послідовного інтерфейсу обміну даними між платою Arduino та модулем NodeMCU. Таке з'єднання забезпечує можливість передавання інформації між двома мікроконтролерними пристроями через стандартні лінії послідовної комунікації, що є доцільним у випадках, коли одна плата виконує функції збирання або попередньої обробки даних, а інша відповідає за їх передавання, зберігання чи подальшу мережеву взаємодію. Для реалізації такого підключення використовується перехресне з'єднання сигнальних ліній

UART. Зокрема, вивід RX плати Arduino, призначений для приймання даних, з'єднується з виводом TX модуля NodeMCU, який забезпечує передавання даних. Відповідно, вивід TX плати Arduino підключається до виводу RX плати NodeMCU. Такий принцип підключення є необхідним, оскільки передавальна лінія одного пристрою має бути з'єднана з приймальною лінією іншого пристрою.



Рисунок 2.18. З'єднання між вузлом та Arduino

Окрім сигнальних ліній, обов'язковою умовою коректної роботи послідовного інтерфейсу є наявність спільної опорної точки потенціалу. Для цього виводи GND обох плат мають бути з'єднані між собою. Спільне заземлення забезпечує однаковий рівень відліку електричних сигналів для Arduino та NodeMCU, що дає змогу уникнути помилок під час передавання даних і підвищує стабільність комунікації між пристроями.

Таким чином, наведене вище підключення формує базову апаратну основу для обміну даними між Arduino та NodeMCU через послідовний інтерфейс. Це дозволяє інтегрувати можливості обох платформ в єдину систему, поєднуючи функціональність Arduino для роботи з периферійними пристроями та сенсорами з мережевими можливостями NodeMCU на базі ESP8266.

2.2. Розробка програмного забезпечення системи.

2.2.1. Програми для розробки на базі ESP8266.

Існує кілька типів фреймворків для розробників, які можуть використовуватися для програмування ESP8266. Наприклад, Espruino —

JavaScript SDK може застосовуватися як середовище, подібне до операційної системи Node.js, або використовуватися в межах Mongoose framework, що є операційною системою для пристроїв Інтернету речей — IoT. Цей програмний засіб був розроблений за участі Google Cloud IoT та Espressif Systems. Також для ESP8266 може використовуватися Software Development Kit (SDK), розроблений компанією Espressif. Важливою перевагою є те, що ESP8266 має підтримку плагіна для Arduino, що значно розширює можливості вибору інтегрованого середовища розробки — IDE. Саме це середовище рекомендоване для початківців у програмуванні ESP8266.

Для початку слід додати спеціальну URL-адресу до менеджера плат. Як показано на рисунку 2.19, відкрийте Arduino IDE, а потім на вкладці «Файл» виберіть «Налаштування». Далі на вкладці «Налаштування» у полі «Додаткові URL-адреси менеджера плат» додаємо URL-адресу менеджера плат.

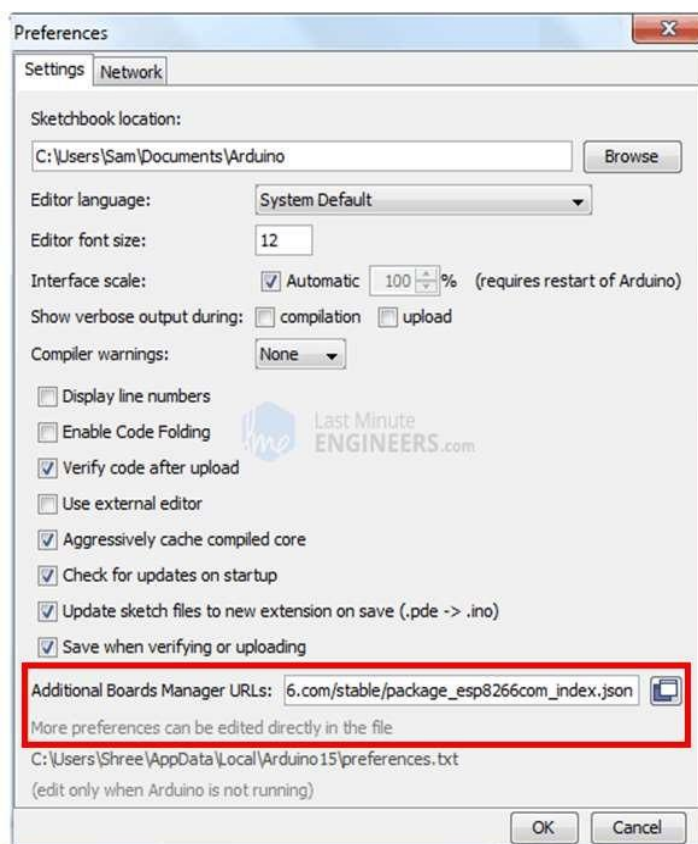


Рисунок 2.19 Сторінка налаштувань Arduino IDE.

Далі було виконано налаштування середовища розробки Arduino IDE для подальшої роботи з платою ESP8266. Після підтвердження внесених змін у параметрах середовища здійснено перехід до розділу Tools, де через меню Boards було відкрито Boards Manager. У вікні менеджера плат, окрім стандартних апаратних платформ Arduino, стали доступними додаткові пакети підтримки мікроконтролерних плат. Мною було обрано пакет підтримки “esp8266 by ESP8266 Community” і виконано його встановлення (Рис. 2.20). Після завершення процесу інсталяції біля відповідного запису з’явилося повідомлення “INSTALLED”, що підтвердило успішне додавання підтримки ESP8266 до середовища Arduino IDE

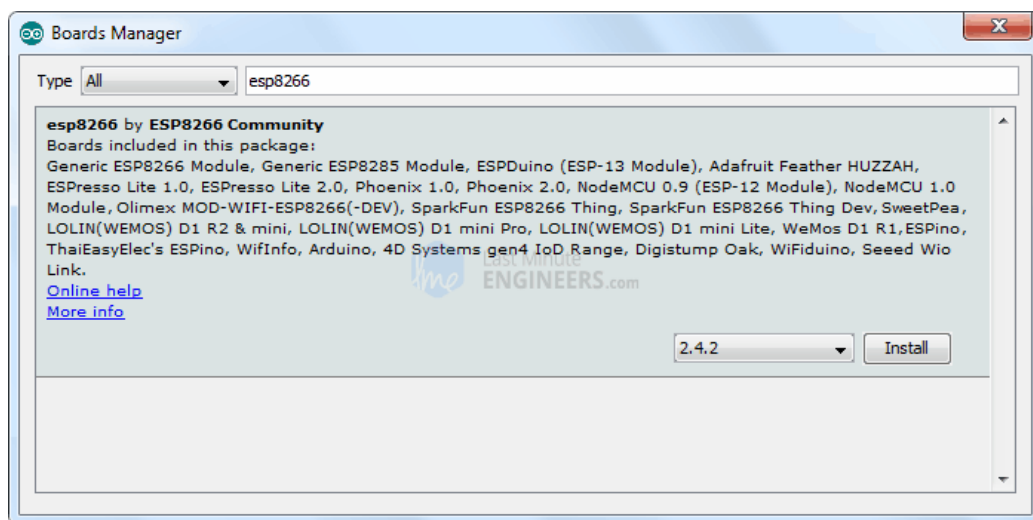


Рисунок 2.20 Менеджер плат Arduino IDE.

2.2.2. Практичні режими роботи ESP8266.

Окрім здатності ESP8266 підключатися до вже наявної бездротової мережі, цей модуль також може створювати власну мережу та забезпечувати підключення інших пристроїв. Це дає змогу організовувати пряме з’єднання з мережею Інтернет для доступу до вебсторінок та інших мережевих ресурсів.

ESP8266 може функціонувати в кількох основних режимах:

1. робота в режимі станції — Station mode (STA);
2. робота в режимі програмної точки доступу — Soft Access Point mode (AP);
3. одночасна робота в режимах STA та AP.

Третій режим може використовуватися для побудови mesh-мереж, тобто мереж із комірчастою структурою, у яких пристрої можуть взаємодіяти між собою та передавати дані через проміжні вузли.

У режимі станції Station mode (STA) модуль ESP8266 підключається до вже наявної Wi-Fi-мережі, яка формується бездротовим маршрутизатором. У такій конфігурації маршрутизатор виконує функцію мережевого вузла, що надає ESP8266 IP-адресу та забезпечує його взаємодію з іншими пристроями локальної мережі. Після отримання IP-адреси модуль ESP8266 може бути використаний як вебсервер. Це дає змогу передавати вебсторінки або інші мережеві дані пристроям, які підключені до тієї самої Wi-Fi-мережі (Рис. 2.21).

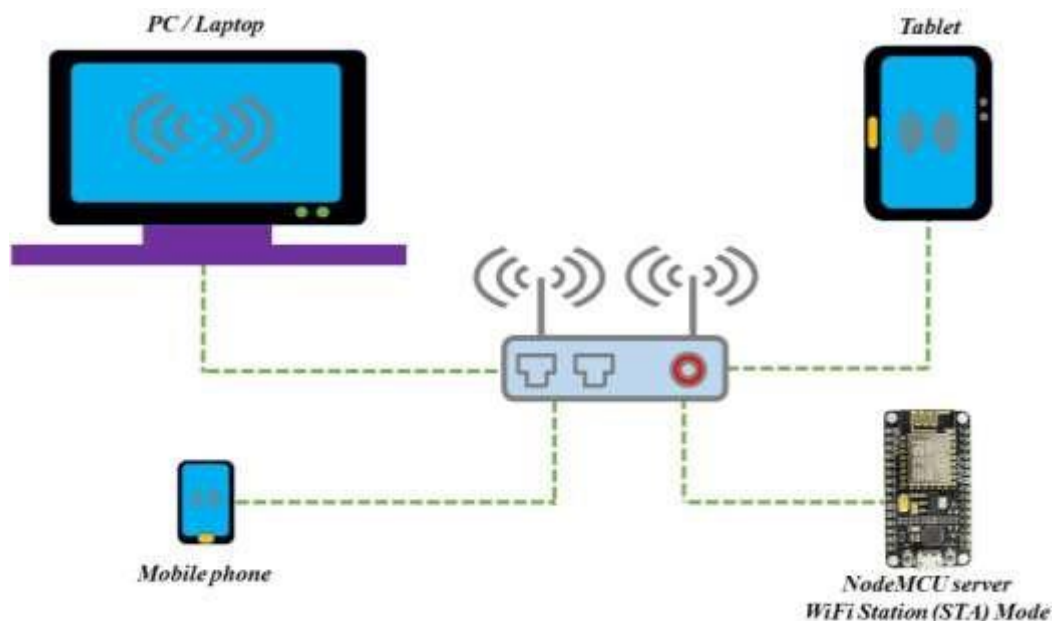


Рисунок 2.21 Приклад мережі з NodeMCU в режимі WiFi-станції (STA).

Випадок, коли ESP8266 автономно створює Wi-Fi-мережу та функціонує як центральний вузол, подібний до маршрутизатора, називається режимом точки доступу — Access Point (AP). Створена Wi-Fi-мережа може містити одну або кілька станцій, проте їх кількість обмежена — до 5 підключених пристроїв. Варто зазначити, що, на відміну від повноцінного Wi-Fi-маршрутизатора, ESP8266 не має інтерфейсів для підключення до дротової мережі. Саме тому такий режим роботи називається Soft Access

Point, або soft-AP. У цьому режимі ESP8266 створює власну Wi-Fi-мережу та визначає її Service Set Identifier (SSID), тобто назву мережі, а також IP-адресу. Використовуючи цю IP-адресу, модуль може передавати вебсторінки іншим пристроям, які підключені до створеної ним мережі. NodeMCU — це плата розробника, яка спеціально використовується в проєктах Інтернету речей. Цей модуль має вбудоване програмне забезпечення — *firmware*, яке працює на Wi-Fi-чипі ESP8266. Воно є відкритим і програмованим, що дає змогу використовувати плату для керування різними пристроями. Модуль ESP8266 містить 32-бітний мікроконтролер із кількома входами та виходами, які називаються GPIO. Найважливішою особливістю цього мікроконтролера є підтримка Wi-Fi-протоколу з усіма можливостями TCP/IP, а також можливість роботи як у режимі точки доступу, так і в режимі клієнта. Завдяки використанню мікросхеми CH340 цей мікроконтролер може застосовувати USB-to-Serial перетворювач.

Плата NodeMCU V3 є недорогим Wi-Fi-рішенням, яке забезпечує високу швидкість роботи та підтримує високорівневе програмування на основі мови LUA. Цей інтегрований модуль містить багато вбудованих ресурсів, зокрема внутрішній USB-TTL послідовний інтерфейс. Також використовується промислова мікросхема живлення CH340, яка характеризується високою надійністю та підтримується всіма операційними системами. Плата є дуже зручною для реалізації проєктів на базі Arduino або інших плат розробника з доступними виводами введення-виведення. NodeMCU підтримує кілька мов програмування, тому програми можна завантажувати з будь-якого комп'ютера через порт micro USB.

Оскільки NodeMCU використовує поширену технологію ESP8266, для реалізації ефективних рішень на базі мікроконтролерного програмування можна застосовувати велику кількість ресурсів, доступних у мережі Інтернет. NodeMCU може використовуватися як складова частина проєктів Інтернету речей — IoT. Вона містить Wi-Fi-модуль серії ESP-12 із вбудованим процесором і забезпечує доступ до таких ресурсів, як ADC, PWM, GPIO, I2C

та 1-WIRE. Arduino Due використовує плату MCU з процесорами, які не належать до AVR-архітектури, зокрема SAM/ARM MCU. Тому середовище Arduino IDE було змінено для підтримки альтернативних пристроїв. Це дало змогу компілювати код Arduino C/C++ для процесорів, що не базуються на AVR-архітектурі. З цією метою було впроваджено SAM Core. Це ядро містить набір програмних компонентів, необхідних для створення вихідних файлів Arduino C/C++. Для NodeMCU та інших плат розробника на базі ESP8266 SAM Core став однією з основних платформ.

2.2.3. Програмний код для вузлів, з'єднаних із датчиком.

Перед використанням датчика DHT11 разом із платою NodeMCU необхідно встановити бібліотеку DHTLib. Після встановлення цієї бібліотеки забезпечується виконання всіх необхідних програмних операцій для отримання даних про вологість і температуру з датчика. Для встановлення бібліотеки потрібно відкрити середовище Arduino IDE, перейти до меню Sketch, обрати пункт Library, далі — Library Management, після чого знайти та встановити DHTLib. Програмний код, який необхідно завантажити до NodeMCU, наведено нижче. Зчитування показників вологості та температури здійснюється з інтервалом в одну секунду.

```

//define lib
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include "DHT.h"
#define DHTTYPE DHT11 // Для датчика DHT 11
// #define DHTTYPE DHT21 // Для DHT 21 (AM2301)
/* Введіть SSID та пароль */
const char* ssid = "MCU"; // Введіть тут SSID
const char* password = "12345678"; // Введіть тут свій пароль
ESP8266WebServer server(80);
// Датчик DHT
uint8_t DHTPin = D2; // призначення виводу D2 для входу датчика
// Ініціалізувати датчик DHT.
DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);
float Temperature; // оголошення змінної
float Humidity; // оголошення змінної
void setup() {
  Serial.begin(115200); // Початок послідовного з'єднання
  delay(100); // затримка
  pinMode(DHTPin, INPUT); // Визначення режиму (вхід) для
  підключеного виводу датчика.
  dht.begin(); // Початок роботи датчика

```

```

//підключення до доступної локальної мережі Wi-Fi
WiFi.begin(ssid, password);// Увімкнення Wi-Fi
IPAddress ip(192,168,1,200); // Призначення конкретної IP-адреси для
цього вузла
IPAddress gateway(192,168,1,254);
IPAddress subnet(255,255,255,0);
WiFi.config(ip, gateway, subnet); // Налаштування Wi-Fi
//WiFi connection checking
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(1000);
  Serial.print(".");// Відображення точок до підключення до Wi-Fi.
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected..!");// Повідомлення про підключення до
Wi-Fi
Serial.print("Got IP: "); Serial.println(WiFi.localIP());
server.on("/", handle_OnConnect);
server.onNotFound(handle_NotFound);
server.begin();// Запуск сервера
Serial.println("HTTP server started");// початок читання з сервера http
}
void loop() {
  server.handleClient();
}
void handle_OnConnect() {
  Temperature = dht.readTemperature(); // Наведено виміряне значення
температури
  Humidity = dht.readHumidity(); // Наведено виміряне значення вологості

```

```

server.send(200, "text/html", SendHTML(Temperature, Humidity));
}

void handle_NotFound() {
server.send(404, "text/plain", "Not found");// Помилка: неправильна IP
}

String SendHTML(float Temperaturestat, float Humiditystat) {
String ptr = "<!DOCTYPE html> <html>\n";// Початок HTML-коду
ptr += "<head><meta name=\"viewport\" content=\"width=device-width,
initial-scale=1.0, user-scalable=no\">\n";
ptr += "<title>ESP8266 Weather Report</title>\n";
ptr += "<style>html { font-family: Helvetica; display: inline-block; margin:
0px auto; text-align: center;}\n";
ptr += "body{margin-top: 50px;} h1 {color: #444444;margin: 50px auto
30px;}\n";
ptr += "p {font-size: 24px;color: #444444;margin-bottom: 10px;}\n";
ptr += "</style>\n";
ptr += "</head>\n";
ptr += "<body>\n";
ptr += "<div id=\"webpage\">\n";
ptr += "<h1>ESP8266 NodeMCU Weather Report</h1>\n";
ptr += "<p>Temperature: ";
ptr += (int)Temperaturestat;
ptr += "°C</p>";
ptr += "<p>Humidity: ";
ptr += (int)Humiditystat;
ptr += "%</p>";
ptr += "</div>\n";
ptr += "</body>\n";
ptr += "</html>\n"; return ptr;
}

```

Зверніть увагу, що виділений фрагмент — це окрема адреса вузла, який збирає інформацію від інших вузлів і виконує функцію точки доступу.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
/* Введіть пароль та SSID */
const char* ssid = "MCU"; // Введіть тут SSID
const char* password = "12345678"; // Введіть тут пароль
/* Введіть дані про IP-адресу */
IPAddress local_ip(192,168,1,1); // IP-адреса точки доступу
IPAddress gateway(192,168,1,1);
IPAddress subnet(255,255,255,0);
ESP8266WebServer server(80);
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.softAP(ssid, password);
  WiFi.softAPConfig(local_ip, gateway, subnet);
  delay(100);
  server.on("/", handle_OnConnect);
  server.onNotFound(handle_NotFound);
  server.begin();
  Serial.println("HTTP server started");
}
void loop() { server.handleClient();
}
void handle_NotFound(){
  server.send(404, "text/plain", "Not found");
}
```

2.2.4. Програмний код для вузлів та Arduino.

```

#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial s(D6,D5);
#include <ArduinoJson.h>
void setup() {
// Ініціалізація послідовного порту
Serial.begin(9600);
s.begin(9600);
while (!Serial) continue;
}
void loop() {
StaticJsonBuffer<1000> jsonBuffer;
JsonObject& root = jsonBuffer.parseObject(s);
if (root == JsonObject::invalid())
return;
Serial.println("JSON received and parsed");
root.prettyPrintTo(Serial); Serial.print("Data 1 ");
Serial.println("");
int data1=root["data1"];
Serial.print(data1);
Serial.print(" Data 2 ");
int data2=root["data2"];
Serial.print(data2);
Serial.println("");
Serial.println("-----xxxxxx  ");
}

```

2.2.5. Програмний код Arduino для послідовного підключення

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <ArduinoJson.h> S
oftwareSerial s(5,6);
void setup() {
  s.begin(9600);
}
void loop() {
  StaticJsonBuffer<1000> jsonBuffer;
  JsonObject& root = jsonBuffer.createObject();
  root["data1"] = 100;
  root["data2"] = 200;
  if(s.available()>0)
  {
    root.printTo(s);
  }
}
```

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

У MATLAB додано функцію, яка забезпечує прямий доступ до даних датчиків для їх подальшого опрацювання засобами програмного забезпечення. Завдяки цьому можна безпосередньо вносити необхідні зміни до процесу обробки даних. Наприклад, якщо потрібно дослідити вплив зміни швидкості двигуна постійного струму на роботу певного модуля або датчика, за допомогою MATLAB можна оперативно змінювати алгоритм обробки даних і швидко регулювати швидкість обертання двигуна.

3.1 Інтерфейс Arduino з Matlab

Пакет Arduino не встановлюється в середовищі MATLAB за замовчуванням, тому перед початком роботи його необхідно попередньо завантажити та інсталиувати. Для цього спочатку потрібно виконати вхід у середовище MATLAB, після чого в головному меню Home відкрити вкладку Add-ons. Далі необхідно вибрати пункт Get hardware support packages (Рис 3.1).

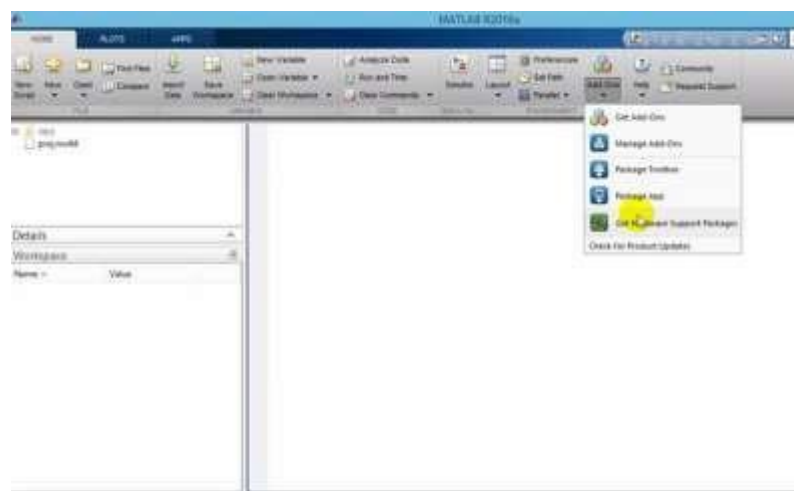


Рисунок 3.1 Меню «Додатки» в Matlab.

На наступному етапі відкривається відповідне вікно налаштування, наведене на рисунку 3.2. Залежно від версії MATLAB його зовнішній вигляд і структура окремих елементів можуть дещо відрізнятися.

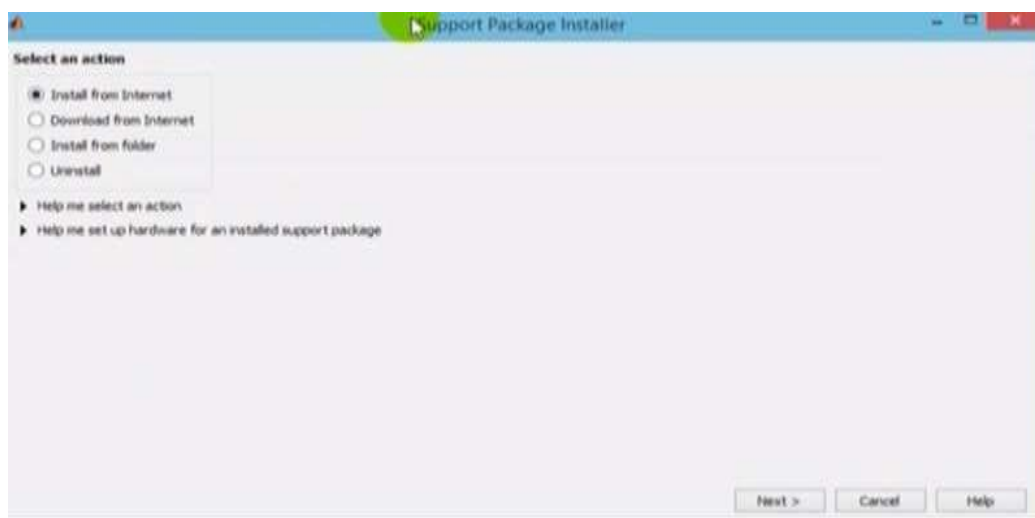


Рисунок 3.2 Параметр інсталятора пакета підтримки.

На рисунку 3.2 параметр “install from internet” забезпечує безпосереднє завантаження та встановлення необхідних файлів із вебсайту MathWorks. Водночас у разі вибору параметра “download from the Internet” здійснюється лише завантаження файлів, а подальше встановлення користувач має виконати самостійно.

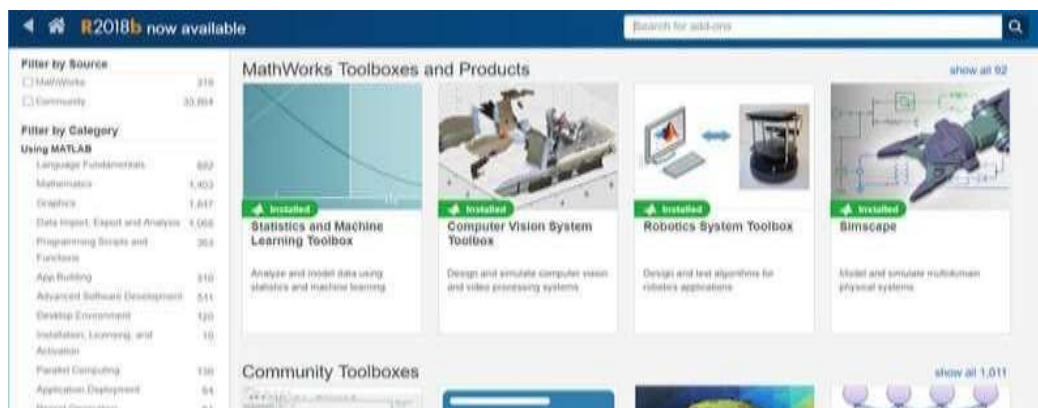


Рисунок 3.3 Набори інструментів та продукти MathWorks.

Після цього слід натиснути Next для переходу до наступного вікна налаштування (Рис. 3.3). Далі в полі пошуку вводиться слово “Arduino”, після чого відображаються доступні пакети підтримки Arduino (Рис. 3.4).

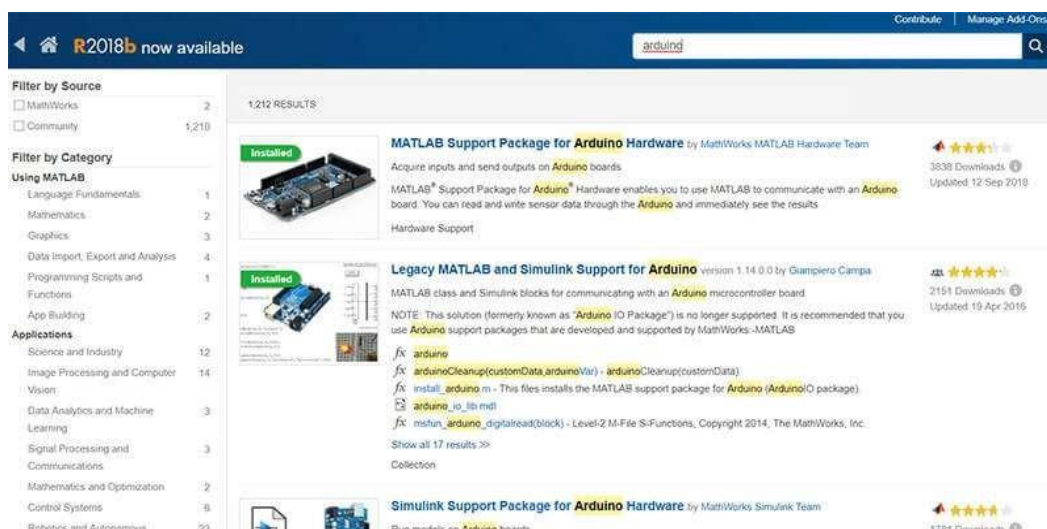


Рисунок 3.4 Пакети MATLAB, пов'язані з Arduino.

Відкриється вікно завантаження «Matlab Support Package for Arduino Hardware». Щоб розпочати завантаження, необхідно увійти в обліковий запис користувача Matlab. Потім натисніть «Встановити». Після завантаження файлів та їх автоматичної інсталяції програмою Matlab можна розпочати програмування Arduino в середовищі Matlab.

3.2 Пакет підтримки Matlab для Arduino

Пакет підтримки MATLAB Support Package for Arduino Hardware забезпечує можливість організації обміну даними між середовищем MATLAB і апаратною платформою Arduino через USB-з'єднання. Його використання дає змогу передавати команди на плату Arduino через послідовний порт, виконувати відповідні операції на апаратному рівні та, за потреби, повертати результати виконання до MATLAB для подальшого аналізу або візуалізації. Застосування цього пакета спрощує початковий етап роботи з Arduino, оскільки дає можливість розпочати програмування без необхідності використання додаткових інструментальних засобів. У середовищі MATLAB можна здійснювати інтерактивну розробку, тестування та налагодження алгоритмів, що особливо зручно під час експериментальних досліджень і створення прототипів автоматизованих систем.

Функціональні можливості пакета охоплюють роботу з аналоговими та цифровими сигналами, що дає змогу отримувати дані від датчиків, обробляти

їх у MATLAB і формувати керуючі впливи для виконавчих пристроїв. Зокрема, пакет може використовуватися для керування електродвигунами постійного струму, сервоприводами та кроковими двигунами. Крім того, він підтримує взаємодію з периферійними пристроями, підключеними за допомогою інтерфейсів I2C та SPI, що розширює можливості застосування Arduino в системах збору, передавання та обробки даних. Важливою особливістю пакета є можливість реалізації циклів керування з частотою до 25 Гц, однак такий режим не належить до систем реального часу. Тому його доцільно використовувати переважно для навчальних, дослідницьких і прототипних завдань, де не вимагається жорстка часово-критична синхронізація. Пакет підтримує основні апаратні платформи Arduino, зокрема Arduino UNO, Arduino Mega 2560 та Arduino DUE.

Таким чином, MATLAB Support Package for Arduino Hardware є ефективним інструментом для інтеграції апаратних можливостей Arduino з обчислювальними та аналітичними засобами MATLAB. Його використання дає змогу керувати підключеними пристроями, отримувати експериментальні дані, виконувати їхню обробку та оперативно змінювати алгоритми керування безпосередньо в середовищі MATLAB.

Після встановлення пакета підтримки з'являється можливість налаштувати з'єднання між головним комп'ютером і платою Arduino. Для цього в командному вікні MATLAB вводиться команда "arduinsetup", після чого користувач може обрати один із доступних типів підключення: через USB, Bluetooth або Wi-Fi.

Апаратна платформа Arduino може обмінюватися даними з головним комп'ютером за допомогою USB-кабелю (Рис 3.5). Такий спосіб підключення є одним із найпоширеніших, оскільки забезпечує одночасно передавання даних і живлення плати. Крім того, на рисунку 3.6 наведено приклад підключення плати Arduino через Bluetooth, що може використовуватися у випадках, коли необхідно організувати бездротовий обмін даними між пристроями.

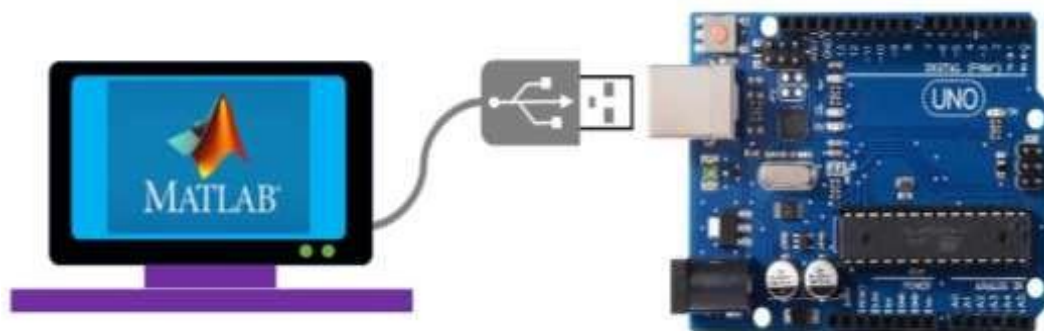


Рисунок 3.5 Підключення до плати Arduino через USB.

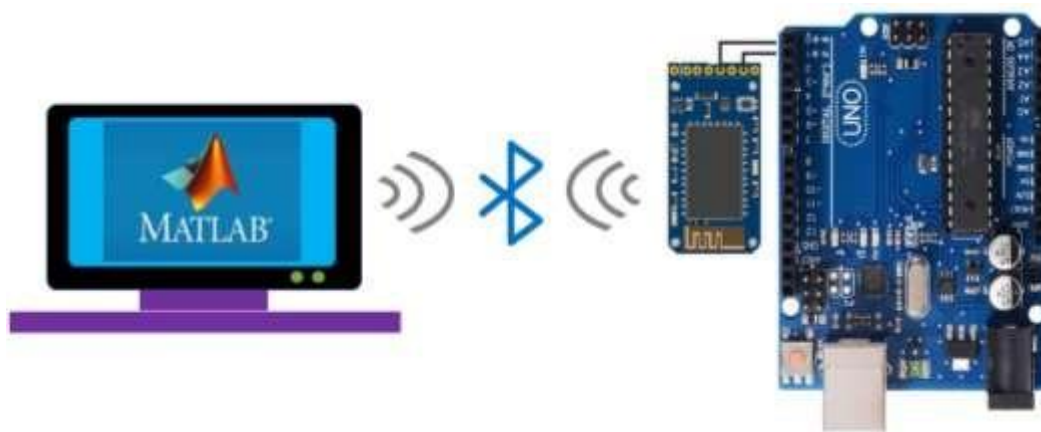


Рисунок 3.6 Підключення до плати Arduino через Bluetooth.

Для налаштування апаратної частини Arduino з метою обміну даними через USB необхідно підключити плату до комп'ютера за допомогою USB-кабелю та вибрати відповідний тип з'єднання — USB connection. Далі в параметрах “Choose board” і “Choose port” обираються тип плати Arduino та номер порту, до якого вона підключена. Також визначаються необхідні бібліотеки, які мають бути включені до складу Arduino server. Після цього натискання кнопки “Program” запускає процес завантаження сервера на плату Arduino. Після завершення завантаження виконується перевірка з'єднання між платою Arduino та головним комп'ютером за допомогою команди “Test Connection”. Завершення процесу налаштування апаратної конфігурації здійснюється натисканням кнопки Finish

Для підключення плати Arduino до Bluetooth-модулів HC-05 або HC-06 необхідне використання спеціалізованого програмного пакета Instrument Control Toolbox. Після відповідного налаштування апаратна платформа

Arduino може здійснювати обмін даними з головним комп'ютером через Bluetooth-з'єднання(Рис. 3.6).

На початковому етапі плата Arduino підключається до комп'ютера за допомогою USB-кабелю, після чого в середовищі налаштування обирається тип з'єднання Bluetooth connection. Далі у параметрах “Choose board” та “Choose port” визначаються тип плати Arduino і номер порту, до якого вона підключена. Також обираються необхідні бібліотеки, які мають бути включені до складу Arduino server. Після цього за допомогою кнопки “Program” виконується завантаження сервера на плату Arduino.

Після завершення цього етапу для встановлення зв'язку з Arduino необхідно вибрати відповідний Bluetooth-пристрій. Якщо використовуються модулі HC-05 або HC-06, а їх попереднє налаштування не виконувалося через інтерфейс arduinosetup, слід обрати варіант “No” для здійснення конфігурації Bluetooth-пристрою. Після завершення налаштування потрібно виконати сполучення Bluetooth-модуля з комп'ютером, дотримуючись підказок та посилянь, що відображаються в інтерфейсі arduinosetup. У результаті для Bluetooth-пристрою буде визначено послідовний порт або відповідну адресу.

Після завершення процедури сполучення виконується перевірка працездатності з'єднання між платою Arduino та головним комп'ютером за допомогою функції “Test connection”. У разі успішного встановлення зв'язку налаштування апаратної конфігурації завершується натисканням кнопки “Finish”.

3.3 Підключення до апаратного забезпечення Arduino за допомогою Matlab

На прикладі практичної реалізації продемонстровано порядок встановлення зв'язку між апаратною платформою Arduino та середовищем MATLAB. Перед початком роботи необхідно переконатися, що плата Arduino фізично підключена до комп'ютера та коректно визначається операційною системою. Після цього взаємодія плати Arduino з MATLAB може бути організована за допомогою відповідних команд у командному вікні

У другому випадку для відповідного виводу безпосередньо задається конкретний режим роботи за допомогою параметра `mode`. Наприклад:

```
a = arduino('COM4', 'Uno');
configurePin(a, 'A2')
```

```
ans =
'Unset'
```

```
a = arduino('COM4', 'Uno');
configurePin(a, 'A4', 'I2C');
```

```
pinMode = configurePin(a, 'A4')
```

```
pinMode =
'I2C'
```

Режим роботи виводу задається у вигляді символьного рядка. До допустимих режимів належать `AnalogInput`, який використовується для отримання аналогових сигналів із відповідного виводу; `DigitalInput`, що забезпечує зчитування цифрових сигналів; `DigitalOutput`, призначений для формування цифрових сигналів на виході; `I2C`, який визначає використання виводу для роботи з протоколом I2C; `Pullup`, що застосовується для підключення внутрішнього підтягувального резистора; `PWM`, призначений для використання широтно-імпульсної модуляції; `Servo`, який дає змогу керувати сервоприводом; `SPI`, що визначає використання виводу для обміну даними за протоколом SPI.

Окремо передбачено режим `Unset`, який скидає попередньо задане налаштування виводу. Після цього вивід більше не має фіксованого режиму роботи і може бути автоматично налаштований під час виконання наступних операцій. Зазвичай конфігурація виводів здійснюється під час їх першого використання. Якщо виникає потреба змінити режим роботи певного виводу, попередній режим необхідно скинути. Наприклад, для використання підтягувального резистора потрібно встановити режим “pullup”.

Наступною важливою командою є `readDigitalPin`, яка використовується для зчитування цифрових даних із визначеного виводу плати Arduino.

```
a = arduino;
readDigitalPin(a, 'D13')
```

Команда `writeDigitalPin` використовується для запису цифрового значення на один із виводів плати Arduino. Вона дає змогу програмно встановлювати на вибраному виводі логічний рівень 0 або 1, що може застосовуватися для керування світлодіодами, реле, транзисторними ключами або іншими виконавчими елементами. У наведеному прикладі спочатку в середовищі MATLAB створюється програмний об'єкт "а", який відповідає підключеній платі Arduino. Після цього за допомогою команди `writeDigitalPin` на виводі D12 встановлюється логічний рівень 0, а на виводі D11 — логічний рівень 1. Надалі команда `pause` використовується для формування часової затримки тривалістю 1 секунда. Після завершення цієї затримки логічні стани обох виводів змінюються на протилежні за допомогою тієї самої команди `writeDigitalPin`. Таким чином, реалізується програмне керування цифровими виходами плати Arduino з можливістю зміни їхнього стану в задані моменти часу.

```
a = arduino()
writeDigitalPin(a, 'D12', 0);
writeDigitalPin(a, 'D11', 1);
pause(1);
writeDigitalPin(a, 'D11', 0);
writeDigitalPin(a, 'D12', 1);|
```

Ще однією практично важливою командою є `writePWMVoltage(a, pin, voltage)`, за допомогою якої на визначений вивід плати Arduino може подаватися задане значення напруги, сформована не засобами широтно-імпульсної модуляції. Команда `writePWMDutyCycle(a, pin, duty cycle)` використовується для встановлення коефіцієнта заповнення PWM-сигналу на цифровому виводі апаратної платформи Arduino. Це дає змогу регулювати середнє значення вихідної напруги, що може застосовуватися, наприклад, для зміни яскравості світлодіода або швидкості обертання двигуна постійного

струму. Команда `playTone(a, pin, freq, duration)` призначена для формування звукового сигналу на п'єзоелектричному динаміку, підключеному до цифрового виводу плати Arduino. При цьому задаються частота сигналу та тривалість його відтворення. Команда `voltage = readVoltage(a, pin)` забезпечує зчитування значення напруги з аналогового вхідного виводу плати Arduino. Отримане значення може бути використане для подальшої обробки, аналізу або реалізації алгоритмів керування в середовищі MATLAB.

3.4 Отримані експериментальні результати.

Експериментальні результати, отримані під час реалізації проєкту, дали змогу оцінити працездатність розробленої сенсорної мережі та перевірити коректність передавання даних від вимірювальних вузлів до програмного середовища. Для перевірки стабільності функціонування мережі було організовано вимірювання температури в кількох контрольних точках. Дані фіксувалися за допомогою датчиків із часовим інтервалом 6 годин, що забезпечило можливість простежити зміну температурних значень протягом тижня. Такий підхід дав змогу не лише отримати набір експериментальних даних, а й оцінити узгодженість роботи окремих сенсорних вузлів у різних умовах розміщення. Результати вимірювань наведено в таблиці 5.1. Усі температурні значення подано в градусах Цельсія.

Таблиця 3.1. Виміряні значення температури.

	пн	вт	ср	чт	пт	сб	нд
Кімната 1	25	23	22	21	26	22	24
Кімната 2	24	23	23	21	24	23	25
Кімната 3	23	22	19	18	26	20	22
Кімната 4	27	26	25	25	28	28	26

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності при роботі за комп'ютером.

У сучасному світі все більше людей проводять значну частину свого робочого часу за комп'ютером, що призводить до ряду ергономічних проблем, які негативно впливають на безпеку та здоров'я людей. Неправильна позиція тіла, незручне розташування робочого місця, тривале сидіння та напружена робота з клавіатурою та мишею спричиняють м'язове напруження, біль у спині та напругу очей, що викликає дискомфорт та незручності. Розташування робочого місця відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки та здоров'я під час роботи за комп'ютером. Оптимальна висота столу та стільця є ключовим фактором для забезпечення комфорту і підтримки правильної позиції тіла. Стіл належної висоту, щоб лікті могли спокійно розташовуватися на клавіатурі, а стопи - на підлозі. Стілець обладнаний підтримкою для спини та належними регульованими підлокітниками. Клавіатура розташована на рівні ліктів, монітор - належним чином вирівняний перед очима, а миша - в зоні доступу для зап'ястя. Правильне розташування робочого місця сприяє уникненню незручностей та проблем зі здоров'ям. Ергономічні пристрої підтримки є корисними для забезпечення комфорту та запобігання напрузі м'язів. Використання регульованих підлокітників та підставок для зап'ястя допомагає знизити напругу на м'язах і запобігти незручностям. Оптимальне розташування робочого місця повинне враховувати індивідуальні особливості користувача та забезпечувати комфортні умови для роботи. Правильна позиція тіла та рухи є ключовими факторами для забезпечення комфорту та запобігання напрузі м'язів та незручностям. 58 Важливо пам'ятати про правильну позицію спини та уникати підгорблення або надмірного нахилу голови під час

тривалої роботи за комп'ютером. Регулярні перерви для розтяжки та руху є важливими для підтримання здоров'я. Прості фізичні вправи, такі як розтягування шиї, плечей, рук і ніг, допомагають зняти напругу з м'язів та покращити кровообіг. Регулярні перерви дозволяють розслабитися і зберегти енергію для продуктивної роботи. Очі є одними з найбільш вразливих органів під час роботи за комп'ютером. Постійне спрямування погляду на екран призводить до напруження та втоми очей. Для зменшення негативного впливу необхідно використовувати екрани з антиблисковим покриттям, яке знижує відблиск та рефлексію світла. Також важливо налаштовувати яскравість та контрастність екрану для комфортного сприйняття. Щоб зменшити напругу на очі, необхідно робити перерви для відпочинку, фокусуючись на далеких предметах або виконуючи вправи для розслаблення очей. Використання неправильної клавіатури та миші призводить до м'язового напруження і тунельного синдрому. Важливо використовувати ергономічні клавіатури та миші з додатковою підтримкою для зап'ястя та комфортною формою. Правильна позиція рук та зап'ястя під час роботи з ними має велике значення. Регулярні перерви для розтяжки рук та масажу зап'ястя допомагають уникнути негативних наслідків від тривалого використання клавіатури та миші. Розглядаючи ергономічні проблеми безпеки життєдіяльності при роботі за комп'ютером, варто зазначити, що їх вирішення є ключовим для забезпечення безпеки та здоров'я під час роботи. Дотримання принципів ергономіки, налагодження робочого місця, правильна позиція тіла та виконання фізичних вправ сприяють покращенню безпеки та створенню здорового робочого середовища. Застосування ергономічних пристроїв підтримки, таких як регульовані підлокітники та підставки для зап'ястя, також сприяє комфорту та попередженню незручностей. Загальною метою є створення безпечного 59 та здорового робочого середовища для людей, які працюють за комп'ютером та виконують дослідження захищеності веб сервісу електронного навчання Atutor, що забезпечує збереження

здоров'я та підвищення продуктивності працівників, сприяє запобіганню травмам та ергономічним проблемам, а також сприяє загальному комфорту та задоволенню від роботи. Додатково, важливо зазначити, що належна освітленість приміщення також є важливим фактором, який впливає на комфорт та здоров'я під час роботи за комп'ютером. Потрібно забезпечити достатнє природне або штучне освітлення, яке не перевантажує очі. Розміщення робочого місця біля вікна або використання належної освітлювальної техніки допомагає забезпечити оптимальні умови освітлення. Важливо також уникати відблисків на екрані, розташовуючи монітор під правильним кутом до джерел світла. Безпека та конфіденційність інформації також є важливим аспектом при роботі за комп'ютером. Важливо зберігати конфіденційні дані та захищати їх від несанкціонованого доступу. Використання паролів, шифрування даних та регулярне оновлення програмного забезпечення допомагає забезпечити безпеку інформації. Крім того, необхідно усвідомлювати потенційні загрози з боку шкідливих програм та фішингових атак і приймати заходи для їх запобігання, такі як використання антивірусного програмного забезпечення та обережне відкривання електронних листів та посилань. Регулярне навчання та свідомість про важливість ергономіки та безпеки при роботі за комп'ютером є важливими. Працівники повинні мати бути проінформовані про правильні методи роботи, виконання пауз і фізичних вправ, а також процедур безпеки. Організації можуть проводити навчання та інформаційні тренінги, щоб підвищити свідомість та забезпечити правильну поведінку під час роботи за комп'ютером. 60 Враховуючи всі ці аспекти, створення комфортного, безпечного та здорового робочого середовища є важливим завданням як для працівників, так і для роботодавців. Захист здоров'я та добробуту працівників при роботі за комп'ютером не тільки покращує їхню якість життя, але й сприяє збільшенню продуктивності та задоволення від роботи, що має позитивний вплив на всю організацію. 4.2 Організація безпечної роботи

електроустаткування задіяного при роботі системи електронного навчання

Безпечна робота електроустаткування є ключовим елементом для забезпечення стабільної та безперебійної роботи системи електронного навчання. Це включає в себе правильне проектування, встановлення, експлуатацію та обслуговування електроустаткування. Дотримання стандартів і правил охорони праці допомагає мінімізувати ризики електричних ударів, пожеж та інших небезпек. Перед встановленням електроустаткування необхідно ретельно оцінити його відповідність вимогам системи електронного навчання. Вибір обладнання повинен базуватися на таких критеріях: надійність та безпека: обладнання має відповідати стандартам якості та безпеки, мати сертифікати відповідності та бути розрахованим на довготривалу експлуатацію; відповідність технічним вимогам: обладнання повинно підтримувати необхідні технічні параметри, такі як напруга, потужність, тип з'єднання тощо; сумісність з іншими компонентами: всі компоненти системи повинні бути сумісні між собою, щоб уникнути збоїв та небезпек при експлуатації; Під час встановлення необхідно дотримуватися таких заходів безпеки: правильне заземлення: всі пристрої повинні бути заземлені відповідно до норм, щоб уникнути накопичення статичної електрики та можливості 61 удару струмом; використання захисних пристроїв: встановлення автоматичних вимикачів, пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ) та інших захисних засобів є обов'язковим для забезпечення безпеки; професійний монтаж: монтаж повинен виконуватися кваліфікованими спеціалістами з дотриманням всіх норм і правил; Для забезпечення безпечної експлуатації електроустаткування слід дотримуватися таких рекомендацій: регулярний контроль та технічне обслуговування: обладнання повинно регулярно перевірятися на наявність зношення, перегріву, пошкоджень проводів та інших дефектів. Технічне обслуговування повинно проводитися відповідно до інструкцій виробника; контроль температурного режиму: устаткування не повинно перегріватися.

Необхідно забезпечити достатню вентиляцію та уникати розташування пристроїв поблизу джерел тепла; правильне використання: обладнання має використовуватися тільки за призначенням, з дотриманням інструкцій та рекомендацій виробника; При обслуговуванні та ремонті електроустаткування необхідно дотримуватися таких заходів безпеки: відключення живлення: перед проведенням будь-яких робіт обладнання має бути відключене від джерела живлення; використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): спеціалісти повинні використовувати відповідні ЗІЗ, такі як діелектричні рукавички, килимки, інструменти з ізоляційними покриттями; дотримання процедур: всі ремонтні роботи повинні проводитися відповідно до технічних інструкцій та нормативних документів; Управління ризиками та навчання персоналу є невід'ємною частиною забезпечення безпеки електроустаткування: ідентифікація ризиків: постійний аналіз можливих ризиків та їх мінімізація є ключовим аспектом безпеки. Для цього проводяться регулярні оцінки стану обладнання та аналіз умов експлуатації; навчання та інструктажі: персонал повинен проходити регулярні навчання та інструктажі з питань безпечної роботи з електроустаткуванням. Це включає як базові знання, так і спеціальні навички для роботи з конкретними видами обладнання; 62 розробка та впровадження процедур безпеки: необхідно розробити детальні інструкції та процедури з безпеки, які повинні бути доступними для всіх працівників та регулярно оновлюватися. Таким чином, організація безпечної роботи електроустаткування задіяного при роботі системи електронного навчання вимагає комплексного підходу, що включає вибір надійного обладнання, правильне його встановлення, регулярне технічне обслуговування, навчання персоналу та управління ризиками. Дотримання цих заходів дозволяє забезпечити стабільну та безпечну роботу системи, що є критично важливим для ефективного функціонування освітнього процесу.

ВИСНОВКИ

У межах даної дипломної роботи було розроблено бездротову сенсорну мережу на базі апаратного забезпечення Arduino та програмної платформи Matlab. Розроблена система забезпечує збір, передачу та обробку даних у реальному часі, що відповідає сучасним вимогам до побудови розподілених інформаційно-вимірювальних систем і концепції Інтернету речей (IoT).

Апаратне забезпечення, обране для реалізації системи, включає:

- мікроконтролери Arduino (наприклад, Arduino Uno або Arduino Nano) як основу сенсорних вузлів;
- набір сенсорів для вимірювання фізичних параметрів (температура, вологість, освітленість тощо);
- бездротові модулі зв'язку (наприклад, NRF24L01, ESP8266 або інші) для організації обміну даними між вузлами мережі;
- додаткові електронні компоненти для стабільної роботи системи.

Програмне забезпечення реалізовано із застосуванням середовища розробки Arduino IDE для програмування мікроконтролерів та програмної платформи Matlab для приймання, обробки, аналізу та візуалізації даних. Засоби Matlab дозволили реалізувати алгоритми обробки сигналів, фільтрації, відображення результатів у графічному вигляді та проведення аналітичних досліджень.

Було організовано передачу даних із сенсорних вузлів до центрального вузла або комп'ютера, де вони обробляються в Matlab у режимі, наближеному до реального часу. Це забезпечило можливість дистанційного моніторингу та аналізу параметрів досліджуваного середовища.

Ключовими досягненнями роботи є:

- розроблення прототипу бездротової сенсорної мережі з використанням Arduino;

- створення алгоритмів передавання та приймання даних між вузлами мережі;
- інтеграція апаратної частини з програмною платформою Matlab для обробки та візуалізації інформації;
- забезпечення можливості масштабування системи шляхом додавання нових сенсорних вузлів;
- реалізація ефективного інструменту для моніторингу параметрів у режимі реального часу.

Таким чином, розроблена бездротова сенсорна мережа відповідає сучасним вимогам до автоматизованих систем збору та обробки даних і може бути використана в різних галузях — від промислового контролю до екологічного моніторингу. Система має потенціал для подальшого розвитку, зокрема шляхом розширення функціональності, підвищення енергоефективності вузлів та інтеграції з хмарними сервісами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ярощук І. Можливості застосування пірометричних датчиків на платформі arduino для контролю периметру / Ярощук І. // Матеріали III Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 23-24 квітня 2020 року. — Т. : ТНТУ, 2020. — С. 16–17
2. Золотий Р. З. Розробка автоматизованих систем керування на базі контролерів ARDUINO / Роман Золотий, Андрій Недошитко // Матеріали III Всеукраїнської науково-технічної конференції „Теоретичні та прикладні аспекти радіотехніки і приладобудування“, 8-9 червня 2017 року. — Т. : ТНТУ, 2017. — С. 139. — (Автоматизація та комп'ютерні технології)
3. Бачинський Я. Аналіз способів зв'язку роботів на базі мікроконтролерів Arduino / Я. Бачинський // ІМСТ, 11-12 грудня 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — С. 22.
4. Микитишин А.Г. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем : навч.посібн. / А.Г. Микитишин , М.М. Митник , П.Д. Стухляк. - Тернопіль : ТНТ У імені Івана Пулюя, 2016. - 261 с
5. Ніколайчук Р. Розробка метеостанції з функцією прогнозування на базі мікроконтролера atmega / Ніколайчук Р., Станько А. // Матеріали IV Міжнародної студентської науково-технічної конференції „Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання“, 28-29 квітня 2021 року. — Т. : ТНТУ, 2021. — С. 23–25.
6. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Комп'ютерні мережі». Частина 1 (лабораторні роботи №1-№5). Для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : А.Г. Микитишин. — Тернопіль : ТНТУ, 2019. — 16 с.
7. Волоський В. Методика інтеграції платформи arduino в освітній процес на засадах stem-технологій / В. Волоський, А. Паламар // Матеріали

- ХІІІ науково-технічної конференції „Інформаційні моделі, системи та технології“, 17-18 грудня 2025 року. — Т. : ТНТУ, 2025. — С. 202.
8. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Комп'ютерні мережі». Частина 2 (лабораторні роботи №6-№9). Для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / укл. : А.Г. Микитишин. — Тернопіль : ТНТУ, 2019. — 26 с.
 9. Ковтун О. І. Бездротові мережі з використанням стандартів ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi / О. І. Ковтун, В. Л. Плєскач, О. П. Ткаліч // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. — 2016. — № 4(78). — С. 42–47
 10. Дерев'янчук О. В. Використання датчиків Arduino на онлайн-платформі Tinkercad для проєктної діяльності при навчанні технологій / О. В. Дерев'янчук, М. М. Домініков, І. В. Пундик // Матеріали конференцій МЦНД. — Одеса, 2026. — С. 498–502.
 11. Домініков М. Особливості використання апаратних та програмних засобів Arduino при навчанні технологій / М. Домініков, А. Остафійчук, Б. Бортник // Матеріали конференцій МЦНД. — Тернопіль, 2026. — С. 274–275.
 12. Дудикевич В. Б. Безпроводні сенсорні мережі ZigBee, Wi-Fi та Bluetooth в кіберфізичних системах: концепція “об’єкт – загроза – захист” на основі моделі OSI / В. Б. Дудикевич, Г. В. Микитин, А. І. Ребець, М. В. Мельник // Системи обробки інформації. — 2019. — Вип. 2(157). — С. 114–120
 13. Скрипка К. І. Віддалений моніторинг та керування екологічним станом навколишнього середовища з використанням сучасних технологій Інтернету речей / К. І. Скрипка, О. Г. Гуйда, Н. В. Омецинська, С. М. Лісовець, Т. В. Юсипів // Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. — 2023. — Т. 34(73). — № 3. — С. 233–238.

- 14.Карпов М. С. Аналіз бездротових сенсорних мереж / М. С. Карпов // Automation and Development of Electronic Devices (ADED'2023): collection of Students' Scientific Paper. — Харків : ХНУРЕ, 2023. — Part 1. — P. 270–276.
- 15.Karnaushenko V. Improvement in Wireless Sensor Networks: From Technology Integration to Network Management / V. Karnaushenko, E. Gorbenko, M. Piataikina, Yu. Vasilyev // Інформаційні системи та технології (ICT-2023): матеріали 12-ї Міжнародної науково-технічної конференції. — Харків, 2024
- 16.Галелюка І. Б. Моделювання бездротових сенсорних мереж / І. Б. Галелюка // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. — 2015. — № 14. — С. 141–150. — URL
- 17.Жук О. В. Функціональна модель системи управління бездротовими сенсорними мережами військового призначення / О. В. Жук, В. Машталір, Р. Грозовський, А. Чекан // Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони. — 2024. — Т. 51. — № 3. — С. 146–154
- 18.Barabash O. Topological Aspects of Designing Functionally Robust Wireless Sensor Networks / O. Barabash, V. Sobchuk, A. Sobchuk, A. Musienko, O. Laptiev // Advanced Information Systems. — 2025. — Vol. 9. — No. 4. — P. 28–38.