

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем

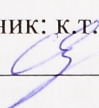
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

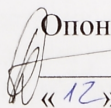
на тему:

**«Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-
контролю»**

Виконав: студент групи ЛТО-23м
спеціальності 175 – Інформаційно-
вимірювальні технології
освітня програма «Лазерна техніка та
оптоінформатика»

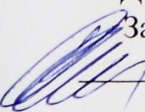
 Бугай Д. О.

Керівник: к.т.н., доц. каф. БМІОЕС
 Тужанський С.Є.
« 12 » 12 2024 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. ІРТС
 Дудатьєв І.А.
« 12 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри БМІОЕС

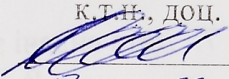
 К.т.н., доц. Коваль Л.Г.

(прізвище та ініціали)

« 17 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних електронних систем
Кафедра біомедичної інженерії та оптико-електронних систем
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 17 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»
Освітня програма «Лазерна техніка та оптоінформатика»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри БМІОЕС
к.т.н., доц. Коваль Л.Г.

«17» 02 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТЦІ

Бугаю Дмитру Олександровичу

1. Тема роботи: Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю

Керівник роботи Тужанський Станіслав Євгенович, к.т.н., доцент каф. БМІОЕС, затверджені наказом ВНТУ від 17.09.2024 р., №310

2. Строк подання студентом магістерської дипломної роботи: 05.12.2024 р.

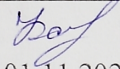
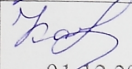
3. Вихідні дані до роботи:

Параметри клімат-контролю – температура, вологість, тиск, концентрація CO₂; склад системи - мікропроцесорний блок ESP8266 NodeMCU, Wi-Fi роутер, датчик температури (0-50°C) датчик вологості (20-90%), датчик тиску (300-1100кПа), датчик вмісту CO₂ (0-5000ppm), ПЗ Arduino Cloud.

4. Зміст текстової частини: вступ, аналіз сучасних методів і засобів автоматизованого кліматичного контролю приміщень, удосконалення методу клімат-контролю характеристик повітря, обґрунтування вибору компонентів та розробка структури ІВС, розробка схем складових системи, розрахунок електричних компонент пристрою; розробка програмного забезпечення ІВС, аналіз роботи системи, економічні розрахунки, висновки.

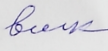
5. Перелік ілюстративного матеріалу: узагальнена структурна схема ІВС автоматизованого клімат-контролю приміщень (Е1); електрична схема мікропроцесорного блоку контролю (Е3); блок-схема методу клімат-контролю (Е1); електрична схема датчику температури (Е3); електрична схема датчику тиску (Е3); електрична схема датчику вологості (Е3); електрична схема датчику CO₂ (Е3).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-3	Тужанський С.Є., к.т.н., доцент каф. БМІОЕС	 17.09.2024	 05.12.2024
4	Кавецький В.В, к.е.н., доц. каф. ЕПВМ	 01.11.2024	 01.12.2024

7. Дата видачі завдання « 17» вересня 2024 р.

8. КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

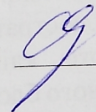
№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Розробка ТЗ. Аналіз сучасних методів і засобів контролю повітря у промислових приміщеннях	05.09.2024- 01.10.2024	
2	Розробка та удосконалення методу автоматизованого клімат-контролю приміщень, обґрунтування вибору елементної бази засобу контролю	02.10.2024- 01.11.2024	
3	Розрахунок та проектування електричних та оптичних схем. Розробка програмного забезпечення та аналіз роботи схем засобу	02.11.2024- 05.12.2024	
4	Економічна частина	01.11.2024- 01.12.2024	

Студент



Д.О. Бугай

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи



С.Є. Тужанський

АНОТАЦІЯ

УДК 681.2

Бугай Д.О. Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 175 Інформаційно-вимірювальні технології, освітня програма – Лазерна техніка та оптоінформатика. Вінниця: ВНТУ, 2024. 84 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 25 назв; рис.: 15; табл. 6.

В магістерській кваліфікаційній роботі проведено проєктування інформаційно-вимірювальної системи клімат-контролю повітря у промислових приміщеннях на базі мікропроцесорного пристрою з Wi-Fi модулем для збору інформації на основі чотирьох датчиків – температури, вологості, тиску та вмісту CO₂. Здійснено аналіз методів та засобів автоматизованого контролю характеристик повітря. Удосконалено метод автоматизованого клімат-контролю промислових приміщень. Розроблено структурні, електричні та оптичні схеми системи та її складових. Здійснено синтез схем датчиків та розробку програмного забезпечення для системи у Arduino Cloud.

Графічна частина складається з 6 плакатів із результатами дослідження.

Ключові слова: мікроконтролер, датчик, інтерфейс, алгоритм, інформаційно-вимірювальна система, автоматизований контроль.

ABSTRACT

Bugai D.O. Information and measurement system of automated climate control. Master's thesis in specialty 175 Information and measurement technology. Educational program - Laser technology and optoinformatics. Vinnitsya: VNTU, 2024. 84p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 25 titles; fig.: 15; tabl. 6.

In the master's thesis, the student designed an information and measurement system for climate control of air in industrial premises based on a microprocessor device with a Wi-Fi module for collecting information based on four sensors - temperature, humidity, pressure, and CO₂ content. The methods and means of automated control of air characteristics are analyzed. The method of automated climate control of industrial premises was improved. Structural, electrical and optical schemes of the system and its components were developed. The synthesis of sensor circuits and development of software for the system in Arduino Cloud were carried out.

The graphic part consists of 6 posters with research results.

Keywords: microcontroller, sensor, interface, algorithm, information and measuring system, automated control.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І СТРУКТУР АВТОМАТИЗОВАНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	9
1.1 Аналіз архітектури і структур ІВС.....	9
1.2 Аналіз методів контролю характеристик виробничих приміщень.....	12
1.3 Переваги автоматизації клімат-контролю складських приміщень.....	17
1.4. Висновки до розділу 1	19
2 МЕТОДИ І СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛІМАТ- КОНТРОЛЮ ПРИМІЩЕНЬ.....	21
2.1 Технічні вимоги до засобу контролю	21
2.2 Розробка структурно-функціональної схеми пристрою.....	23
2.3 Обґрунтування вибору та опис мікроконтролера для ІВС автоматизованого клімат-контролю	24
2.4 Робочі інтерфейси Arduino	29
2.5 Характеристики датчиків контролю ІВС.....	34
2.6 Висновки до розділу 2.....	43
3 ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ	44
3.1 Розробка та складання приладу	44
3.2 Розробка алгоритму програми	46
3.3 Розробка програмного забезпечення для Nodemcu esp8266 v2.....	49
3.4 Інтеграція з Arduino IoT Cloud	52
3.5 Висновки до розділу 3.....	57
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	58
4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково- технічної розробки	58
4.2 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки	59
4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи	60

4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором	71
4.5 Висновки до розділу 4.....	75
ВИСНОВКИ.....	77
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78
ДОДАТКИ.....	81
Додаток А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень (обов'язковий).....	83
Додаток Б. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ Графічна частина (обов'язковий).....	84

ВСТУП

Для підтримки комфортної роботи та безпечної життєдіяльності людини виробничі приміщення потребують забезпечення та підтримки мікрокліматичних умов навколишнього повітряного середовища в певних межах.

Стрімке зростання інтернет-технологій та розвиток засобів мікропроцесорної техніки у схемах приладів інформаційно-вимірювальної техніки клімат-контролю потребує підвищення вимог щодо здійснення контролю відповідних фізичних параметрів внутрішнього середовища приміщень (температура, вологість, тиск, якість повітря, освітленість тощо) із заданою точністю. Розвиток методів і засобів автоматизованого контролю мікроклімату приміщень є актуальною науково-технічною задачею сьогодення [1],[2].

В останній час попит на автоматизовані системи клімат-контролю значно збільшився у різних галузях, включаючи сільське господарство, житлові будинки та промислові об'єкти. Такі системи мають вирішальне значення у підтримці оптимальних умов навколишнього середовища, підвищення енергоефективності та забезпечення комфорту і безпеки. З розвитком технологій Інтернет речей (IoT) стала можлива розробка розумних систем клімат-контролю, що дозволяють здійснювати моніторинг та регулювання таких параметрів, як температура, вологість та якість повітря в режимі реального часу.

Для вирішення практичних завдань зручно проводити автоматичні вимірювання і контроль за допомогою комп'ютеризованої системи клімат-контролю, яка забезпечує автоматизацію збору і оброблення первинної інформації щодо об'єкта вимірювання і представлення результатів вимірювань у зручному для аналізу вигляді [2], [3], [4].

Однак багато сучасних засобів автоматизованого контролю мікроклімату приміщень потребують дорогих апаратних та складних програмних засобів обробки результатів вимірювального контролю. Не у

повній мірі також використовуються можливості такого контролю в режимі реального часу, а також поєднання різних типів датчиків у єдиній автоматизованій системі [3],[4].

Основна увага у роботі присвячена проектуванню та реалізації інформаційно-вимірювальної системи для автоматизованого клімат-контролю, побудованої на базі мікроконтролера ESP8266. Цей недорогий, універсальний мікроконтролер з вбудованими можливостями Wi-Fi є перспективною і доступною платформою для розробки рішень клімат-контролю на основі IoT. Інтегруючи різні датчики навколишнього середовища, такі як датчики температури і вологості, система може безперервно збирати дані, аналізувати їх і автоматично регулювати кліматичні умови в залежності від навколишнього середовища.

Значення цієї роботи полягає в тому, що вона може покращити якість автоматизованих систем клімат-контролю, зберігаючи при цьому простоту і доступність. Дана система може бути застосована в розумних будинках, теплицях, промислових приміщеннях, де точний контроль кліматичних умов має важливе значення. Також можливість віддаленого моніторингу та управління системою через Wi-Fi надає необхідні можливості для підвищення автоматизації та масштабованості системи.

Таким чином, розробка та удосконалення методів і засобів забезпечення мікроклімату приміщень із автоматизованим динамічним контролем характеристик якості повітря під час роботи є актуальною задачею сучасної інформаційно-вимірювальної техніки.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розширення функціональних можливостей методу і автоматизованого засобу клімат-контролю виробничих приміщень за рахунок динамічного вимірювання і аналізу таких параметрів якості фізичного середовища (температура, вологість, тиск та концентрація CO₂ у повітрі, рівень освітленості) в режимі реального часу.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

1. Провести порівняльний аналіз методів і засобів клімат-контролю

виробничих приміщень;

2. Удосконалити метод автоматизованого динамічного контролю характеристик повітря виробничих приміщень,

3. Здійснити обґрунтування вибору компонентів основних функціональних елементів мікропроцесорного блока та блока датчиків вимірювального контролю,

4. Розробити структурну схему системи, здійснити проектування електричних та оптико-електронних блоків, електричні схеми основних блоків.

5. Розробити лабораторний макет та програму роботи автоматизованої системи, проаналізувати його роботу.

6. Виконати економічне обґрунтування та розрахувати техніко-економічні показники розробки.

Об'єкт дослідження: процеси вимірювань та контролю характеристик якості повітря у виробничих приміщеннях.

Предмет дослідження: автоматизовані методи і засоби динамічного контролю параметрів мікроклімату приміщень, їх фізико-технічні параметри та складові.

Методи дослідження. У процесі виконання роботи застосовано теорії: вимірювань; електроніки; схемотехніки; прикладної оптики.

Наукова новизна: Подальшого розвитку отримав метод автоматизованого контролю якості середовища виробничих приміщень за рахунок динамічного аналізу комплексу параметрів, в якому на відміну від існуючих використовується контроль в режимі реального часу з використанням технологій IoT, що дозволило розширити функціональні можливості методу.

Практична значимість одержаних результатів полягає в тому, що на основі отриманих теоретичних результатів:

- Розроблено лабораторний макет і програмне забезпечення мікропроцесорного засобу автоматизованого клімат-контролю виробничих

приміщень із Wi-Fi модулем передавання вимірювальної інформації на платформі Arduino, що враховують особливості контролю в режимі реального часу.

Апробація. Результати досліджень обговорювались на XIII Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених та студентів (м. Тернопіль, 11-12 грудня 2024 р.)

Публікації. За матеріалами МКР опубліковано тези у матеріалах XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів Актуальні задачі сучасних технологій (2024) [18] .

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ І СТРУКТУР АВТОМАТИЗОВНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

1.1. Аналіз архітектури і структур ІВС

Вимірювальні системи – це сукупність функціонально-об'єднаних засобів вимірювання, засобів обчислювальної техніки та допоміжних пристроїв, об'єднаних між собою фізичних величин, властивих даному об'єкту, у формі, зручній для автоматичної обробки, передачі та (або) використання в автоматичних системах керування. В залежності від призначення ВС поділяють на вимірювальні, контролюючі, керуючі. За кількістю вимірювальних каналів системи поділяють на одно-, двох-, трьох- і багатоканальні. Важливим різновидом вимірювальних систем є інформаційно-вимірювальні системи [1].

Під інформаційно-вимірювальними системами (ІВС) розуміють системи, призначені для автоматичного отримання кількісної інформації безпосередньо від досліджуваного об'єкта шляхом процедур вимірювання та контролю, обробки інформації та видачі її у вигляді сукупності іменованих чисел, висловлювань, графіків тощо, які відображають стан цього об'єкта. ІВС повинні сприймати досліджувані величини безпосередньо від об'єкта, а на їх виході повинна з'являтися кількісна інформація про досліджуваний об'єкт.

Існує кілька різновидів ІВС:

- Інформаційно-вимірювальні системи – призначені для отримання кількісної інформації щодо значення контрольованих фізичних величин шляхом їх прямих сукупних вимірювань з подальшою її обробкою, наданням оператору і передачею іншим споживачам.

- Інформаційно-вимірювальні системи автоматичного контролю – відповідають за встановлення відповідності між станом об'єкта і заданою нормою і вироблення судження про даному і (або) майбутній стан об'єкта.

- Інформаційно-вимірювальні системи для технічної діагностики – виконують функції контролю стану різних технічних пристроїв, виявлення їх відмов та визначення несправних елементів.

- Інформаційно-вимірювальні системи розпізнавання образів – призначені для визначення відповідності між досліджуваним об'єктом і заданим образом, в якості якого може бути «людина», «символ», «нормальний стан об'єкта» і т. п. Телевимірювальні системи – інформація про значення вимірюваних величин передається від об'єкта контролю, розташованого на значній відстані [2].

Для опису ІВС, пояснення складу функціональних частин і елементів, їх призначення і взаємозв'язків в системі застосовуються структурні схеми. Опис ІВС і функціональних елементів, що входять до їх складу, може здійснюватися за допомогою функціональних схем. Узагальнена структурна схема ІВС наведена на рисунку 1.1.

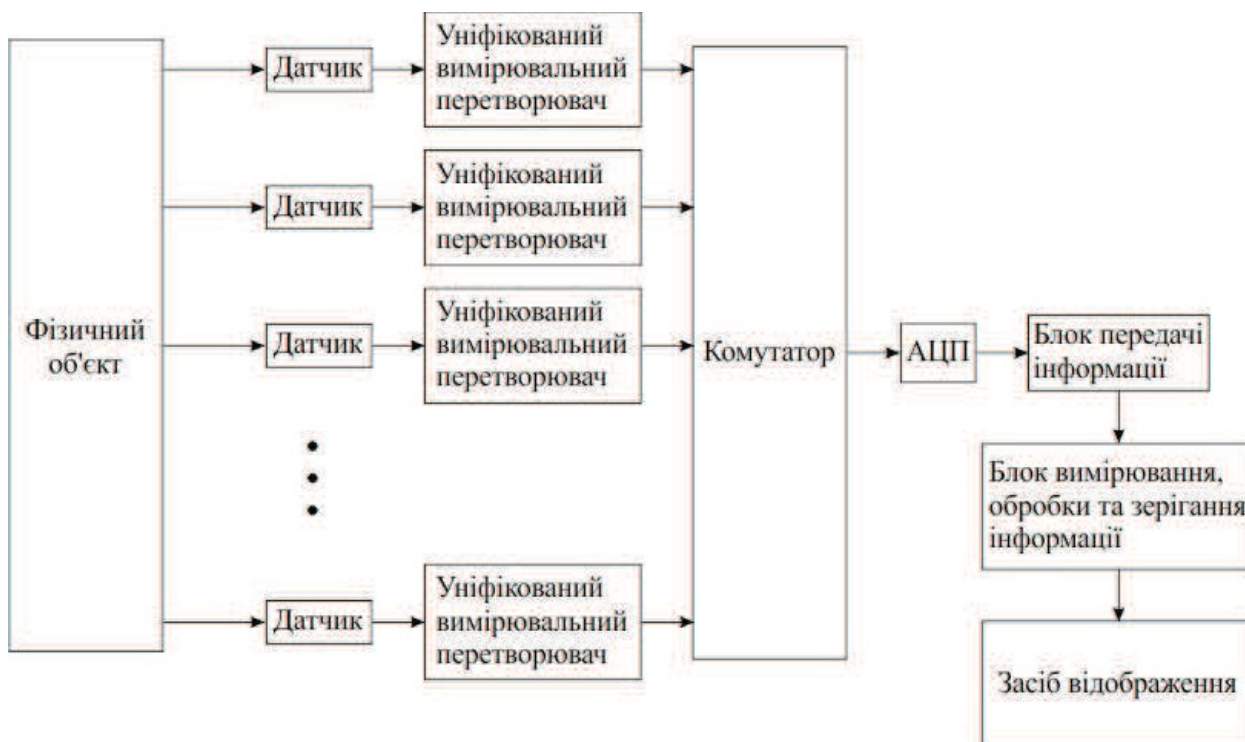


Рисунок 1.1 – Узагальнена структурна схема ІВС

Усі реальні ІВС можуть бути представлені у вигляді сукупності

пов'язаних між собою функціональних блоків (ФБ). ФБ – це частини системи, що виконують інформаційні та керуючі функції і потребують організації спільної та узгодженої роботи. При цьому для організації взаємодії з іншими ФБ не потрібно знання їх внутрішніх структур та особливостей функціонування. Об'єднання ФБ в однорівневу структуру може бути виконано в наступних варіантах (рис. 1.2).

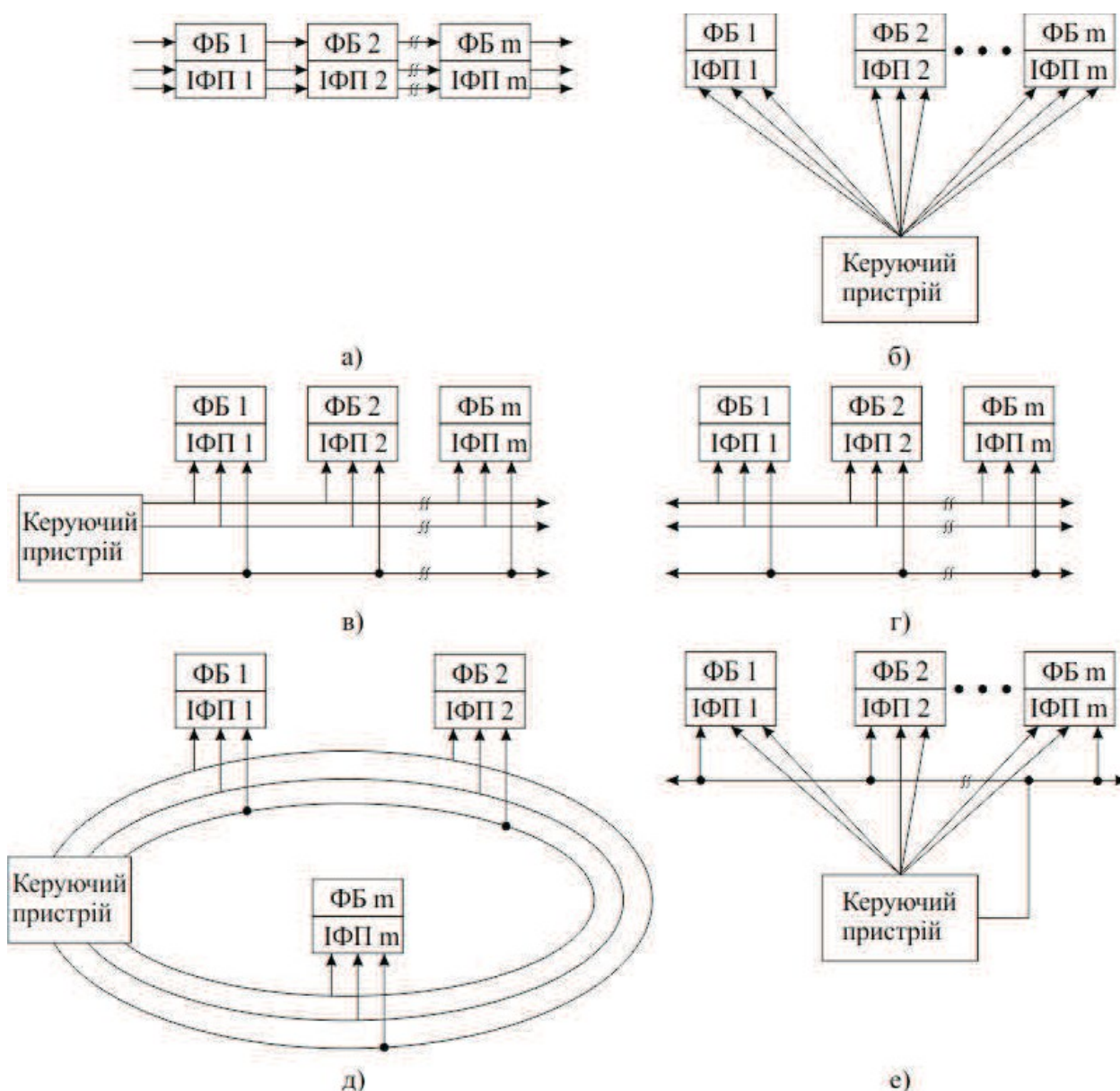


Рисунок 1.2 – Однорівневі архітектури ІВС: а – ланцюгова; б – радіальна; в – магістральна з централізованим керуванням; г – магістральна з децентралізованим керуванням; д – магістральна петльова з централізованим керуванням; е – радіально-магістральна з централізованим керуванням

Аналого-цифрова частина (АЦЧ) ІВС складається з аналогових вимірювальних каналів і системних аналого-цифрових пристроїв. Аналогові вимірювальні канали призначені для сприйняття вхідних величин, їх перетворення у вимірювальні сигнали з допомогою вимірювальних ланцюгів. Системні аналого-цифрові пристрої служать для виконання певних аналого-цифрових перетворень в складі самих систем.

До основних елементів будь-яких АЦЧ відносяться датчики і аналогові вимірювальні ланцюги (Д), пристрої, що формують значення зразкових мір (М), пристрої порівняння аналогових сигналів зразкових заходів (ПП).

У випадку, коли необхідно виміряти n величин, максимальна кількість датчиків дорівнює n , а мінімальна – одному. В останньому випадку датчик повинен послідовно сприймати всі, n величин. Аналогічно максимальна кількість пристроїв порівняння та зразкових мір дорівнює n , а мінімальна – 1. На рисунку 1.3 наведено найбільш поширені структури АЦЧ, до яких належать структури АЦЧ паралельного типу (рисунок 1.3, а), паралельного типу із загальним набором зразкових мір (рисунок 1.3, б) і послідовного принципу дії (рисунок 1.3, в, г).

Основні переваги багатоканальних структур паралельного типу (рисунок 1.3, а) пов'язані з можливістю вимірювання різнорідних фізичних величин, використанням одноканальних вимірювальних пристроїв, досягненням максимальної швидкодії і високою схемною надійністю. Основний недолік паралельної архітектури пов'язаний з більшою порівняно з іншими структурами кількістю елементів, що її утворюють.

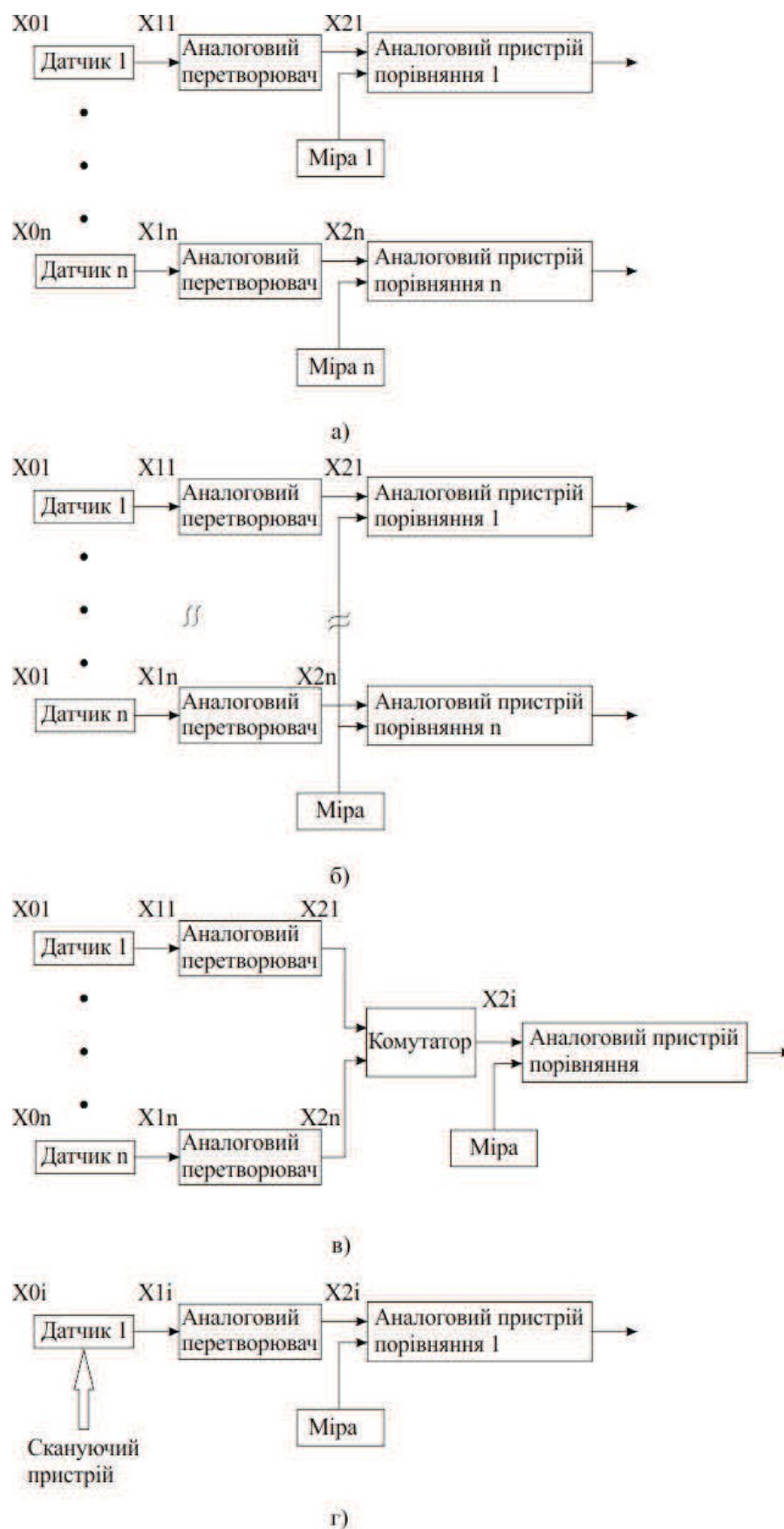


Рисунок 1.3 – Основні структури аналого-цифрової частини ІВС

У структурі з загальної зразковою величиною (мірою) (рисунок 1.3, б)

проводиться колективне перетворення всіх п аналогових сигналів від вимірювальних ланцюгів за один цикл зміни зразкової величини. У таких структурах є можливість поділу загальної кількості датчиків на групи, кожна з яких охоплює свій діапазон зміни зразкової величини. На виході пристроїв порівняння в момент рівності вимірюваної величини і відомого поточного значення зразкової величини з'являються сигнали, що дозволяють одержувати результати перетворення. Пристрій формування зразкової величини може генерувати сигнал, що лінійно залежить від часу. У цьому випадку маємо час-імпульсне перетворення вимірюваних величин, що суттєво спрощується отримання цифрового результату вимірювання.

У структурах послідовної дії (рисунок 1.3, в,г) операції отримання інформації виконуються послідовно у часі за допомогою одного каналу аналого-цифрового перетворення. Якщо вимірювана величина розподілена в просторі або об'єктом вимірювання є власне координати деякої точки або області простору, то отримання інформації в таких структурах виконується за допомогою одного так званого скануючого датчика.

Скануючі структури можуть класифікуватися за кількістю вимірюваних величин. Вони можуть виконувати операції аналого-цифрового перетворення місця розташування деякої точки на прямій лінії, точки або кривої на площині або у просторі. В якості системи координат можуть бути використані різні, в тому числі нелінійні системи.

Скануючі датчики можуть бути виконані таким чином, що вони при виконанні операцій отримання інформації входять у безпосередній контакт з досліджуваним параметром або областю сканування або сприймають вимірювані величини при відсутності безпосереднього контакту. Прикладами контактних датчиків можуть служити термопари або термометри опору, безконтактних – радіаційні пірометри.

1.2 Аналіз методів контролю характеристик виробничих приміщень

Автоматизовані системи клімат-контролю для складських приміщень є важливим елементом забезпечення належних умов зберігання різних товарів і продукції. Склади використовуються для тривалого зберігання різноманітних матеріалів, сировини та готової продукції, і стабільні кліматичні умови на складах мають вирішальне значення для підтримання якості та безпеки продукції.

Кліматичні умови можуть сильно впливати на якість певних груп товарів або інших матеріальних цінностей тому зберігання продукції в складських приміщеннях відіграє велику роль, матеріальні цінності можуть бути чутливими до змін температури, вологості, а також якості повітря. Основні параметри, які впливають на якість зберігання, включають:

- Температура: Підвищення або зниження температури може призвести до погіршення стану продукції. Наприклад, продукти харчування або фармацевтична продукція вимагають дотримання певних температурних режимів для збереження своїх властивостей.
- Вологість: Підвищена вологість може спричинити розвиток цвілі, корозію металевих частин або погіршення якості пакувальних матеріалів. Наприклад, у харчовій промисловості високий рівень вологості може негативно вплинути на продукти, що зберігаються.
- Якість повітря (рівень CO_2 та летких органічних сполук) Забруднене повітря та підвищений рівень CO_2 можуть впливати на товари, які чутливі до хімічних змін у середовищі. Наприклад, підвищений рівень CO_2 може негативно вплинути на свіжі продукти та рослини.

Через ці фактори зберігання продукції без належного контролю клімату може призвести до значних фінансових втрат для підприємства, зниження якості продукції або навіть втрати продовольчих товарів та інших матеріальних цінностей.

На сьогоднішній день для автоматизованого контролю стану виробничих приміщень застосовують ряд методів, наведених на рис.1.4

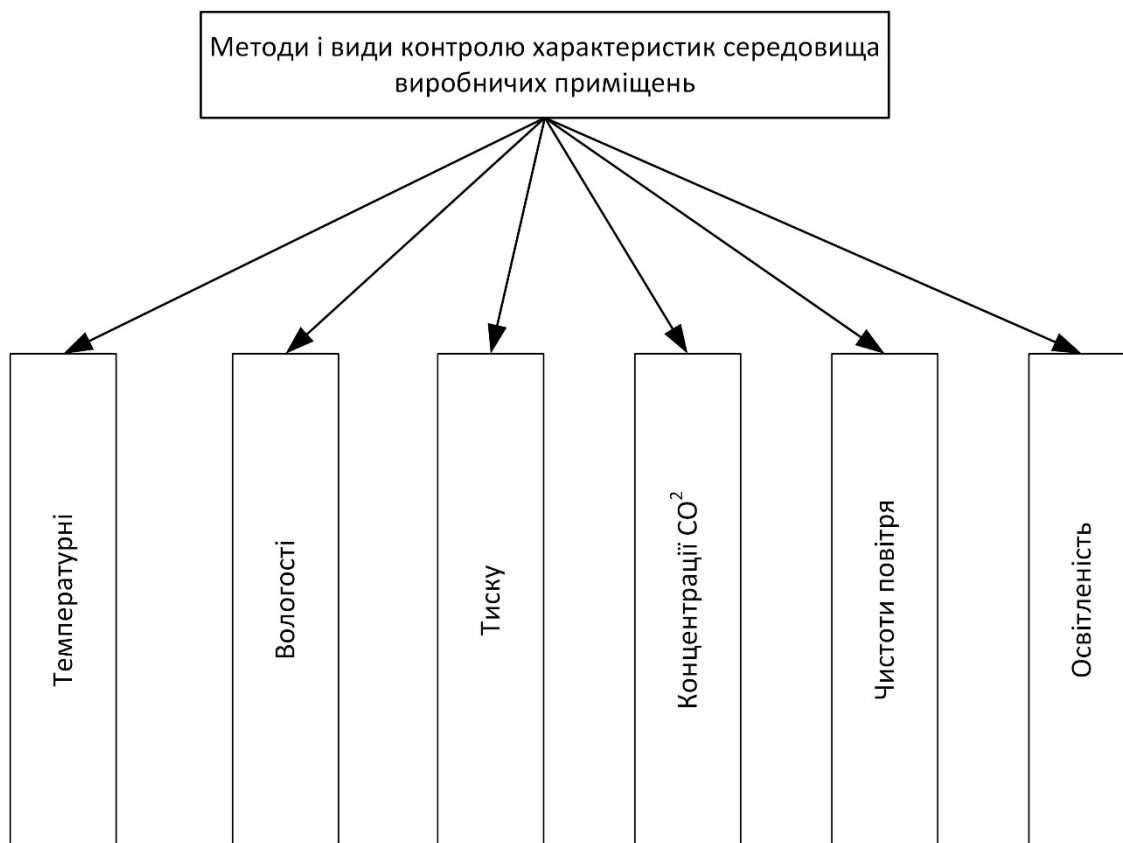


Рисунок 1.4 Методи контролю характеристик повітря виробничих приміщень

Мікроклімат приміщень – це стан внутрішнього середовища приміщення, який характеризується показниками температури і вологості. Ідеальна температура коливається в діапазоні від 18 до 22 градусів. Найкомфортнішим рівнем вологості вважається діапазон від 40 до 60 %. Система клімат-контролю здатна забезпечити ідеальні показники температури і вологості приміщень залежно від того, як підібрані елементи схеми. Вимірювання температури і вологості виконує в автоматичному режимі й контролює сама система. Поширені обчислювальні програми залежать від низки сенсорних вузлів і мереж давачів, які збирають і передають контекстну інформацію, зокрема екологічні та фізіологічні дані на базові станції, що є вирішальним для надання цінних послуг у режимі реального часу [1]. У цьому контексті знати точні значення температури важливо у різних сферах, таких як розумні будівлі [2], медичні дослідження [3], розумне сільське господарство [4] та промислові процеси [5]. Точне та безперервне

вимірювання температури вважається критичним у харчовій промисловості для сертифікації безпечних продуктів найвищої якості [6].

Виробничий мікроклімат [2], як правило, відрізняється значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі, різноманітністю сполучень температури, вологості, рухомості повітря, інтенсивності випромінювання залежно від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем.

Управління процесом регулювання параметрів вимагає використання складних алгоритмів, багаторівневих систем керування технологічними процесами системи управління кліматом [3].

Однією з перспективних груп методів контролю характеристик приміщень є оптичні методи.

Оптичний неруйнівний контроль заснований на взаємодії світлового випромінювання з контрольованим об'єктом і реєстрації результатів цієї взаємодії. Методи, характерні для оптичного контролю, використовують електромагнітне випромінювання в діапазоні довжин хвиль у вакуумі від 10^{-5} до 10^3 мкм ($3 \cdot 10^{18} \dots 3 \cdot 10^{10}$ Гц), і охоплюють діапазони ультрафіолетового (УФ), видимого (В) та інфрачервоного (ІЧ) випромінювання. Об'єднуються вони між собою спільними методиками, способами і прийомами проведення контролю. В ряді випадків (виявлення дефектів малих розмірів, контроль тонких плівок, випробування голографічними і інтерференційними методами застосовуються методи, характерні для аналізу хвильових процесів. У цій частині методи оптичного контролю близькі до методів радіохвильового контролю, але при більшому відношенні геометричних розмірів до довжини хвилі аналогічні і величини, що несуть корисну інформацію [4]:

На рис. 1.5 наведено оптичні методи, які є перспективними для автоматизованого контролю характеристик повітря виробничих приміщень.

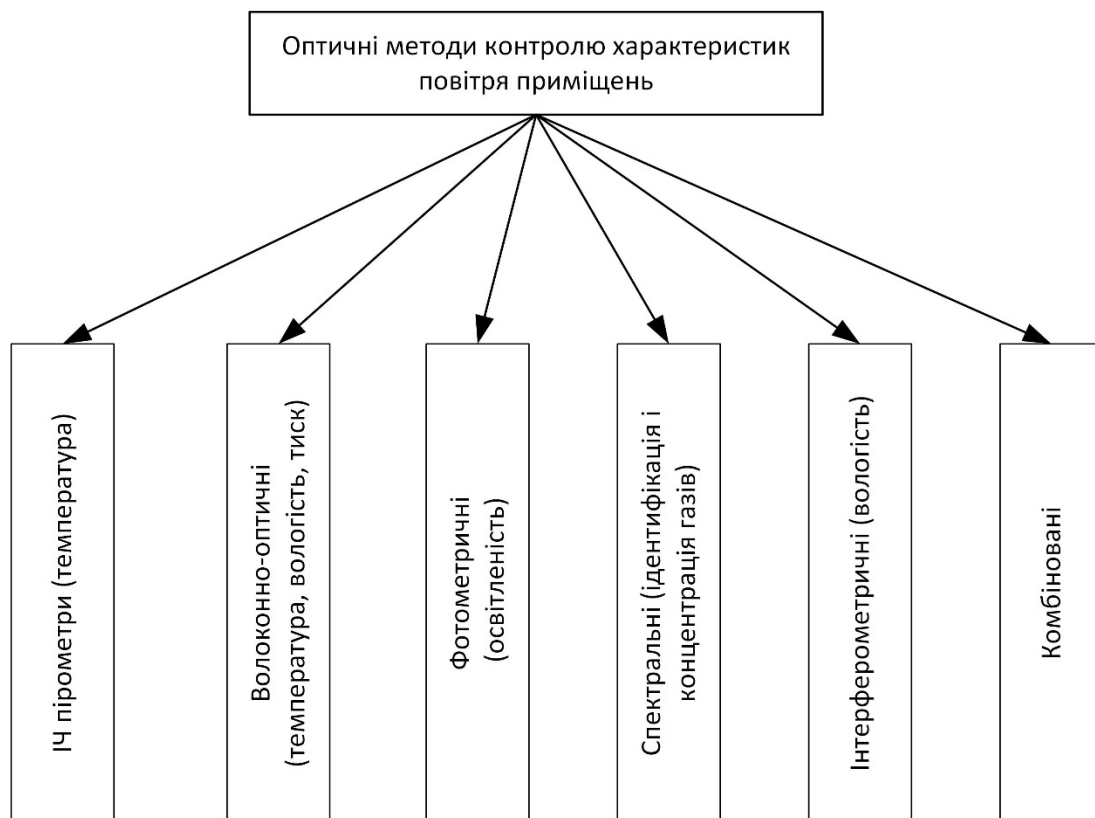


Рисунок 1.5 – Класифікація оптичних методів контролю повітря приміщень

Оптичні методи дослідження та контролю ґрунтуються на таких фізичних явищах, як відбиття, поглинання, інтерференція та дифракція світла.

Інтерференційний метод. Сутність інтерференційного методу полягає у отриманні інформації про об'єкт за утворенням у площині зображення відповідного розподілу інтенсивності та фази оптичного випромінювання при проходженні його через об'єкт (або у відбитому світлі).

Фотометричний метод. Цей метод ґрунтується на вимірі інтенсивності випромінювання, відбитого контрольованою структурою.

Спектральний метод. Спектральний метод заснований на отриманні інформації про досліджуваний виріб по спектральному складу оптичного випромінювання, що випускається, збудженого зовнішнім впливом, і по зміні спектрального складу проходить, відбитого і розсіяного випромінювання. Оптична спектроскопія належить до найважливіших використовуваних фізичних методів аналізу хімічного складу матеріалів. Для визначення елементного складу неорганічних матеріалів широко застосовується атомний спектральний аналіз: емісійний (дослідження спектрів випромінювання збуджених атомів) та

абсорбційний (дослідження спектрів поглинання атомів при їх збудженні) [5].

1.3 Переваги автоматизації клімат-контролю складських приміщень

При використанні автоматизованого клімат-контролю у складських приміщеннях ми отримуємо численні переваги, які досить значуще підвищують ефективність зберігання продукції а також знижують витрати на опалення та мінімізують ризики пошкодження товарів кліматичними умовами.

Основні переваги автоматизованого клімат-контролю :

- Оптимальні умови зберігання. Системи автоматизації забезпечують точне регулювання температури, вологості та вентиляції, що є критично важливим для збереження якості товарів, зокрема продуктів харчування, медичних препаратів і електроніки.
- Енергоефективність. Завдяки використанню датчиків, які реагують на зміну умов, автоматизовані системи економлять ресурси, оптимізуючи витрати на обігрів, охолодження та вентиляцію.
- Захист товарів від пошкоджень. Контроль кліматичних параметрів запобігає негативним явищам, таким як утворення плісняви, корозії чи псування продукції через несприятливі умови.
- Моніторинг в реальному часі. Можливість дистанційного контролю мікроклімату через комп'ютер або смартфон знижує необхідність у постійному очно присутньому персоналі.
- Інтеграція з іншими технологіями. Клімат-контроль може бути частиною єдиної системи управління складом (WMS) або безпекою, забезпечуючи централізоване керування всіма процесами.
- Покращення умов праці. Завдяки стабільному клімату працівники працюють у комфортних умовах, що позитивно впливає на продуктивність.
- Зниження витрат у довгостроковій перспективі. Хоча встановлення подібних систем вимагає інвестицій, вона дозволяє скоротити експлуатаційні витрати та мінімізувати втрати через псування продукції.

- Екологічність. Ефективне використання ресурсів дозволяє зменшити вуглецевий слід і сприяє екологічній стійкості підприємства.

Покращений контроль і моніторинг складських автоматизованих систем клімат-контролю пропонують додаткову перевагу у вигляді усунення несподіваних витрат на комунальні послуги щомісяця. Системи клімат-контролю дозволяють оптимізувати енергоефективність або постійну внутрішню температуру яка буде змінюватись динамічно з зовнішніми кліматичними умовами.

Системи клімат-контролю та не обмежуються контролем температури повітря. Вологість та рівень вуглекислого газу в приміщенні є важливим фактором продуктивності на робочому місці та збереження продуктів і інших матеріальних цінностей в належному вигляді.

Сформулюємо основні технічні вимоги до автоматизованих систем клімат-контролю для складських приміщень:

- Точність підтримання заданих параметрів: Температура, вологість, тиск повинні підтримуватися в межах встановлених норм для кожного виду товару.
- Надійність і довговічність: Система має працювати безперебійно протягом тривалого часу, мінімізуючи ризик поломок та збоїв.
- Гнучкість налаштувань: Можливість змінювати параметри системи в залежності від сезонних коливань та інших факторів.
- Енергоефективність: Оптимізація споживання енергії за рахунок використання сучасних технологій та інтелектуальних алгоритмів управління.
- Можливість інтеграції з іншими системами: Інтеграція з системами безпеки, контролю доступу, енергообліку для створення єдиної інтелектуальної системи управління складом.
- Легкість в управлінні: Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувача, можливість дистанційного моніторингу та управління системою.
- Безпека: Система повинна бути безпечною для персоналу та не завдавати шкоди довкіллю.

Економічна ефективність автоматизованих систем клімат-контролю обґрунтовується такими чинниками.

Автоматизація клімат-контролю на складах дозволяє зменшити витрати, пов'язані з втратами товарів через невідповідні умови зберігання, а також скоротити витрати на персонал для підтримки кліматичних умов. Крім цього, зниження споживання енергії за рахунок оптимізації параметрів роботи кліматичних систем сприяє економії коштів.

Автоматизовані системи клімат-контролю також допомагають знизити загальні витрати підприємства завдяки моніторингу й оптимізації споживання ресурсів, а також зменшенню втрат продукції, що покращує економічні показники підприємства в цілому.

Економічна ефективність є одним із ключових аргументів на користь впровадження автоматизованих систем клімат-контролю у складських приміщеннях. Такі системи не тільки забезпечують якісне зберігання продукції, але й сприяють зменшенню витрат підприємства, оптимізації використання ресурсів і підвищенню прибутковості. При впровадженні подібної системи відбувається зменшення витрат через псування продукції, не якісної оптимізації енергоспоживання а також зниження витрат на обслуговування обладнання для обігріву та кондиціонування завдяки автоматизованим системам клімат контролю обладнання працює з оптимальним навантаженням що знижує його знос.

Також можна підсумувати що в загальному подібні системи дозволяють досягти значної економії і являють собою інвестицію яка за короткий час зможе зменшити затрати на електроенергію або втрату продукції від несприятливих кліматичних факторів. Таким чином підвищується конкурентоспроможність підприємства.

1.4 Висновки до розділу 1

Проведений у розділі порівняльний аналіз методів контролю характеристик виробничих та інших приміщень свідчить про переваги та перспективність автоматизованих підходів, в тому числі з використанням оптичних методів для застосування у контролі якості повітря на виробництві та в домашніх умовах.

Технічні характеристики таких методів дозволяють використовувати їх також для комплексного контролю фізичних характеристик середовища за допомогою компактних датчиків та мікропроцесорних модулів у складі автоматизованої інформаційно-вимірювальної системи. На сьогоднішній день на ринку представлені багато виробників датчиків та готових рішень клімат-контролю приміщень, однак оперативний динамічний експрес-контроль у реальному часі повного комплексу характеристик дозволить розширити функціональні можливості засобів контролю та розширити кількість можливих областей його застосувань.

2 МЕТОДИ І СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ ПРИМІЩЕНЬ

2.1 Технічні вимоги до засобу контролю

Для вимірювання і контролю основних оптичних, електричних та енергетичних характеристик автоматизованого засобу клімат-контролю приміщень сформулюємо основні технічні вимоги:

1. Температурний датчик – інфрачервоний оптичний (пірометричний) із діапазоном вимірювання : $(0 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}) \pm 0,5^{\circ}\text{C}$;
2. Датчик вологості RH $(20-90\%) \pm 1\%$,
3. Датчик тиску $(300-1100\text{ кПа}) \pm 5\text{ кПа}$,
4. Датчик чистоти повітря і вмісту CO_2 $(0-5000\text{ ppm}) \pm 10\text{ ppm}$;
5. Датчик освітленості – фотометричний $(0-1000\text{ лкс}) \pm 1\text{ лкс}$
6. Блок контролю – мікропроцесорний ESP8266 NodeMCU з Wi-Fi,
7. Електробезпека;
8. Простота в користуванні, ергономічність.

Таким чином, засіб контролю має реєструвати та зберігати інформацію про результати вимірювань з усіх датчиків, обробляти їх та здійснювати контроль за принципом норма/відсутність норми та взаємодіяти з іншими виконавчими засобами (реле або ін.) для підтримки характеристик середовища у приміщенні в робочих межах (включати кондиціонер, нагрівач, осушувач повітря, додавати освітленість тощо).

Узагальнений метод контролю параметрів одного з вимірювальних каналів системи клімат-контролю та інших характеристик середовища у приміщенні наведено на рис. 2.1. Інші канали функціонують аналогічно.

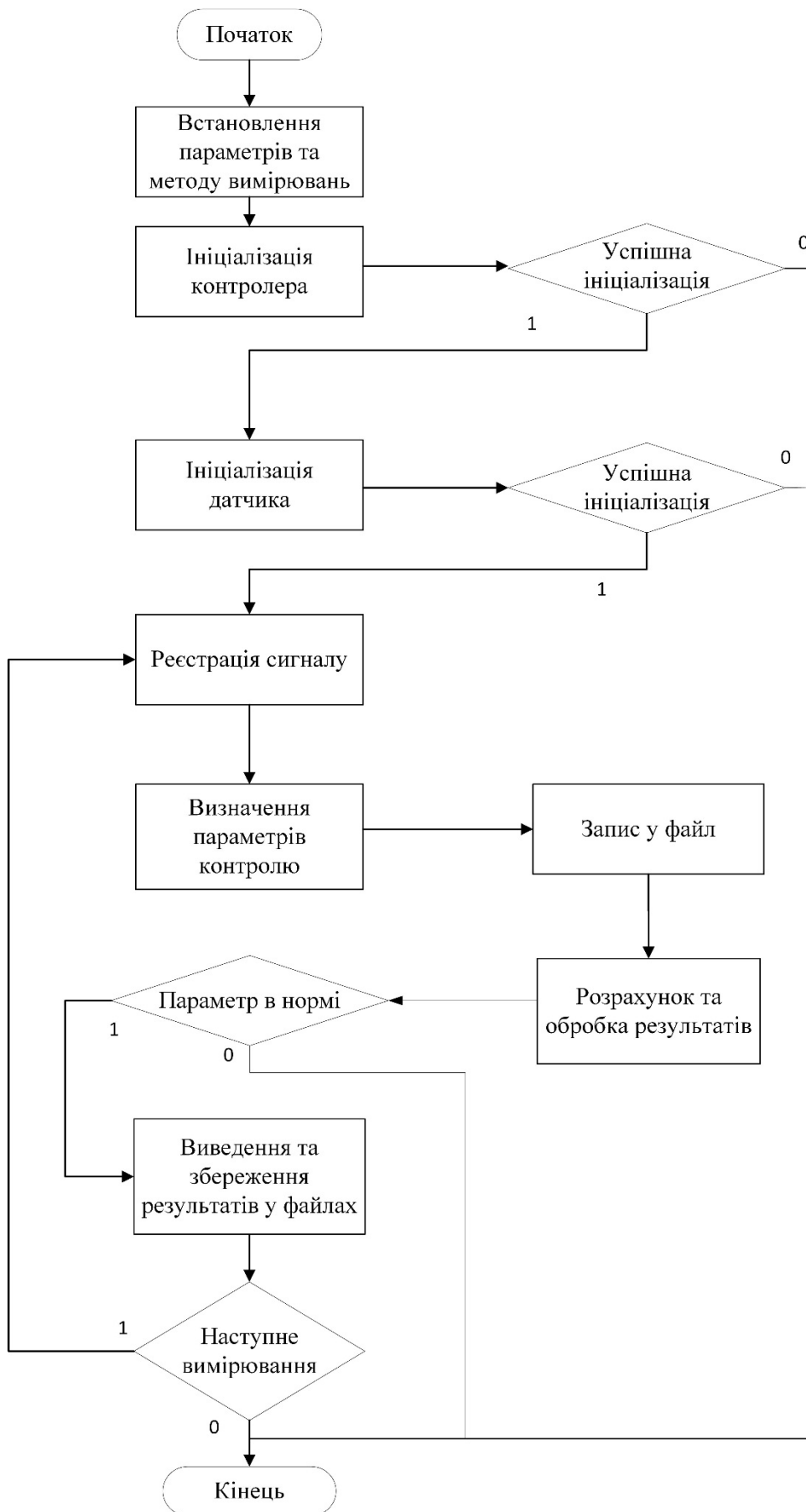


Рисунок 2.1 Узагальнена схема клімат-контролю (один канал)

2.2 Розробка структурно-функціональної схеми пристрою

Розглянемо структурну схему системи автоматизованого клімат-контролю, яка побудована на взаємодії між мікроконтролером та датчиками, що передають дані для їх подальшої обробки.

У системі використовуються датчики різних типів: температури, рівню вуглекислого газу, вологості та атмосферного тиску. Розроблена принципова схема пристрою дозволяє візуалізувати набір необхідних елементів та їхню взаємодію.

Створення принципової схеми цього пристрою дозволить продемонструвати склад та функціонування всіх необхідних компонентів. Структурна схема представлена на рисунку 2.2.

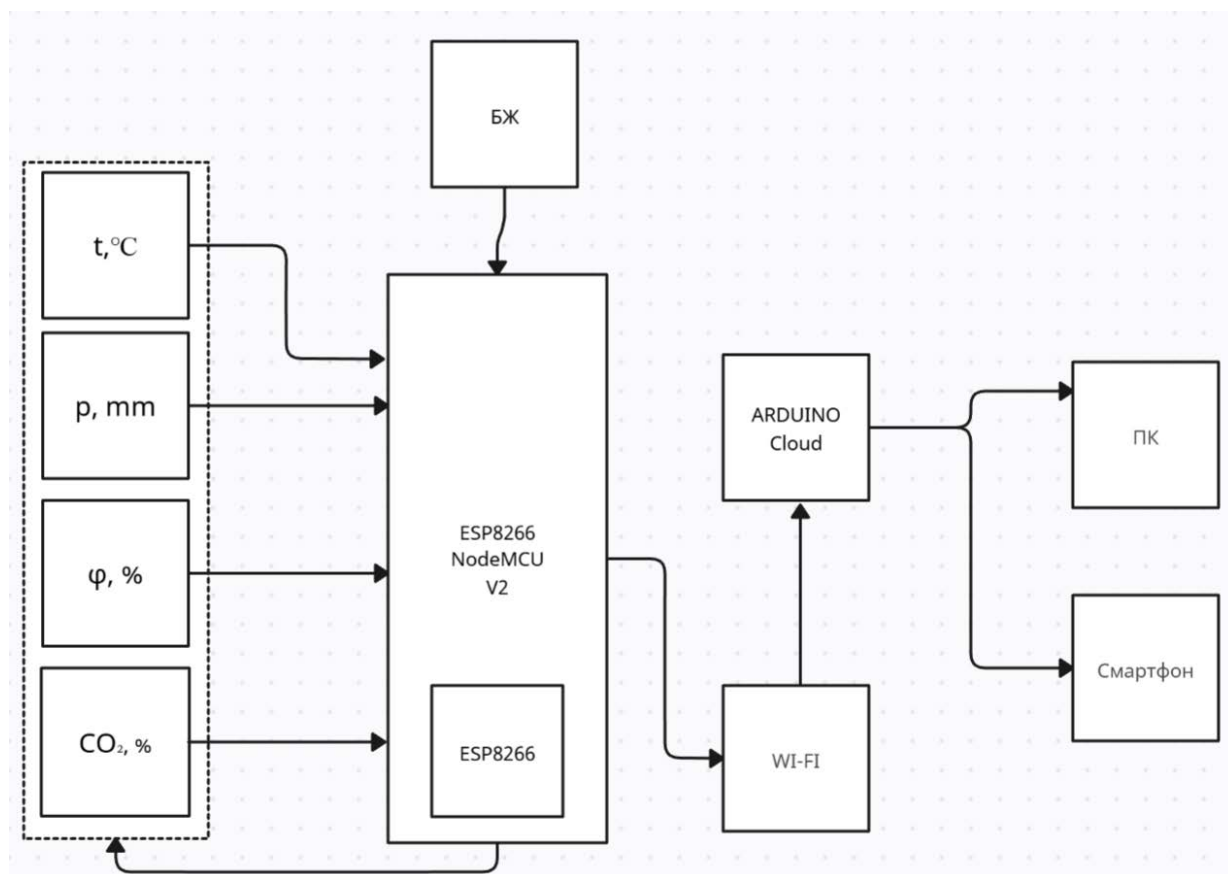


Рисунок 2.2 – Структурна схема автоматизованої ІВС клімат-контролю

Основою розробки є мікроконтролер ESP8266 NodeMcu v2, який взаємодіє з блоком датчиків, що включає датчики вуглекислого газу, температури, вологості та тиску, а також (за потреби) - освітленості.

Для роботи пристрою необхідно підключити такі функціональні блоки:

- Блок живлення (БЖ) — один із ключових елементів, інтегрований у головну плату, забезпечує електроживлення як самої плати, так і всіх підключених до неї компонентів.
- Блок датчиків — комплекс датчиків, призначений для збору даних із навколишнього середовища.
- ESP8266 — модуль WI-FI, який використовується для збору та передачі інформації.
- Роутер (WI-FI) — пристрій, що забезпечує зв'язок між пристроєм і зовнішніми приладами, такими як ПК, ноутбуки чи смартфони.
- ESP8266 NodeMcu v2 — мікроконтролер який відповідає за управління всією системою, обробкою інформації із датчиків та передачу цієї інформації в мережу.

2.3 Обґрунтування вибору та опис мікроконтролера для ІВС автоматизованого клімат-контролю

Однією з ключових компонентів будь-якої автоматизованої системи є мікроконтролер, який виконує роль центрального елемента при управлінні приладом. [14] Для проекту автоматизованої системи клімат-контролю необхідно вибрати мікроконтролер який зможе забезпечити збирання даних з датчиків і подальшу обробку та передачу даних з датчиків і при подальшому вдосконаленні системи також повинна мати змогу керувати виконавчими модулями для корегування кліматичних умов.

Основними критеріями вибору є:

- Наявність вбудованого модуля зв'язку для роботи з мережею Wi-Fi.
- Достатня обчислювальна потужність для обробки даних з декількох датчиків у реальному часі.
- Компактність і низьке енергоспоживання.

- Висока сумісність із популярними датчиками температури, вологості, тиску та іншими компонентами.
- Простота програмування та наявність великої спільноти користувачів для підтримки.

На основі цих параметрів вирішено обрати саме цей мікроконтролер ESP8266 NodeMcu v2, тому що цей контролер відповідає всім вимогам і має низку переваг, які зробили його оптимальним рішенням для даної системи. Мікроконтролер ESP8266 NodeMcu v2 — це компактна і потужна платформа для розробки IoT-проектів[19].

Основні характеристики пристрою:

Процесор: 32-бітний Tensilica L106, що працює з частотою до 160 МГц, забезпечує достатню продуктивність для виконання обчислень у реальному часі що досить важливо для системи клімат контролю яка збирає дані в реальному часі.

Пам'ять: 4 МБ флеш-пам'яті для зберігання прошивки та даних, а також 80 КБ оперативної пам'яті для обробки даних.

Wi-Fi: Інтегрований модуль Wi-Fi яка підтримує стандарт 802.11 b/g/n і дозволяє підключати пристрій до мережі Інтернет або локального роутера для передачі даних.

Інтерфейси: Наявність GPIO, I2C, SPI, UART дає змогу підключати різнотипні датчики, модулі і виконавчі механізми.

Енергоспоживання: має змогу використовувати енергоефективні режими роботи, що дає можливим працювати пристрою певний час автономно.

Програмування: Підтримка популярних середовищ розробки, таких як Arduino IDE, PlatformIO, та наявність великої бази прикладів і бібліотек спрощують розробку пристрою.

Переваги ESP8266 NodeMcu v2 для клімат-контролю:

- Wi-Fi модуль: Забезпечує передачу даних в реальному часі про стан клімату та отримання команд від користувача або іншої в подальшому інтегрованої системи.
- Сумісність із датчиками: Легко інтегрується з популярними датчиками температури, вологості, тиску та іншими модулями.

- Можливість розширення: Додаткові порти GPIO дозволяють підключити виконуючі механізми, такі як модулі для управління обігрівачами, вентиляторами або кондиціонерами чи регуляторами вологості.

- Доступність: Низька вартість та велика кількість навчальних матеріалів роблять ESP8266 NodeMcu v2 ідеальним для освітніх і дослідницьких проєктів.

Мікроконтролер ESP8266 NodeMcu v2 є найкращим вибором для розробки інформаційно-вимірювальної системи автоматизованого клімат-контролю завдяки своїй високій функціональності, продуктивності та легкості інтеграції. Його технічні можливості повністю задовольняють вимоги проєкту, забезпечуючи ефективний збір, обробку та передачу даних з різнотипних датчиків, а також управління виконавчими пристроями для створення та підтримки комфортного мікроклімату.

Відповідно до завдання, пристрій побудовано на основі відлагодженої макетної плати NodeMCU ESP8266 V2.

NodeMCU ESP8266 V2— це контролер із відкритим вихідним кодом, розроблений для застосувань в інтернеті речей (IoT). Він поєднує прошивку на основі SoC ESP8266 Wi-Fi від Espressif Systems і апаратну платформу, оптимізовану для модуля ESP-12E. Завдяки цьому плату можна програмувати як у середовищі Lua, так і за допомогою Arduino IDE.

NodeMCU може працювати як точка доступу Wi-Fi або підключатися до існуючих мереж. Плата оснащена одним аналоговим входом, 16 цифровими портами введення/виведення, і використовує такі інтерфейси як: SPI, UART, I2C. Мікроконтролер має 128 КБ оперативної пам'яті та 4 МБ флеш-пам'яті для зберігання даних та прошивки.

Завдяки високій продуктивності, вбудованим функціям Wi-Fi та Bluetooth, а також підтримці режиму глибокого сну, NodeMCU ідеально підходить для проєктів IoT. [2] Основні застосування включають прототипування IoT-пристроїв, модулі з акумуляторним живленням і проєкти, що потребують Wi-Fi та Bluetooth-з'єднання.

Модуль ESP8266 має вбудований репітер Wi-Fi (802.11b/g/n HT40), що дозволяє йому не лише підключатися до інтернету, але й створювати власну Wi-Fi мережу, до якої можуть підключатися інші пристрої. Це значно розширює можливості NodeMCU.

Плата може житися через роз'єм Micro USB або через контакт VIN (зовнішнє живлення). Як і в платах Arduino, NodeMCU оснащено світлодіодом, підключеним до виводу D0 (GPIO2), а також двома кнопками:

- RST (у нижньому лівому куті) — використовується для скидання мікроконтролера ESP8266.
- FLASH (у нижньому правому куті) — можна використовувати для завантаження прошивки через вивідний порт GPIO0.

Завдяки цим технічним характеристикам NodeMCU ESP8266 V2 є зручним і універсальним рішенням для створення IoT-пристроїв.

Таблиця 2.1–Технічні характеристики NodeMCU ESP8266 V2

Оперативна пам'ять	128кб
Флеш-пам'ять	4Мб
Ядро	32-бітне Tensilica L106
Тактова частота	2.4 МГц
Підтримка PWM	так
Режими роботи Wi-Fi	STA (станція), AP (точка доступу), STA+AP
Протоколи WI-FI	TCP/IP, HTTP, MQTT.
Підтримка протоколів	I2C,SPI,UART
Енергоспоживання	Робочий режим 70-200 мА, режим глибокого сну 10 мкА
Аналогові входи	2
Робоча напруга	3.3
Цифрові виводи входи/виходи	16
Роз'єм(програмування,живлення)	Micro USB
розмір	48x26мм
Додаткові компоненти	вбудований світлодіод, кнопка RST, кнопка Flash.

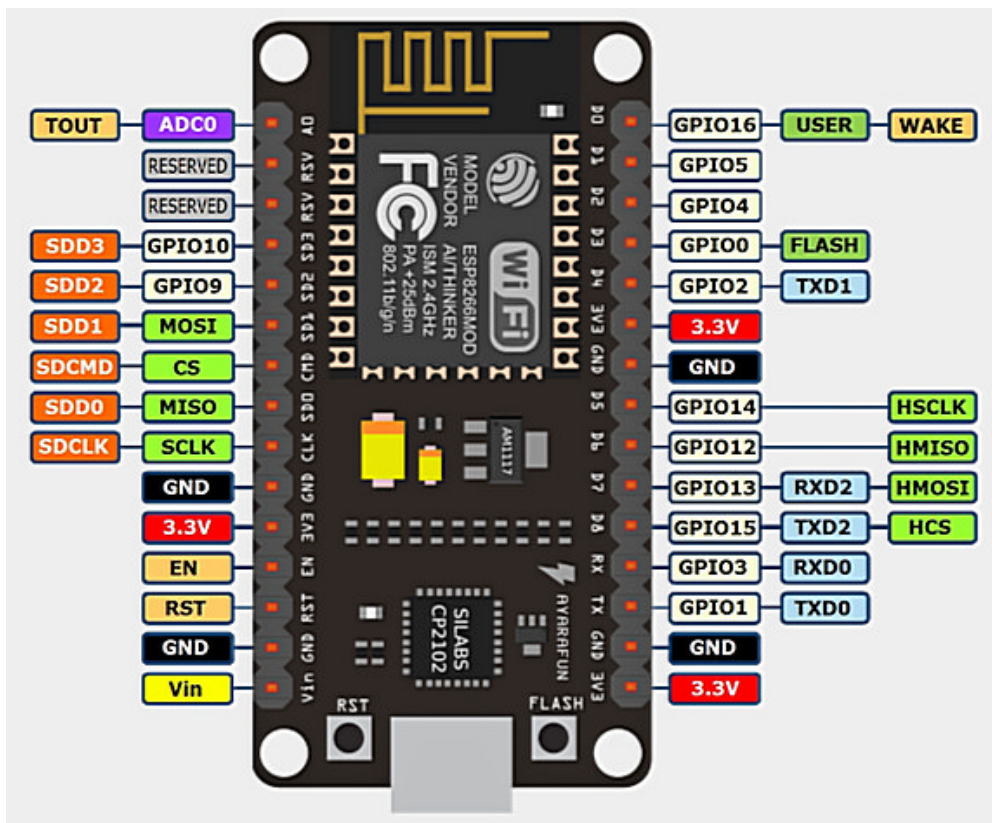


Рисунок 2.3 – Розміщення виводів мікроконтролера NodeMCU ESP8266 V2

Призначення контактів NodeMCU ESP8266 V2:

VIN — використовується для живлення плати від зовнішнього джерела.

3V3 і GND — виводи внутрішнього стабілізатора напруги, які можуть забезпечувати живлення для зовнішніх пристроїв.

RST — використовується для перезавантаження пристрою мікроконтролера ESP8266 V2 у випадку некоректної роботи.

EN — активує мікросхему при високому рівні сигналу; при низькому рівні мікросхема переходить у режим енергозбереження.

Контакти CLK (GPIO6), SDO (GPIO7), CMD (GPIO11), SD1 (GPIO8), SD2 (GPIO9), SD3 (GPIO10) підключені до Flash-пам'яті модуля ESP-12E, тому їх не рекомендується використовувати для інших завдань.

PSW — зарезервовані контакти.

A0 — вхід для вбудованого 10-розрядного аналого-цифрового перетворювача (АЦП).

TX (GPIO1), RX (GPIO3) — Використовуються для прошивки та обміну даними з комп'ютером через послідовний порт.

D0 (GPIO16), D1 (GPIO5), D2 (GPIO4), D3 (GPIO0), D4 (GPIO2), D5 (GPIO14), D6 (GPIO12), D7 (GPIO13), D8 (GPIO15) — цифрові контакти, призначені для підключення зовнішніх пристроїв.

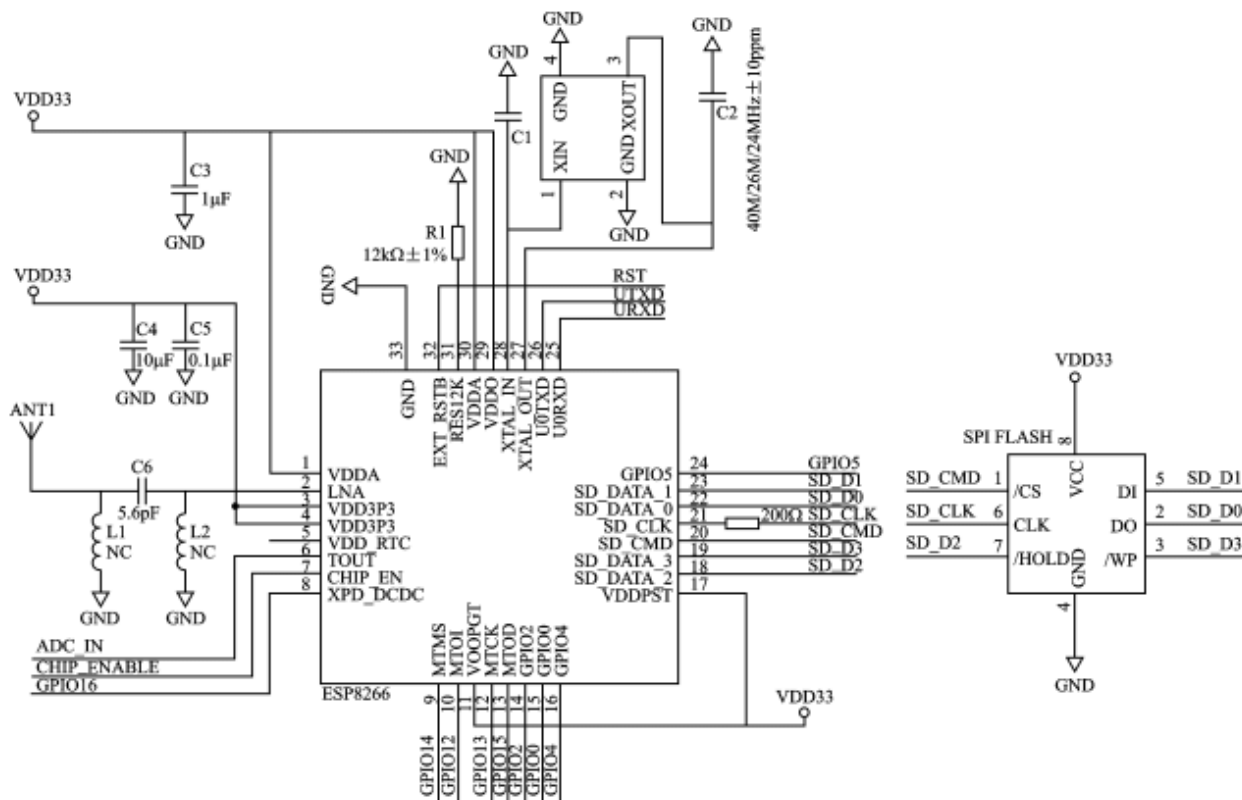


Рисунок 2.4 – Принципова схема мікроконтролера NodeMCU ESP8266 V2

2.4 Робочі інтерфейси Arduino

UART, I2C і SPI — являють собою одні з найбільш поширених і базових апаратних інтерфейсів, які широко використовуються інженерами та розробниками при створенні мікроконтролерів. Ці інтерфейси також інтегровані в платформи Arduino, забезпечуючи ефективне підключення периферійних пристроїв.

UART (універсальний асинхронний прийом-передача) є протоколом послідовного зв'язку, що забезпечує взаємодію Arduino з іншими пристроями з послідовним інтерфейсом. UART забезпечує двонаправлену, асинхронну передачу даних. Цей інтерфейс доступний на всіх платах сімейства Arduino, що

дає змогу пристроям проводити обмін даними з комп'ютером за допомогою вбудованого перетворювача USB-послідовного порту.

Для використання програмного забезпечення, написаного для майже усіх операційних систем, плату Arduino достатньо підключити через USB-порт, який емулює послідовний порт, забезпечуючи просту і зручну інтеграцію.

Плюси використання інтерфейсу UART з Arduino:

- Простота використання: Інтерфейс легко освоїти та застосовувати з Arduino, завдяки широкій документації та підтримці спільноти.
- Відсутність потреби в годинниковому сигналі: UART не вимагає синхронізації між пристроями, що спрощує його реалізацію.
- Мінуси використання інтерфейсу UART з Arduino:
- Низька пропускна здатність: У порівнянні з I2C та SPI, швидкість передачі даних UART є меншою.
- Обмеження на синхронізацію: Для уникнення втрати даних швидкість передачі обох UART-пристроїв має відрізнятися не більше ніж на 10%.
- Неможливість роботи з кількома пристроями: UART не підтримує багатопровідні системи (наприклад, з кількома Arduino або підлеглими пристроями).

Figure 295. IrDA data modulation (3/16) -normal mode

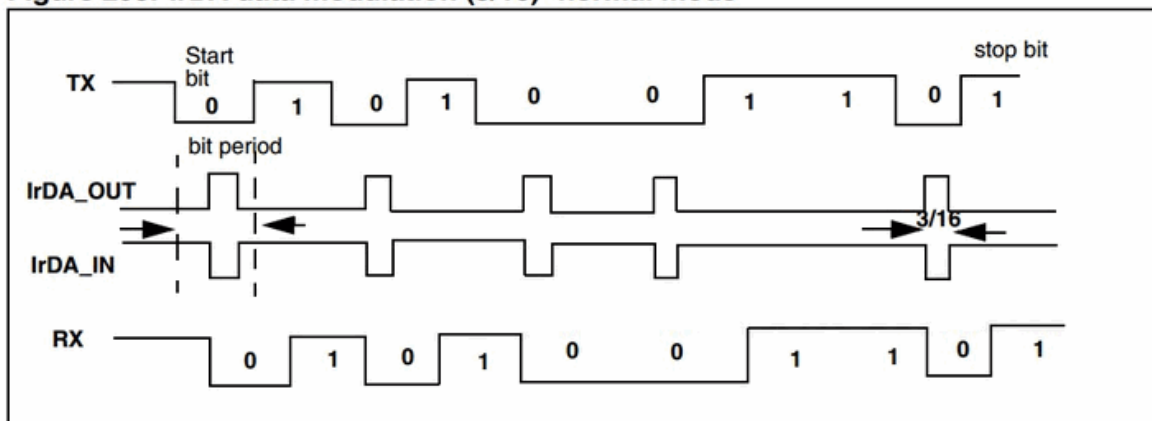


Рисунок 2.5 – Схема роботи протоколу UART

I2C (Inter-Integrated Circuit) — це інтерфейс послідовного зв'язку, розроблений спеціально для мікроконтролерів. На відміну від UART, I2C не використовується для підключення до комп'ютера, але ідеально підходить для взаємодії з датчиками та іншими периферійними пристроями. Це двонаправлена

синхронна шина, яка використовує всього два контакти для взаємодії з датчиками або передачі інформації.

I2C є особливо корисним у проектах Arduino, де необхідно підключати та координувати роботу численних компонентів, таких як датчики, розширювачі портів чи драйвери. Цей інтерфейс дозволяє підключати до 128 пристроїв на одній шині, забезпечуючи стабільний і впорядкований зв'язок між материнською платою і підключеними модулями.

Плюси використання I2C з Arduino:

- Необхідно мінімум контактів: Навіть при підключенні багатьох пристроїв шина потребує лише два сигнальні контакти.
- Підтримка багатомайстерної конфігурації: Дозволяє взаємодію кількох провідних пристроїв (наприклад, одночасне підключення Arduino та Raspberry Pi).
- Економія проводів: Для передачі даних використовується лише два дроти (SDA і SCL).
- Гнучкість: Може адаптуватися до різних характеристик підключених пристроїв.

Мінуси використання I2C з Arduino:

- Нижча швидкість передачі: У порівнянні зі SPI, швидкість I2C обмежена через використання підтягуючих резисторів.
- Обмеження конструкції з відкритим стоком: Це обмежує максимальну швидкість зв'язку.
- Збільшення розміру схеми: Використання підтягуючих резисторів займає додаткове місце на платі.
- Складність при масштабуванні: Збільшення кількості підключених пристроїв може ускладнити реалізацію системи.

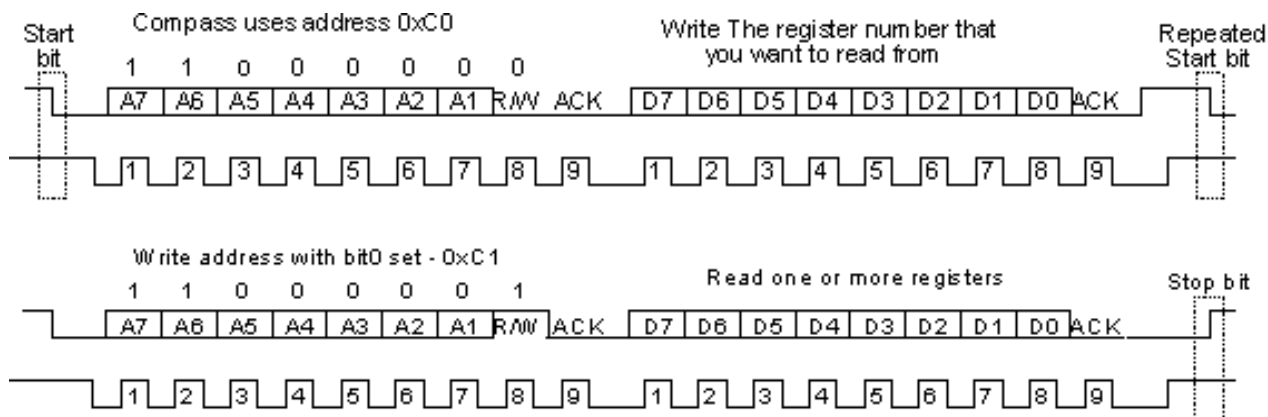


Рисунок 2.5 – Схема роботи протоколу I2C

SPI (Serial Peripheral Interface) — це високошвидкісний синхронний протокол, який часто використовується для з'єднання мікроконтролерів з периферійними пристроями. На відміну від I2C, SPI працює в повнодуплексному режимі, забезпечуючи одночасну передачу і прийом даних.

У порівнянні з UART і I2C, SPI забезпечує значно вищу пропускну здатність, яка може досягати 8 Мбіт/с і більше, завдяки простій структурі протоколу. Лінії даних і годинника спільні для всіх пристроїв у системі, але кожен підлеглий пристрій вимагає окремого адресованого контакту.

SPI найкраще використовувати в пристроях, де потрібна висока швидкість передачі даних, наприклад, для роботи з SD-картами, модулями, дисплеями або пристроями, які постійно оновлюють інформацію, такими як термометри.

Обмеженням SPI є те, що він підтримує лише одного головного пристрою (наприклад, Arduino) і максимум 4 підлеглих пристроїв.

Плюси SPI:

- Простота протоколу: Відсутність складної адресації підлеглих пристроїв, як у I2C, робить SPI легшим для впровадження.
- Висока швидкість: SPI є найшвидшим серед протоколів UART та I2C, надаючи надійну та швидку передачу даних.
- Безперервна передача даних: Відсутність стартових і стопових бітів (як у UART) дозволяє передавати дані безперервно.

Мінуси SPI:

- Займає більше контактів: Для роботи потрібно чотири лінії (MOSI, MISO, SCLK, NSS), що обмежує кількість підключених пристроїв (1 головний і до 4 підлеглих).
- Відсутність управління потоком: Немає механізму підтвердження отримання даних, що присутнє в I2C.
- Обмежений механізм перевірки: SPI не має вбудованої перевірки помилок, як це реалізовано в UART.

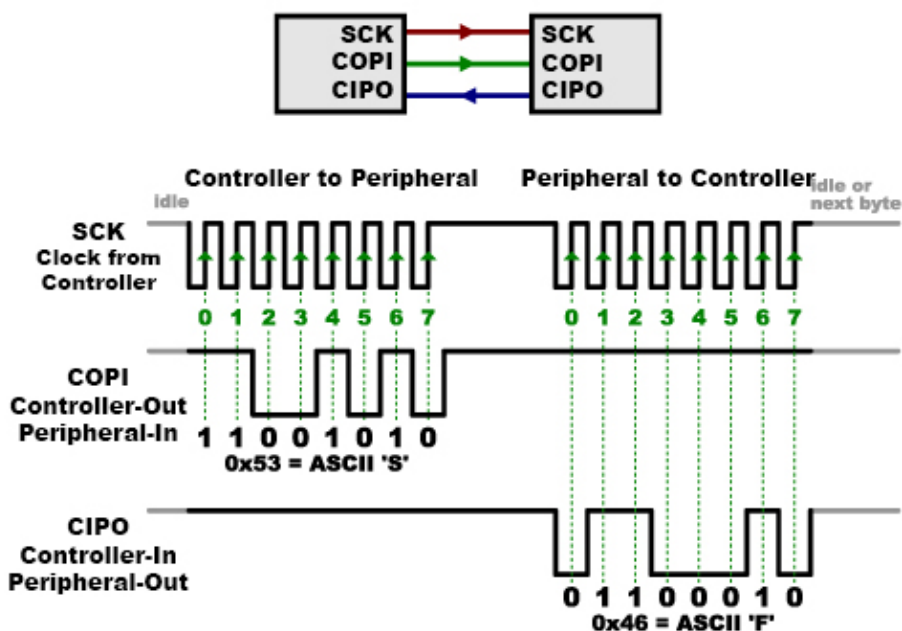


Рисунок 2.6 – Протокол роботи SPI

Однодротовий інтерфейс 1-Wire є інформаційною мережею, призначеною для цифрового зв'язку, яка використовує лише одну лінію для передачі даних. Для створення такої мережі можна використовувати звичайну неекрановану виту пару або навіть звичайний кабель для телефонного зв'язку.

Переваги:

- Простота протоколу: Легкий у реалізації та використанні.
- Зручна структура зв'язку: Мінімальні вимоги до кількості проводів.
- Низьке енергоспоживання: Підходить для енергоефективних проектів.
- Доступність: Технологія є дуже дешевою у впровадженні.

- Дальність підключення: Датчики можуть бути встановлені на значній відстані від мікроконтролера.
- Гнучкість: Легке налаштування та зміна конфігурації мережі.
- Недоліки:
- Низька швидкість передачі: Не підходить для високошвидкісного обміну даними.
- Обмеженість виробників: Пристрої з підтримкою 1-Wire виробляє лише компанія Dallas Semiconductor.
- Складність синхронізації: Інтерфейс вимагає програмної реалізації для обробки даних, що ускладнює завдання.
- Погана завадостійкість: При роботі на великих відстанях інтерфейс стає чутливим до перешкод.

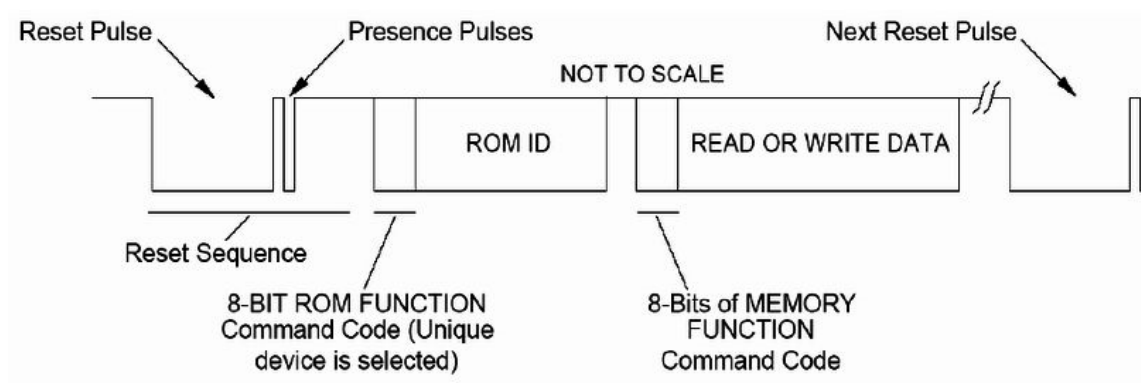


Рисунок 2.7 – Схема протоколу роботи 1-wire

2.5 Характеристики датчиків контролю ІВС

В роботі для реалізації інформаційно-вимірювальної системи автоматизованого клімат-контролю використовуються чотири типи датчиків: BMP280, DS18B20, DHT11 і TEMT6000. Кожен з них виконує свої функції для вимірювання параметрів навколишнього середовища, таких як температура, вологість, освітленість та рівень вуглекислого газу. Нижче будуть наведені технічні характеристики, принципові схеми, схеми підключення і особливості кожного з цих датчиків.

CCS811 - це цифровий датчик газу, розроблений для точного виявлення та кількісного визначення широкого спектра летких органічних сполук (ЛОС) у

повітрі. Його архітектура та функціональність роблять його корисним інструментом для різноманітних пристроїв, від моніторингу якості повітря в приміщеннях до розробки портативних пристроїв для виявлення шкідливих речовин. [17]

Ключові особливості та переваги:

- Металооксидний сенсор: Використання металооксидного сенсора забезпечує високу чутливість до ЛОС, що дозволяє виявляти навіть незначні концентрації шкідливих речовин.
- Мікроконтролер на борту: Вбудований мікроконтролер виконує аналого-цифрову конвертацію сигналу, обробку даних та керування режимами роботи датчика. Це спрощує інтеграцію CCS811 в різні системи.
- Інтерфейс I2C: Стандартний інтерфейс I2C забезпечує зручну комунікацію з мікроконтролером системи.
- Низьке енергоспоживання: Оптимізовані режими роботи дозволяють досягати тривалого часу експлуатації при автономному живленні пристрою.
- Висока точність вимірювань: Завдяки використанню інтелектуальних алгоритмів обробки даних, CCS811 забезпечує високу точність вимірювання концентрації ЛОС.
- Компактні розміри: Малі габарити дозволяють легко інтегрувати датчик в різні пристрої, випускається в 10 вивідному корпусі розміром 2.7x4.0x1.1 мм.

Принцип роботи

- Виявлення ЛОС: Молекули ЛОС, потрапляючи на поверхню металооксидного сенсора, змінюють його електричну провідність.
- Перетворення сигналу: Зміна провідності перетворюється в аналоговий сигнал.
- Обробка сигналу: Вбудований мікроконтролер оцифровує аналоговий сигнал і виконує його обробку за допомогою спеціальних алгоритмів.
- Виведення даних: Оброблені дані передаються через інтерфейс I2C на зовнішній мікроконтролер.

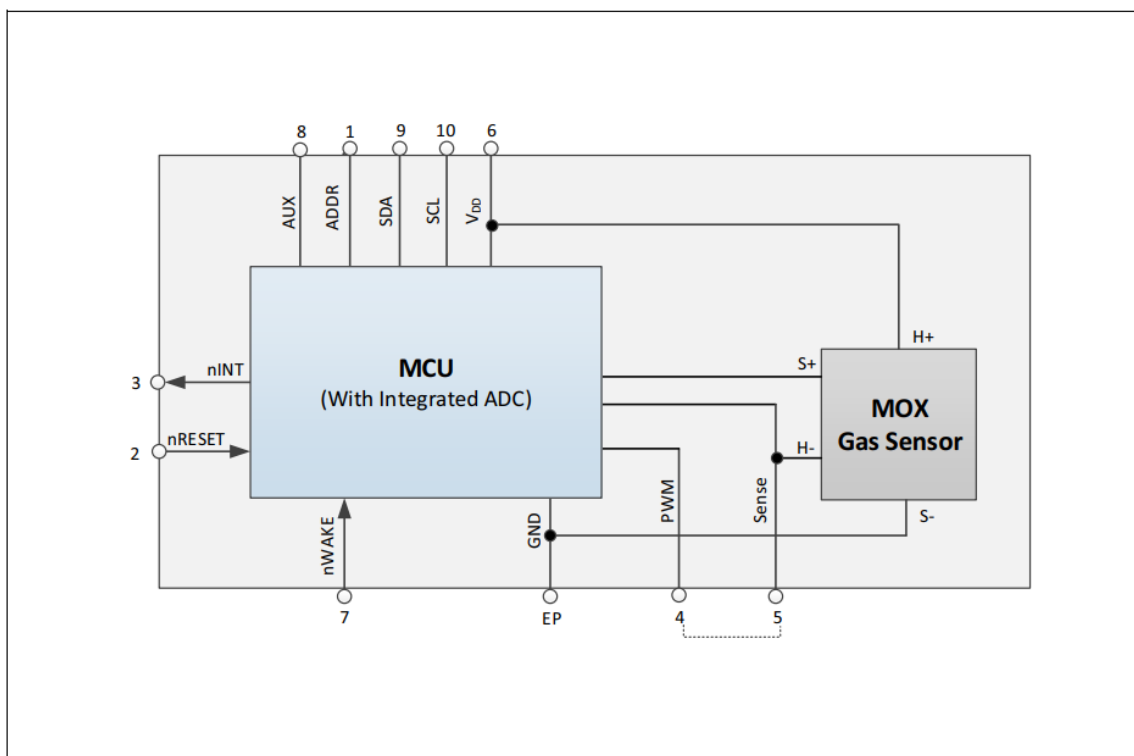


Рисунок 2.8 – Електрична принципова схема CCS811

Таблиця 2.2 – Характеристики CCS811

Напруга живлення	1.8v	3.6v
Струм живлення		30 мА
Споживча потужність		60мВт
Робоча температура	-5	50
Температура зберігання	-40	125
Максимальна відносна вологість	10%	95%
Сенсорні властивості	Спирти, альдегіди, кетони, органічні, кислоти, аміни, вуглекислий газ	
Перехресна чутливість	вологість	водень

Режими роботи;

- Early-Life Use (Burn-In)- початковий режим роботи, опір датчику змінюється протягом перших 48 годин роботи, тому бажано перед використанням

CCS811 щоб датчик пропрацював 48 годин у вибраному режимі і переконатись що характеристики датчика стабільні.

- Conditioning Period (Run-In)- це режим роботи який настає перед вимірюванням легких органічних сполук або після тривалого простою

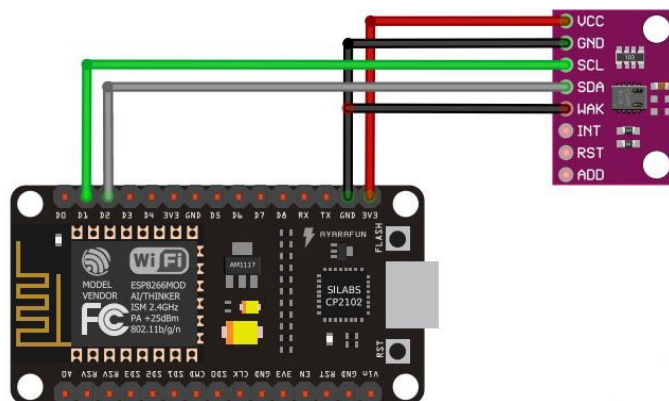


Рисунок 2.9 – Схема підключення CCS811 до Arduino

DHT11 - це недорогий цифровий датчик для вимірювання температури та вологості. Цей датчик можна легко підключити до будь-якого мікроконтролера, такого як Arduino, Raspberry Pi для миттєвого вимірювання вологості та температури.

Датчик вологості і температури DHT11 доступний як у вигляді датчика, так і у вигляді модуля. Різниця між датчиком і модулем полягає в підтягуючому резисторі і світлодіоді який сигналізує про увімкнення. DHT11 - це датчик відносної вологості. Для вимірювання вологості навколишнього повітря цей датчик використовує термістор і ємнісний датчик вологості. [17]

Датчик DHT11 складається з ємнісного чутливого елемента для вимірювання вологості та термістора для вимірювання температури. Конденсатор для вимірювання вологості має два електроди з підкладкою, що утримує вологу, як діелектрик між ними. Зі зміною рівня вологості відбувається зміна величини ємності. Мікросхема вимірює, обробляє зміну значення опору і перетворює його в цифрову форму. Для вимірювання температури в цьому датчику використовується термістор з від'ємним температурним коефіцієнтом, що спричиняє зменшення його опору при підвищенні температури. Щоб отримати

більше значення опору навіть при найменшій зміні температури, цей датчик зазвичай складається з напівпровідникової кераміки або полімерів.

Таблиця 2.3 – Характеристики датчика DHT11

Робоча напруга	3.5-5.5V
Струм живлення	2.5 мА
Струм живлення	В режимі вимірювання 0.3А в режимі очікування 0.006 А
Діапазон вимірювання вологості	20-80% з точністю в 5%
Температурний діапазон вимірювання	0-50° з точністю в 2%
Частота дискретизації	1 Гц

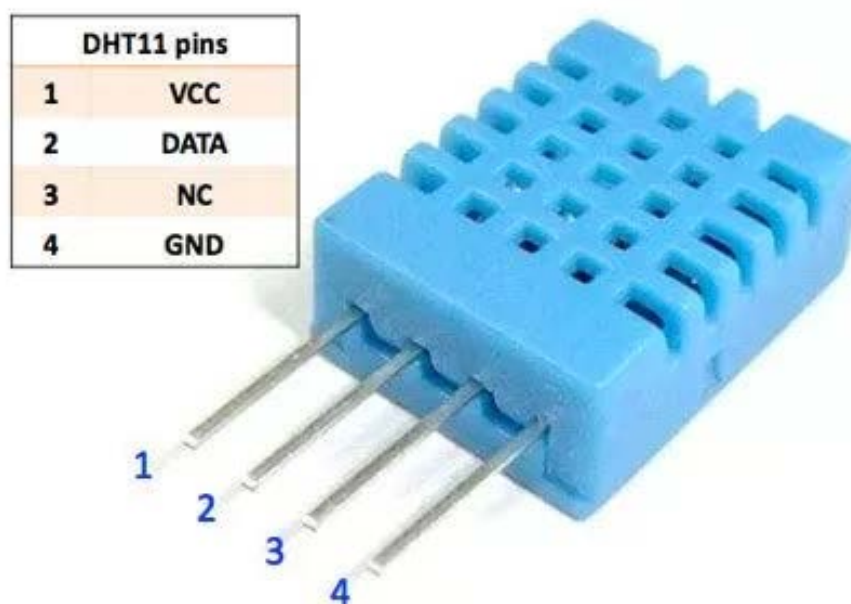


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд та схема модуля DHT11

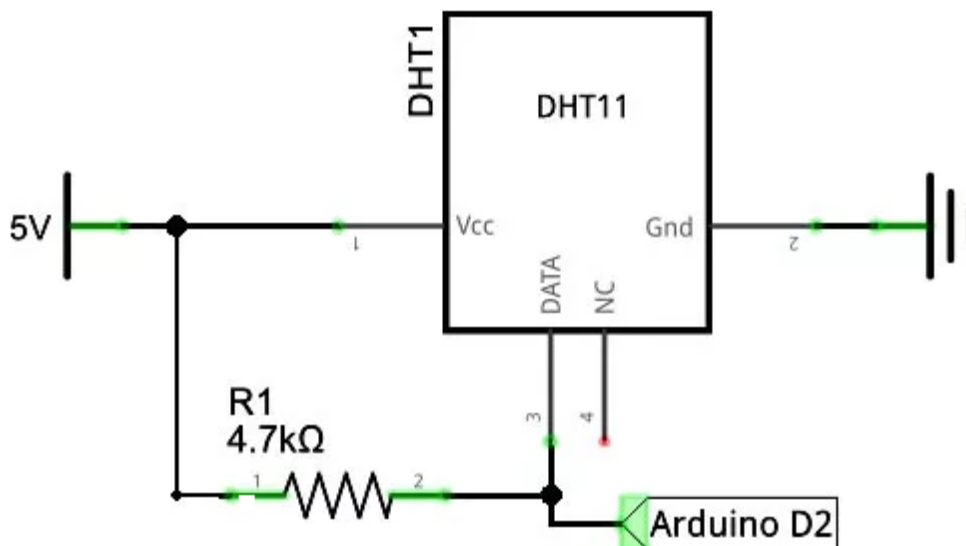


Рисунок 2.10 – Принципова схема DHT11

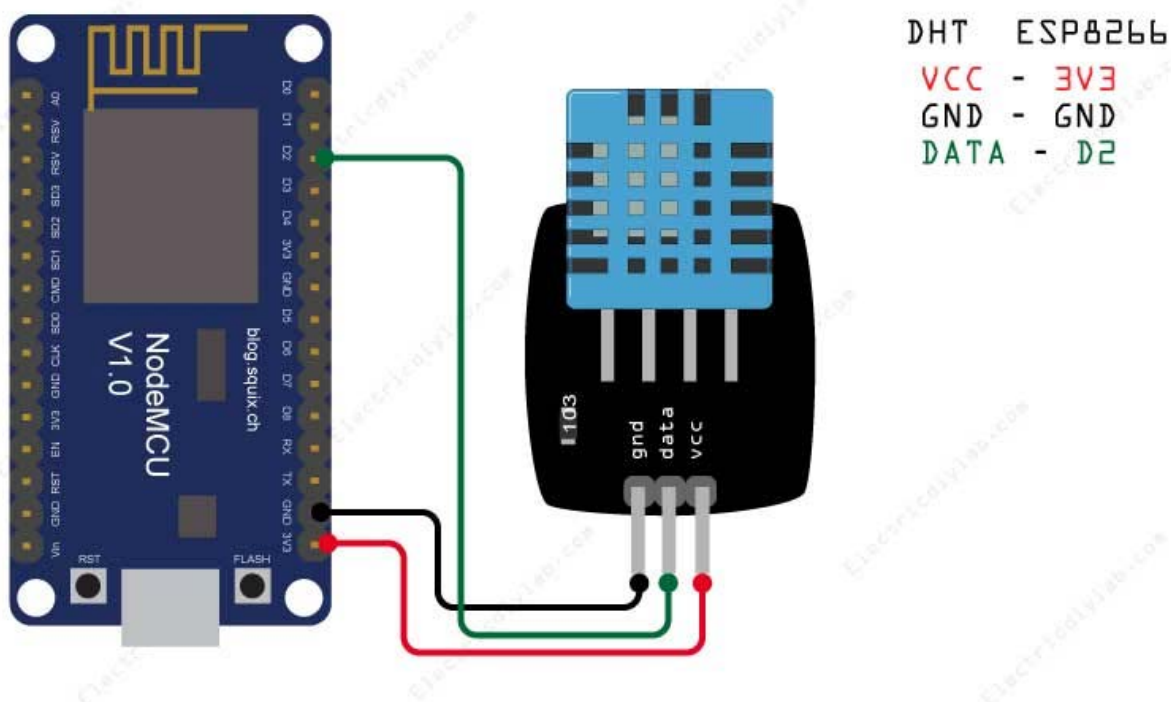


Рисунок 2.11 – Підключення DHT11 до nodemcu esp8266 v2

BMP280 – являє собою досить сучасний датчик навколишнього середовища, серед бюджетних та доступних на ринку. BMP280 базується на перевірній технології п'єзорезистивного датчика тиску BOSH. Він з високою точністю може вимірювати температуру, тиск та вологість. Завдяки низькому енергоспоживанню

та надійній роботі цей датчик можна використовувати у портативних пристроях. Він широко використовується для вимірювання висоти над рівнем моря також його можна використовувати як тепловий сенсор в будівлях оскільки має змогу вимірювати коливання температури в середині замкнутих приміщень. BMP280 використовує цифровий інтерфейс I2C з високою роздільною здатністю забезпечує точний контроль над передачею інформації, на відміну від Bluetooth Low Energy забезпечує надійну та тривалу роботу завдяки цілісності сигналу.

Датчик підтримує три режими роботи;

- NORMAL – у цьому режимі модуль періодично прокидається, проводить необхідні вимірювання й знову переходить у режим сну. Частота вимірювань задається програмно, а результати можуть зберігатися або зчитуватися за потреби.

- SLEEP – режим із мінімальним споживанням енергії.

- FORCED – у цьому режимі модуль активується подачею зовнішнього керуючого сигналу. Після виконання вимірювань автоматично переходить у режим зниженого енергоспоживання

Модулі BMP280 мають різноманітні сфери застосування їх використовують у польотних контролерах для визначення висоти або як глибиноміри, наприклад, під час спуску в шахту. Однак основне призначення збір даних для метеостанцій і систем клімат-контролю. Це дозволяє, наприклад, прогнозувати погоду: різке падіння тиску може вказувати на дощ, а його динамічне зростання — на покращення погоди. Такі дані можуть бути використані для регулювання параметрів у системах клімат-контролю. Усіма процесами керує плата NodeMCU ESP8266 V2.

Таблиця 2.3 – Характеристики датчика BMP280

Напруга живлення	1.71 В – 3.6 В
Інтерфейс обміну даними	I2C SPI
Струм споживання	0.27 А
Діапазон виміру атмосферного тиску	300hPa – 1100hPa
Діапазон виміру температури	-40°C – +85°C
Максимальна частота роботи I2C	3.4 МГц;
Максимальна частота роботи SPI	10 МГц;

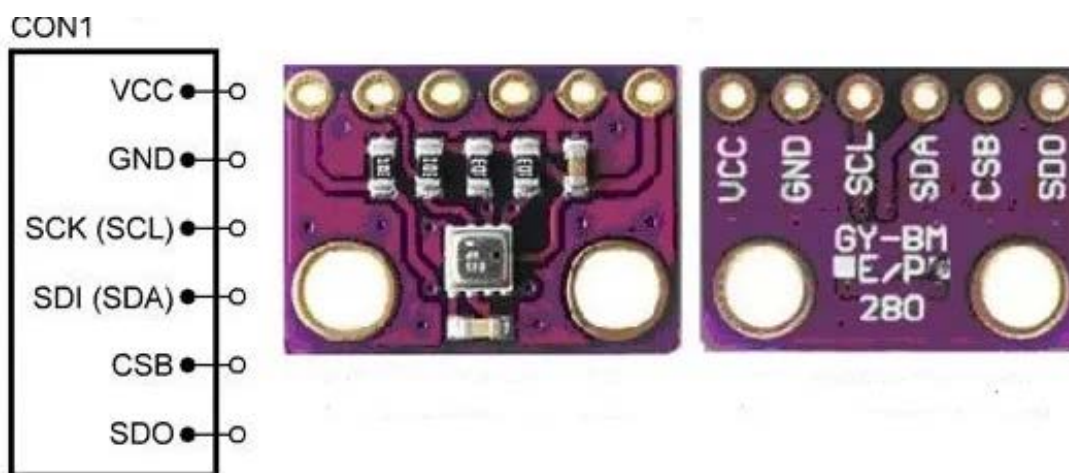


Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд модуля BMP280

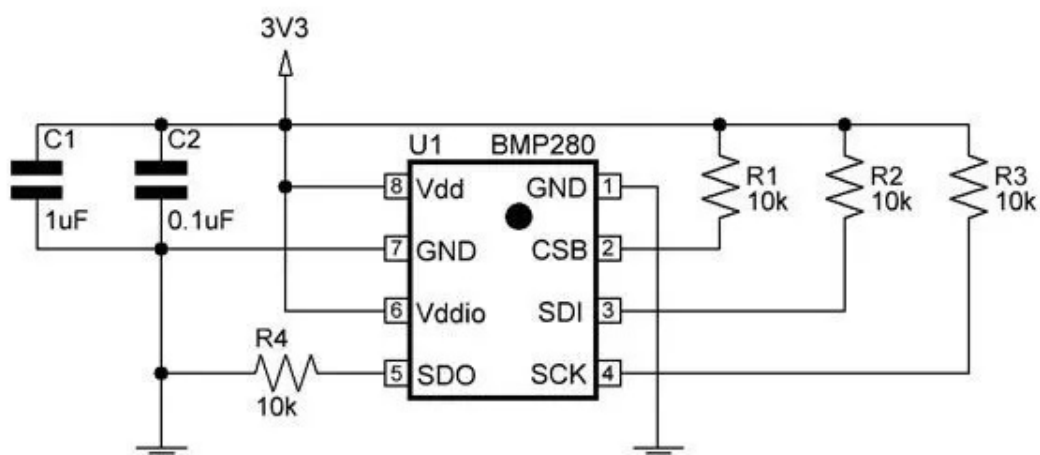


Рисунок 2.13 – Принципова схема BMP280

Датчик освітлення TelePort TEMT6000 побудований на основі високочутливого світлочутливого тріода (типу NPN). Являючи собою фототранзистор, цей датчик діє так само, як будь-який інший NPN- транзистор, чим більше світла надходить на базу, тим більший струм може протікати від колектора до емітера . Лише світло, яке потрапляє у видимий спектр (390–700 нм). Інфрачервоне, ультрафіолетове або будь-яке інше світло, яке ми не можемо бачити безпосередньо, не матиме впливу на датчик.

Яскравість світла пропорційна до струму основного електрода. Він може вловлювати найменші зміни в освітленості і збільшувати різницю приблизно в 100 разів, після цього легко розпізнається мікроконтролером для перетворення в аналоговий сигнал. Крім того, чим сильніше падіння світла, тим більша аналогова напруга на сигнальному виводі.

Таблиця 2.5 – Характеристики датчика TEMT6000

Тип датчика	аналоговий
Робоча напруга	3.3-5в
Робоча температура	-40 85°C
Діапазон освітленості	1-1000 Lux
Виходи	VCC=5V
Розміри	30x20x18мм
Вага	3.5г.

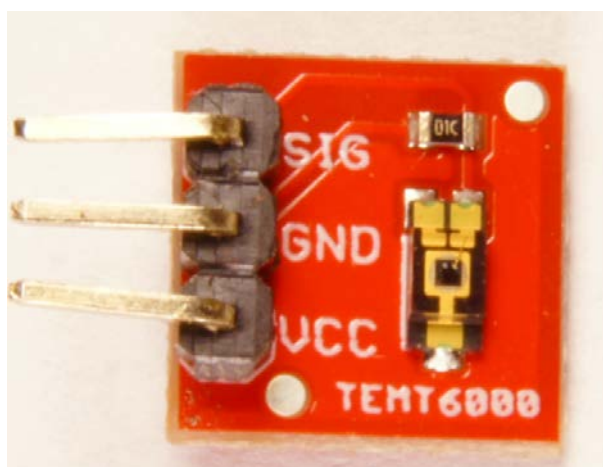


Рисунок 2.13 – Зовнішній вигляд модуля TelePort TEMT6000

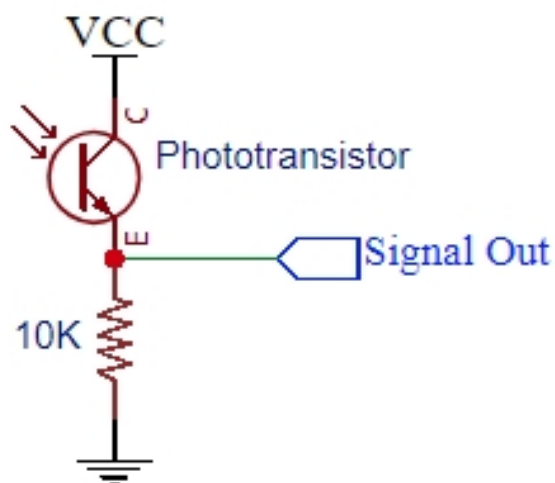


Рисунок 2.14 – Принципова схема TelePort TEMT6000

2.4 Висновки до розділу 2

У розділі аналізуються та пропонуються для реалізації методи і схеми аналізу фізичних характеристик повітря у робочому приміщенні для застосування їх у засобах автоматизованого клімат-контролю при роботі у таких приміщеннях людей.

Розглянуто універсальний метод контролю параметрів повітря для використання виконавчих реле з подальшим застосуванням відповідних засобів приведення характеристик до встановлених робочих норм у випадку їх виходу за допустимі межі. Методика контролю є універсальною для усіх типів датчиків.

У розділі обґрунтовано вибір елементної бази і запропоновано електричні схеми підключення датчиків і мікроконтролерного блоку у складі автоматизованої ІВС клімат-контролю, які можуть бути застосовані на практиці. Проаналізовано робочі характеристики відповідних схем.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ

3.1 Розробка та складання приладу

Відповідно до мого технічного завдання прилад було реалізовано з використанням плати NodeMCU ESP8266. Основними елементами системи стали плата NodeMCU ESP8266, яка забезпечує мікроконтролер і можливості бездротового зв'язку, а також датчики DHT11 та CCS811, призначені для збору даних про температуру, вологість і якість повітря.

NodeMCU ESP8266 була обрана як центральний елемент системи завдяки своїй сумісності з популярними платформами розробки, низькому енергоспоживанню та вбудованому Wi-Fi-модулю. Вона дозволяє не тільки виконувати обчислення, але й передавати дані в реальному часі на сервер або мобільний пристрій.

Датчики DHT11 та CCS811 доповнюють функціонал системи. DHT11 забезпечує вимірювання температури та вологості з достатньою точністю для більшості задач клімат-контролю. CCS811, у свою чергу, відповідає за моніторинг рівня вуглекислого газу (CO₂) та летких органічних сполук (TVOC), що є ключовими параметрами для визначення якості повітря в приміщенні.

Етапи складання

1. Підготовка компонентів та інструментів

Для збирання системи були використані наступні компоненти:

- Плата NodeMCU ESP8266
- Датчики DHT11 і CCS811
- З'єднувальні дроти (Dupont)
- Макетна плата
- USB-кабель для живлення та програмування

Додатково використовувалися комп'ютер з встановленим Arduino IDE для прошивки та тестування, а також паяльник для фіксації деяких з'єднань, якщо це було необхідно.

2. Електричне з'єднання компонентів

Після аналізу схем підключення датчики були інтегровані до плати NodeMCU ESP8266 за наступною схемою:

- DHT11 був підключений до одного з цифрових пінів (наприклад, D2), а також до джерел живлення 3.3V і GND.
- CCS811 був підключений через інтерфейс I2C (пін SDA до D1, пін SCL до D2), використовуючи також 3.3V та GND.

Усі з'єднання виконувалися на макетній платі для спрощення процесу тестування та можливості внесення змін у схему і наведено на рисунку 3.

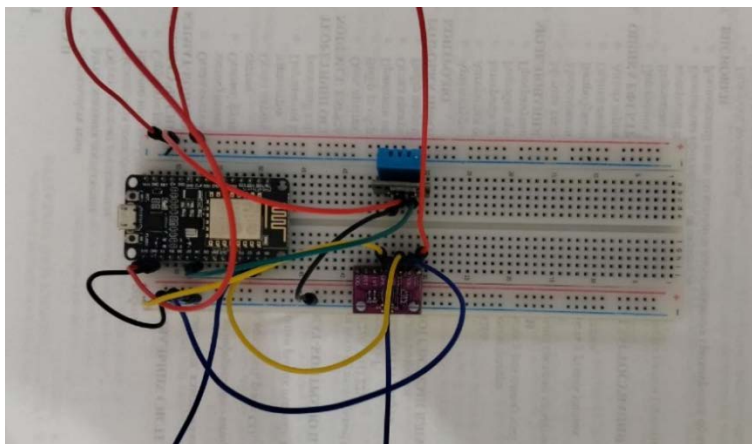


Рисунок 3 – зображення макетної плати з мікроконтролером та датчиками

3.2 Розробка алгоритму програми

Функціонування пристрою на основі мікроконтролера є можливим завдяки спеціальному програмному. Прошивка представляє собою програму, яка задає алгоритм дій мікроконтролера і забезпечує виконання пристроєм необхідних функцій. Для розробки прошивки використовуються спеціалізовані середовища програмування, такі як Arduino IDE, Keil uVision, MPLAB, STM32CubeIDE. Arduino IDE є одним із найпопулярніших завдяки простоті використання, підтримці великої кількості апаратних платформ та активній спільноті розробників. [14]

Алгоритм у контексті роботи мікроконтролера — це чітко визначена послідовність команд, яку повинен виконати пристрій для виконання поставленої задачі.[16] Алгоритми можуть бути простими, наприклад, для увімкнення/вимкнення світлодіода, або складними — для управління робототехнікою, виконання математичних обчислень, аналізу даних зі складних датчиків. Кожна інструкція в алгоритмі є конкретною командою для мікроконтролера, яка виконується поетапно.

Для забезпечення роботи будь-якої мікропроцесорної системи потрібне програмне забезпечення, яке виконує кілька основних функцій:

- Управління апаратними компонентами. Програмне забезпечення забезпечує взаємодію мікроконтролера з підключеними датчиками, виконавчими механізмами, дисплеями та іншими периферійними пристроями.
- Реалізація логіки роботи. Завдяки прошивці пристрій виконує певну послідовність дій відповідно до встановленого алгоритму. Наприклад, термостат аналізує температуру і, залежно від отриманих даних, увімкне або вимкне нагрівальний елемент.
- Комунікація. У багатьох системах мікроконтролери забезпечують зв'язок із зовнішніми пристроями або іншими системами через протоколи, такі як UART, I2C, SPI, CAN, або через бездротові інтерфейси, такі як Wi-Fi або Bluetooth.

- Забезпечення стабільної роботи. Правильно розписане програмне забезпечення дозволяє уникати збоїв у роботі системи, контролювати помилки і забезпечувати необхідний рівень безпеки під час виконання завдань.

Розробка прошивки вимагає врахування низки важливих аспектів, таких як обмеження апаратних ресурсів (обсяг пам'яті, швидкодія), оптимізація алгоритмів, а також тестування і налагодження коду. Важливим етапом є також підготовка схеми взаємодії програмного і апаратного забезпечення.



Рисунок 3.1 – Блок схема початкової конфігурації системи



Рисунок 3.2 – Блок схема робочого циклу системи

Блок-схеми наведені вище а саме рис 3.1 і рис 3.2 демонструють два різних логічних модуля програми. На рис. 3.1 зображено початкове налаштування пристрою та конфігурація Arduino IOTCloud. У разі успішного налаштування в роботу вступає модуль зображений на рис 3.2. Він відповідає за зчитування показників з датчиків, виведення в консоль та оновлення показників в Arduino IOTCloud.

3.3 Розробка програмного забезпечення для Nodemcu esp8266 v2

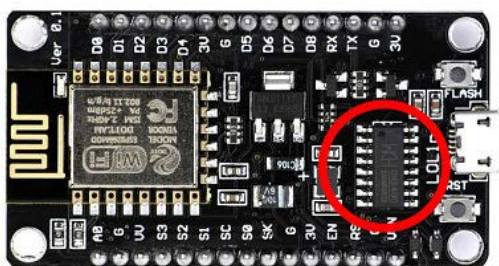
Для створення програми обрано середовище Arduino IDE. Це програмне середовище з відкритим вихідним кодом, яке дозволяє легко розробляти код і завантажувати його на мікроконтролери. Arduino IDE підтримує велику кількість бібліотек, що значно спрощує роботу з різними пристроями.

Особливістю цього середовища є його універсальність — можна працювати з будь-якими платами та датчиками. Крім того, Arduino IDE підтримує широкий спектр мікроконтролерів і датчиків, у тому числі від сторонніх виробників.

Нижче буде наведено вихідний код програми мікропроцесорної системи для збору даних із різнотипних датчиків на базі плати ESP8266 із використанням Wi-Fi-модуля. [18]

При розробці систем на основі NodeMCU V2 (ESP8266) встановити драйвер для мікросхеми.

Представлена мікросхема являє собою мостом USB – UART та дозволяє мікроконтролеру обмінюватися даними з ПК за допомогою USB інтерфейсу. Існує декілька варіантів NodeMCU, і потрібно встановити яка саме мікросхема встановлена на платі. Для того щоб визначити яка мікросхема встановлена на NodeMCU достатньо поглянути на чіп коло вхідного інтерфейсу (mini-usb, micro-usb).



NodeMCU с CH340



NodeMCU с CP2102

Рисунок 3.3- Загальний вигляд і відмінності мікросхем NodeMCU

Після встановлення, в деспетчері пристроїв потрібно перевірити чи відображається віртуальний COM порт.

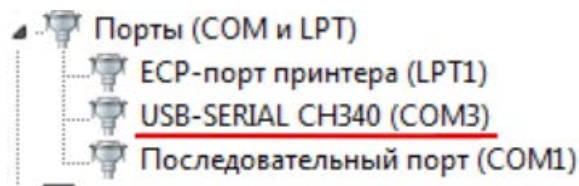


Рисунок 3.3-відображення COM порту в диспетчері пристроїв

Коли підключено плату до ПК, переходимо в середу розробки Arduino IDE

Перед початком роботи необхідно встановити всі потрібні бібліотеки. Зокрема:

- бібліотеку для роботи з ESP8266,
- бібліотеку Adafruit Unified Sensor.
- бібліотеку Adafruit_CC811.h
- бібліотеку wire.h

Для цього у Library Manager в Arduino IDE можна виконати пошук за відповідними назвами бібліотек.

Для роботи з датчиком CC811 потрібна бібліотека Adafruit CC811, а також заголовний файл для плати ESP8266 (або ESP32). Бібліотеки ESP8266WebServer.h та WebServer.h використовуються для налаштування вебсервера та обробки вхідних HTTP-запитів.

Додатково, файл Wire.h забезпечує взаємодію з будь-якими I2C-пристроями, включаючи CC811. Бібліотеки Adafruit_CC811.h і Adafruit_Sensor.h відповідають за низькорівневі апаратні функції, необхідні для роботи з датчиками.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_CC811.h>
#include <DHT.h>
```

Рисунок 3.3 Вікно підключення бібліотек

Підключення датчиків- за вимір температури та вологості відповідає DHT11 який працює по інтерфейсу 1wire а за вимір рівню вуглекислого газу відповідає CCI811 який працює по інтерфейсу I2C.

```
DHT dht(D6, DHT11); |
Adafruit_CCS811 ccs;
```

Рисунок 3.4 Створення об'єктів датчиків

```
void setup() {
  dht.begin();
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin(D2, D1); // SDA, SCL

  if (!ccs.begin(0x5A)) {
    Serial.println("Помилка: CCS811 не знайдено за адресою 0x5A. Спробуйте 0x5B.");
    while (1);
  }

  Serial.println("CCS811 успішно ініціалізовано.");
  delay(1500);
}
```

Рисунок 3.5 Початкове налаштування датчиків

На рисунках 3.4 3.5 зображено початкове налаштування датчиків та їх перевірка. У випадку невдалого налаштування в консоль буде виводитись відповідне повідомлення.

```
void loop() {
  int hum = dht.readHumidity();
  int temp = dht.readTemperature();
  int carbonDioxide = ccs.geteCO2();
  bool isWet;
```

Рисунок 3.6 Створення змінних та збереження даних про середовище

```
if (hum > 50){
  isWet = true;
}
else{
  isWet = false;
}
|
if (ccs.available()) {
  if (ccs.readData()) {
    Serial.println("Помилка читання даних із CCS811!");
  }
}
}
```

Рисунок 3.7 Валідація даних датчиків

```
Serial.print("humidity: ");
Serial.println(hum);
Serial.print("temperature: ");
Serial.println(temp);
Serial.print("CO2: ");
Serial.println(carbonDioxide);
Serial.print("is dryer on ");
Serial.println(isWet);
```

Рисунок 3.8 Виведення даних на консоль

3.4 Інтеграція з Arduino IoT Cloud

Arduino IoT Cloud – це широкофункціональна онлайн-платформа, яка спрощує створення, розміщення та моніторинг проектів Інтернету речей (IoT). Вона надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та широкий набір інструментів, що дозволяють розробникам будь-якого рівня швидко втілювати свої проекти в життя.

Основні функціональні можливості: Платформа має простий і зручний інтерфейс, що дозволяє навіть новачкам легко орієнтуватися та створювати свої проекти. Мультиплатформна підтримка Arduino IoT Cloud підтримує широкий спектр платформ Arduino, що дає змогу вибрати оптимальне рішення для кожного проекту. Платформа пропонує готові компоненти та шаблони, велику бібліотеку готових компонентів, що прискорюють процес розробки.

За допомогою візуального редактора можна створювати інтерактивні інформаційні панелі для відстеження даних та керування пристроями. Arduino IoT Cloud легко інтегрується з іншими популярними сервісами та платформами, такими як IFTTT, Google Assistant та Amazon Alexa. Платформа забезпечує високий рівень безпеки даних, що є критично важливим для проектів IoT.

Створення розумних будинків а саме керування освітленням, температурою, безпекою та іншими аспектами домашньої автоматизації. Розробка

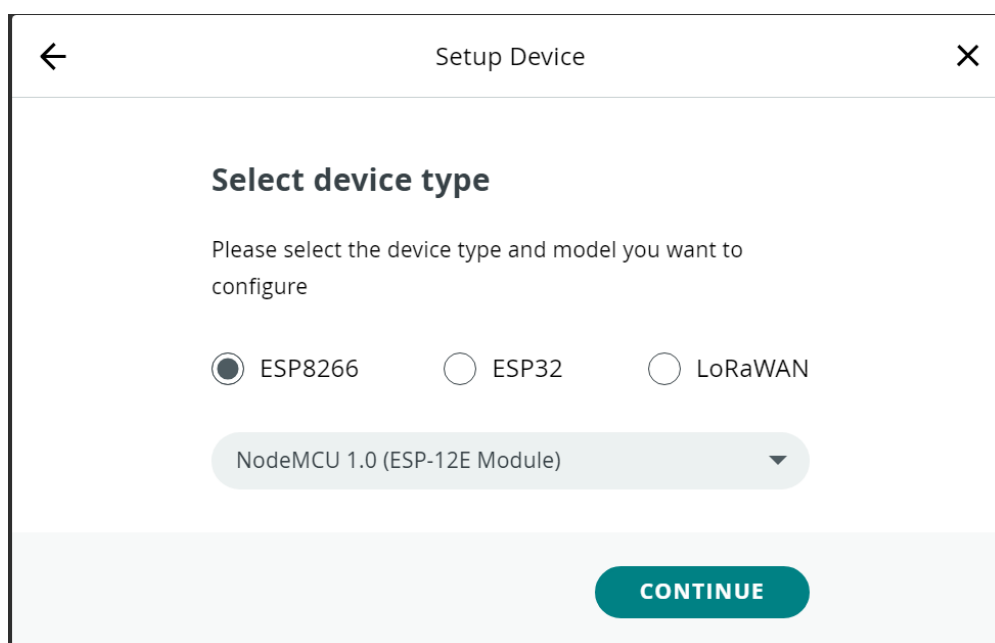
промислових IoT-рішень яка надає змогу моніторити виробничі процеси та віддалено керувати обладнанням в реальному часі. Створення сільськогосподарських IoT-систем: Контроль за станом рослин, автоматизація поливу та добрива.

Розробка IoT-пристроїв для освіти: Створення інтерактивних навчальних посібників та експериментів. Платформа надає безкоштовний доступ існує безкоштовний план, який підійде для більшості студентських проектів.

Arduino IoT Cloud – це відмінний вибір для створення проектів Інтернету речей. Вона спрощує процес розробки, дозволяє швидко втілювати ідеї в життя та створювати потужні та функціональні рішення.

Перед початком роботи в Arduino IoT Cloud потрібно встановити Arduino Cloud agent та перезавантажити плату та ПК.

Після цього ми відкриваємо вкладку devices і додаємо NodeMCU ESP 8266 V2 як новий пристрій (Third party device)



← Setup Device ×

Select device type

Please select the device type and model you want to configure

☒ ESP8266 ☐ ESP32 ☐ LoRaWAN

NodeMCU 1.0 (ESP-12E Module) ▼

CONTINUE

Рисунок 3.9 - Підключення плати до Arduino IoT Cloud

Наступним кроком ми підключаємо плату до мережі Wi-Fi через вкладку Things/Network. Підключаючи мікроконтролер таким чином ми забезпечуємо комунікацію між приладом та платформою Arduino IoT Cloud без надмірної

конфігурації. Від нас потрібно лише ввести назву мережі, пароль та секретний ключ який було згенеровано платформою.

Вся мережева конфігурація створюється Arduino IoT Cloud автоматично

```
// Code generated by Arduino IoT Cloud, DO NOT EDIT.

#include <ArduinoIoTCloud.h>
#include <Arduino_ConnectionHandler.h>

const char DEVICE_LOGIN_NAME[] = "5d00430b-634d-46a6-a5e6-98d198b1b425";

const char SSID[] = SECRET_SSID; // Network SSID (name)
const char PASS[] = SECRET_OPTIONAL_PASS; // Network password (use for WPA,
or use as key for WEP)
const char DEVICE_KEY[] = SECRET_DEVICE_KEY; // Secret device password

void initProperties(){

    ArduinoCloud.setBoardId(DEVICE_LOGIN_NAME);
    ArduinoCloud.setSecretDeviceKey(DEVICE_KEY);

}

WiFiConnectionHandler ArduinoIoTPreferredConnection(SSID, PASS);
```

Рисунок 3.10 - Мережева конфігурація Arduino IoT Cloud

Після підключення мікроконтролера до мережі WI-FI ми можемо відкрити web версію Arduino IDE і перейти до програмної частини.

```
1
2
3 #include "thingProperties.h"
4
5 void setup() {
6     // Initialize serial and wait for port to open:
7     Serial.begin(9600);
8     // This delay gives the chance to wait for a Serial Monitor without blocking if none is found
9     delay(1500);
10
11     // Defined in thingProperties.h
12     initProperties();
13
14     // Connect to Arduino IoT Cloud
15     ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
16
17     /*
18     The following function allows you to obtain more information
19     related to the state of network and IoT Cloud connection and errors
20     the higher number the more granular information you'll get.
21     The default is 0 (only errors).
22     Maximum is 4
23     */
24     setDebugLogLevel(2);
25     ArduinoCloud.printDebugInfo();
26 }
27
28 void loop() {
29     ArduinoCloud.update();
30     // Your code here
31
32
33 }
```

Рисунок 3.11- початковий файл прошивки згенерований Arduino IoT Cloud

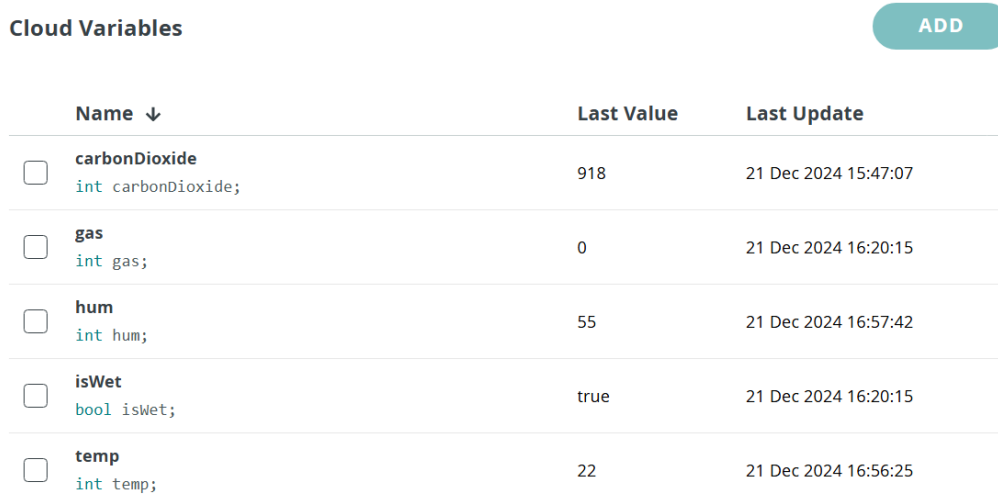
В згенерованому файлі вже наявний код інтеграції з платформою. В функції `setup`, призначеній для початкового налаштування, в рядку 12, налаштовується мережева конфігурація показана на рисунку 3.5 та в рядку 15 відбувається підключення до платформи.

В функції `loop` призначеній для постійного виконання та опитування датчиків відбувається оновлення даних в Arduino IoT Cloud в рядку 29.

В наданий платформою код було зкомбіновано з кодом вказаним вище в розділі 3.2. Результат можна переглянути в додатку А.

З суттєвих змін:

- створення змінних було реалізовано інструментами платформи
- для кожного з показників було створено інтерактивну інформаційну панель



Cloud Variables			ADD	
Name ↓	Last Value	Last Update		
☐ carbonDioxide <code>int carbonDioxide;</code>	918	21 Dec 2024 15:47:07		
☐ gas <code>int gas;</code>	0	21 Dec 2024 16:20:15		
☐ hum <code>int hum;</code>	55	21 Dec 2024 16:57:42		
☐ isWet <code>bool isWet;</code>	true	21 Dec 2024 16:20:15		
☐ temp <code>int temp;</code>	22	21 Dec 2024 16:56:25		

Рисунок 3.12 - Arduino IoT Cloud змінні датчиків

X

Edit variable

Name
gas

 **Sync with other Things** i

Integer Number eg. 1

Declaration
`int gas ;` i

Variable Permission i

☒ Read & Write ☐ Read Only

Variable Update Policy i

☒ On change ☐ Periodically

Threshold
0

CANCEL
SAVE

Рисунок 3.13– Реалізація змінної інструментами платформи

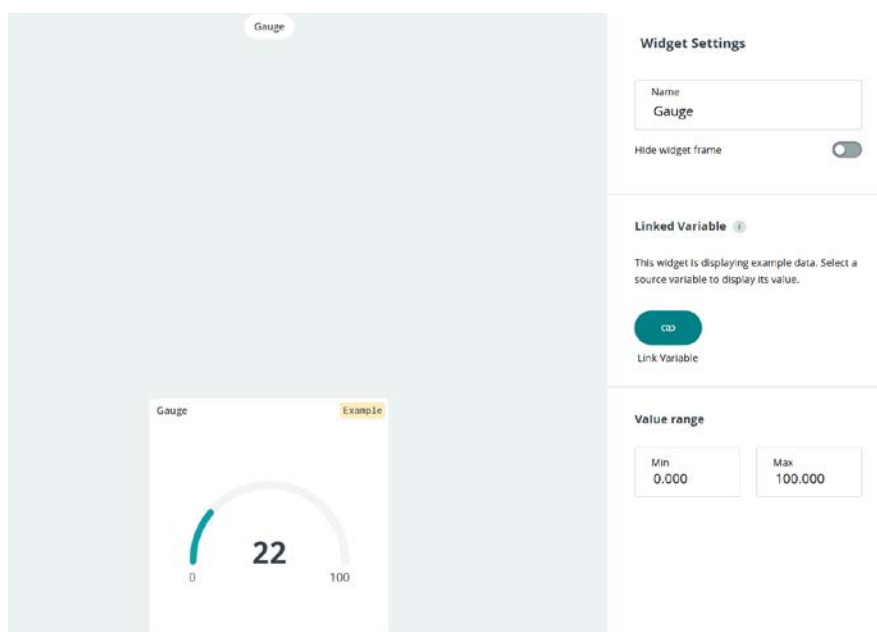


Рисунок 3.14 – Реалізація елемента інтерактивної інформаційної панелі

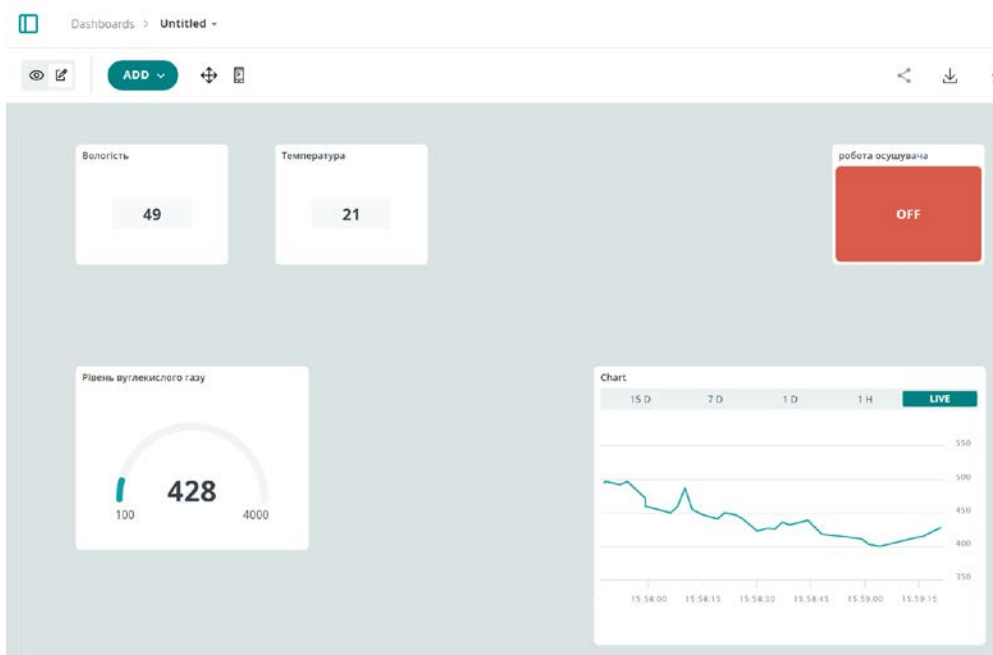


Рисунок 3.15 – Інтерактивна інформаційна панель ІВС

3.5 Висновки до розділу 3

У розділі представлено результати проектування програмного забезпечення для лабораторного макету автоматизованої ІВС для кліматк-контролю параметрів повітря у виробничому приміщенні, що базується на вимірюванні значень температури, вологості, тиску, вмісту концентрації вуглекислого газу та освітленості, яка має потенційно високі перспективи. Запропонована реалізація має доступну вартість та інтегрується з технологією IoT в Arduino Cloud, що базується на запропонованому у розділі методу контролю та алгоритмі вимірювального процесу.

Основною перевагою роботи розробленої системи є можливість багатофункціонального експрес-контролю параметрів повітря у виробничому приміщенні із автоматизованим розумним контролем відповідних характеристик для їх знаходження у заданих межах, простота конструкції та вимірювальної схеми.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Науково-технічна розробка має право на існування та впровадження, якщо вона відповідає вимогам часу, як в напрямку науково-технічного прогресу та і в плані економіки. Тому для науково-дослідної роботи необхідно оцінювати економічну ефективність результатів виконаної роботи.

4.1 Проведення комерційного та технологічного аудиту науково-технічної розробки

Метою проведення комерційного і технологічного аудиту дослідження за темою «Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю» є оцінювання науково-технічного рівня та рівня комерційного потенціалу розробки, створеної в результаті науково-технічної діяльності.

Оцінювання науково-технічного рівня розробки та її комерційного потенціалу рекомендується здійснювати із застосуванням 5-ти бальної системи оцінювання за 12-ма критеріями [24].

Таблиця 4.1 – Результати оцінювання науково-технічного рівня і комерційного потенціалу розробки експертами

Критерії	Експерт (ПІБ, посада)		
	1	2	3
	Бали:		
1. Технічна здійсненність концепції	4	5	5
2. Ринкові переваги (наявність аналогів)	3	3	3
3. Ринкові переваги (ціна продукту)	3	4	3
4. Ринкові переваги (технічні властивості)	4	3	4
5. Ринкові переваги (експлуатаційні витрати)	3	2	3
6. Ринкові перспективи (розмір ринку)	3	3	3
7. Ринкові перспективи (конкуренція)	2	2	2
8. Практична здійсненність (наявність фахівців)	4	4	4
9. Практична здійсненність (наявність фінансів)	2	3	2
10. Практична здійсненність (необхідність нових матеріалів)	3	4	4
11. Практична здійсненність (термін реалізації)	3	4	4

12. Практична здійсненність (розробка документів)	4	4	3
Сума балів	38	41	40
Середньоарифметична сума балів CB_c	39,7		

За результатами розрахунків, наведених в таблиці 4.1, зробимо висновок щодо науково-технічного рівня і рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому використаємо рекомендації, наведені в [Козловський, Лесько, Кавецький].

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю» становить 39,7 бала, що, відповідно до [Козловський, Лесько, Кавецький], свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

4.2 Розрахунок узагальненого коефіцієнта якості розробки

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення розрахуємо за формулою [25]:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (4.1)$$

де k – кількість найбільш важливих технічних показників, які впливають на якість нового технічного рішення;

α_i – коефіцієнт, який враховує питому вагу i -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт α_i визначається експертним шляхом і при

цьому має виконуватись умова $\sum_{i=1}^k \alpha_i = 1$;

β_i – відносне значення i -го технічного показника якості нової розробки.

Результати порівняння зведемо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Порівняння основних параметрів розробки та аналога.

Показники (параметри)	Одиниця вимірювання	Аналог	Проектований продукт	Відношення параметрів нової розробки до аналога	Питома вага показника
Діапазон робочих температур	С	0...+50	-40...+80	3	0,15
Споживана потужність системи управління	Вт	0,04	0,02	2	0,3
Погрішність вимірювання характеристик	%	5	2	2,5	0,2
Кількість функцій контролю	од.	6	9	1,5	0,25
Кількість одночасно відображених параметрів у часі	од.	1	9	4	0,1

Узагальнений коефіцієнт якості (B_n) для нового технічного рішення складе:

$$B_n = \sum_{i=1}^k \alpha_i \cdot \beta_i = 3 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,3 + 2,5 \cdot 0,2 + 1,5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,1 = 2,33.$$

Отже за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 2,33 рази.

4.3 Розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи на тему «Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю», під час планування, обліку і калькулювання собівартості науково-дослідної роботи групуємо за відповідними статтями.

4.3.1 Витрати на оплату праці

Основна заробітна плата дослідників

Витрати на основну заробітну плату дослідників ($З_o$) розраховуємо у відповідності до посадових окладів працівників, за формулою [24]:

$$З_o = \sum_{i=1}^k \frac{M_{ni} \cdot t_i}{T_p}, \quad (4.2)$$

де k – кількість посад дослідників залучених до процесу досліджень;

M_{ni} – місячний посадовий оклад конкретного дослідника, грн;

t_i – число днів роботи конкретного дослідника, дн.;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, $T_p=24$ дні.

$$З_o = 18600,00 \cdot 12 / 24 = 9272,76 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.3 – Витрати на заробітну плату дослідників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
Керівник проекту (координатор проекту)	18600,00	772,73	12	9272,76
Інженер-розробник інформаційно-вимірювальної системи автоматизованого клімат-контролю	17500,00	750,00	24	18000,00
Фахівець-консультант (інженер-метролог)	17500,00	681,82	5	3409,10
Лаборант	8070,00	336,25	24	8070,00
Всього				38751,86

Основна заробітна плата робітників

Витрати на основну заробітну плату робітників ($З_p$) за відповідними найменуваннями робіт НДР на тему «Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю» розраховуємо за формулою:

$$З_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.3)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника при виконанні визначеної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.4)$$

де M_M – розмір мінімальної місячної заробітної плати, прийmemo $M_M=8000,00$ грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення (табл. Б.2, додаток Б) [24];

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок;

T_p – середнє число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 24$ дн;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

$$C_1 = 8000,00 \cdot 1,35 \cdot 1,15 / (24 \cdot 8) = 64,69 \text{ грн.}$$

$$З_{p1} = 64,69 \cdot 8,00 = 517,50 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.4 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
Підготовка робочого місця розробника автоматизованої системи	8,00	3	1,35	64,69	517,50
Підготовка імітаційного	6,25	4	1,50	71,88	449,22

обладнання системи клімат-контролю					
Формування бази даних моделей вимірювання параметрів клімат-системи	11,00	3	1,35	64,69	711,56
Монтаж імітаційного обладнання системи клімат-контролю	5,50	4	1,50	71,88	395,31
Налагодження обладнання	7,20	2	1,10	52,71	379,50
Фіксація результатів експерименту	10,00	1	1,00	47,92	479,17
Всього					2932,26

Додаткова заробітна плата дослідників та робітників

Додаткову заробітну плату розраховуємо як 10 ... 12% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$Z_{\text{доп}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{доп}}}{100\%}, \quad (4.5)$$

де $H_{\text{доп}}$ – норма нарахування додаткової заробітної плати. Прийmemo 11%.

$$Z_{\text{доп}} = (38751,86 + 2932,26) \cdot 11 / 100\% = 4585,25 \text{ грн.}$$

4.3.2 Відрахування на соціальні заходи

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників розраховуємо як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати дослідників і робітників за формулою:

$$Z_n = (Z_o + Z_p + Z_{\text{доп}}) \cdot \frac{H_{\text{зн}}}{100\%} \quad (4.6)$$

де $H_{\text{зн}}$ – норма нарахування на заробітну плату. Приймаємо 22%.

$$Z_n = (38751,86 + 2932,26 + 4585,25) \cdot 22 / 100\% = 10179,26 \text{ грн.}$$

4.3.3 Сировина та матеріали

Витрати на матеріали (M), у вартісному вираженні розраховуються окремо по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j - \sum_{j=1}^n B_j \cdot C_{ej}, \quad (4.7)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

C_j – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

C_{ej} – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

$$M_1 = 4,0 \cdot 185,00 \cdot 1,06 - 0 \cdot 0 = 784,40 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.5 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Н орма витрат, кг	Вел ичина відходів, кг	Ці на відходів, грн/кг	Вартість витраченого матеріалу, грн
Папір офісний	185,00	4, 0	0	0	784,40
Приладдя канцелярське	98,00	4, 0	0	0	415,52
Тонер для картриджа Canon LaserIQ	165,00	1, 0	0	0	174,90
Папір для записів	85,00	3, 0	0	0	270,30
Органайзер	208,00	1, 0	0	0	220,48
Диск оптичний	27,50	4, 0	0	0	116,60
USB-пам'ять Kingston 64 GB	225,00	1, 0	0	0	238,50

Тека для паперів	75,00	4,	0	0	318,00
		0			
Всього					2538,70

4.3.4 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі (K_{ϵ}), які використовують при проведенні НДР на тему «Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю», розраховуємо, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_{\epsilon} = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.8)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

$$K_{\epsilon} = 2 \cdot 367,00 \cdot 1,06 = 778,04 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.6 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
WiFi Плата NodeMCU V2 ESP8266	2	367,00	778,04
датчик вуглекислого газу CC811	2	1998,00	4235,76
датчик вологості BME280	2	240,00	508,80
датчик температури DHT22	2	125,00	265,00
Всього			5787,60

4.3.5 Спецустаткування для наукових (експериментальних) робіт

Балансову вартість спецустаткування розраховуємо за формулою:

$$B_{спец} = \sum_{i=1}^k C_i \cdot C_{пр.і} \cdot K_i, \quad (4.9)$$

де C_i – ціна придбання одиниці спецустаткування даного виду, марки, грн;

$C_{пр.і}$ – кількість одиниць устаткування відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує доставку, монтаж, налагодження устаткування тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань устаткування.

$$B_{спец} = 2499,00 \cdot 1 \cdot 1,06 = 2648,94 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.7 – Витрати на придбання спецустаткування по кожному виду

Найменування устаткування	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Wi-Fi роутер Xiaomi Router AX3200 (DVB4314GL)	1	2499,00	2648,94
Багатофункціональний контролер Auraton S14	1	3602,00	3818,12
Інтерфейс програматор-блок управління	1	5820,00	6169,20
Всього			12636,26

4.3.6 Програмне забезпечення для наукових (експериментальних) робіт

Балансову вартість програмного забезпечення розраховуємо за формулою:

$$B_{прог} = \sum_{i=1}^k C_{прог} \cdot C_{прог.і} \cdot K_i, \quad (4.10)$$

де $C_{прог}$ – ціна придбання одиниці програмного засобу даного виду, грн;

$C_{прог.і}$ – кількість одиниць програмного забезпечення відповідного найменування, які придбані для проведення досліджень, шт.;

K_i – коефіцієнт, що враховує інсталяцію, налагодження програмного засобу тощо, ($K_i = 1, 10 \dots 1, 12$);

k – кількість найменувань програмних засобів.

$$B_{npz} = 9220,00 \cdot 1 \cdot 1,1 = 10142,00 \text{ грн.}$$

Отримані результати зведемо до таблиці:

Таблиця 4.8 – Витрати на придбання програмних засобів по кожному виду

Найменування програмного засобу	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Вартість, грн
Середовище моделювання Proteus (ISIS Proteus)	1	9220,00	10142,00
Arduino IDE	1	1350,00	1485,00
Абонентна плата доступу до мережі Internet (1 місяць)	1	360,00	396,00
Пакет MATLAB SIMULINK	1	3180,00	3498,00
Всього			15521,00

4.3.7 Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню тощо, розраховуємо з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_е} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (4.11)$$

де $Ц_б$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_е$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

$$A_{обл} = (26355,00 \cdot 1) / (2 \cdot 12) = 1098,13 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.9 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
Персональний комп'ютер розробника програмного забезпечення	26355,00	2	1	1098,13
Робоче місце дослідника	7880,00	5	1	131,33
Пристрої виводу інформації	6875,00	4	1	143,23
Оргтехніка	8675,00	4	1	180,73
Приміщення лабораторії	370000,00	30	1	1027,78
ОС Windows 10	6520,00	2	1	271,67
Прикладний Офісний пакет Microsoft Office 2016	6540,00	2	1	272,50
Всього				3125,36

4.3.8 Паливо та енергія для науково-виробничих цілей

Витрати на силову електроенергію (B_e) розраховуємо за формулою:

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yi} \cdot t_i \cdot C_e \cdot K_{\text{вн}i}}{\eta_i}, \quad (4.12)$$

де W_{yi} – встановлена потужність обладнання на визначеному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн; прийmemo $C_e = 10,98$ грн;

$K_{\text{вн}i}$ – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{\text{вн}i} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

$$B_e = 0,35 \cdot 180,0 \cdot 10,98 \cdot 0,95 / 0,97 = 691,74 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки зведемо до таблиці.

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію

Найменування обладнання	Встановлена потужність, кВт	Тривалість роботи, год	Сума, грн
Персональний комп'ютер розробника програмного забезпечення	0,35	180,0	691,74
Робоче місце дослідника	0,25	180,0	494,10
Пристрої виводу інформації	0,12	5,0	6,59
Оргтехніка	0,10	2,3	2,55
Імітаційне обладнання системи клімат-контролю	0,10	110,0	120,78
Всього			1315,76

4.3.9 Службові відрядження

Витрати за статтею «Службові відрядження» відсутні.

4.3.10 Витрати на роботи, які виконують сторонні підприємства, установи і організації

Витрати за статтею відсутні.

4.3.11 Інші витрати

Витрати за статтею «Інші витрати» розраховуємо як 50...100% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$I_{\text{в}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{ів}}}{100\%}, \quad (4.13)$$

де $H_{\text{ів}}$ – норма нарахування за статтею «Інші витрати», прийmemo $H_{\text{ів}} = 52\%$.

$$I_{\text{в}} = (38751,86 + 2932,26) \cdot 52 / 100\% = 21675,74 \text{ грн.}$$

4.3.12 Накладні (загальновиробничі) витрати

Витрати за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати» розраховуємо як 100...150% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{\text{нзв}} = (Z_o + Z_p) \cdot \frac{H_{\text{нзв}}}{100\%}, \quad (4.14)$$

де $H_{\text{нзв}}$ – норма нарахування за статтею «Накладні (загальновиробничі) витрати», прийmemo $H_{\text{нзв}} = 100\%$.

$$B_{\text{нзв}} = (38751,86 + 2932,26) \cdot 100 / 100\% = 41684,12 \text{ грн.}$$

Витрати на проведення науково-дослідної роботи на тему «Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю» розраховуємо як суму всіх попередніх статей витрат за формулою:

$$B_{\text{заг}} = Z_o + Z_p + Z_{\text{доо}} + Z_n + M + K_{\text{в}} + B_{\text{спец}} + B_{\text{прз}} + A_{\text{обл}} + B_e + B_{\text{св}} + B_{\text{сп}} + I_{\text{в}} + B_{\text{нзв}}. \quad (4.15)$$

$$B_{\text{заг}} = 38751,86 + 2932,26 + 4585,25 + 10179,26 + 2538,70 + 5787,60 + 12636,26 + 15521,00 + 3125,36 + 1315,76 + 0,00 + 0,00 + 21675,74 + 41684,12 = 160733,18 \text{ грн.}$$

Загальні витрати ZB на завершення науково-дослідної (науково-технічної) роботи та оформлення її результатів розраховується за формулою:

$$3B = \frac{B_{\text{заг}}}{\eta}, \quad (4.16)$$

де η - коефіцієнт, який характеризує етап (стадію) виконання науково-дослідної роботи, прийmemo $\eta=0,95$.

$$3B = 160733,18 / 0,95 = 169192,82 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки при її можливій комерціалізації потенційним інвестором

Результати дослідження проведені за темою «Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю» передбачають комерціалізацію протягом 4-х років реалізації на ринку.

Розробка чи суттєве вдосконалення машини (механізму, приладу, пристрою) для використання кінцевими споживачами.

В цьому випадку майбутній економічний ефект буде формуватися на основі таких даних:

ΔN – збільшення кількості споживачів пристрою, у періоди часу, що аналізуються, від покращення його певних характеристик;

Показник	1-й рік	2-й рік	3-й рік	4-й рік
Збільшення кількості споживачів, осіб	250	400	400	300

N – кількість споживачів які використовували аналогічний пристрій у році до впровадження результатів нової науково-технічної розробки, прийmemo 6700 осіб;

C_o – вартість пристрою у році до впровадження результатів розробки, прийmemo 8600,00 грн;

$\pm \Delta C_o$ – зміна вартості пристрою від впровадження результатів науково-технічної розробки, прийmemo 395,00 грн.

Можливе збільшення чистого прибутку у потенційного інвестора $\Delta\Pi_i$ для кожного із 4-х років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, розраховуємо за формулою [Козловський, Лесько, Кавецький]:

$$\Delta\Pi_i = (\pm\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\vartheta}{100}\right), \quad (4.17)$$

де λ – коефіцієнт, який враховує сплату потенційним інвестором податку на додану вартість. У 2024 році ставка податку на додану вартість складає 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$;

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність інноваційного продукту).
Прийmemo $\rho = 38\%$;

ϑ – ставка податку на прибуток, який має сплачувати потенційний інвестор, у 2024 році $\vartheta = 18\%$;

Збільшення чистого прибутку 1-го року:

$$\Delta\Pi_1 = (395,00 \cdot 6700,00 + 8995,00 \cdot 250) \cdot 0,83 \cdot 0,38 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 1266048,72$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 2-го року:

$$\Delta\Pi_2 = (395,00 \cdot 6700,00 + 8995,00 \cdot 650) \cdot 0,83 \cdot 0,38 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 2196592,26$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 3-го року:

$$\Delta\Pi_3 = (395,00 \cdot 6700,00 + 8995,00 \cdot 1050) \cdot 0,83 \cdot 0,38 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 3127135,81$$

грн.

Збільшення чистого прибутку 4-го року:

$$\Delta\Pi_4 = (395,00 \cdot 6700,00 + 8995,00 \cdot 1350) \cdot 0,83 \cdot 0,38 \cdot (1 - 0,18/100\%) = 3825043,46$$

грн.

Приведена вартість збільшення всіх чистих прибутків $ПП$, що їх може отримати потенційний інвестор від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки:

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^t}, \quad (4.18)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному з років, протягом яких виявляються результати впровадження науково-технічної розробки, грн;

T – період часу, протягом якого очікується отримання позитивних результатів від впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні, $\tau=0,1$;

t – період часу (в роках) від моменту початку впровадження науково-технічної розробки до моменту отримання потенційним інвестором додаткових чистих прибутків у цьому році.

$$\begin{aligned} ПП &= 1266048,72/(1+0,1)^1 + 2196592,26/(1+0,1)^2 + 3127135,81/(1+0,1)^3 + \\ &+ 3825043,46/(1+0,1)^4 = 1150953,38 + 1815365,50 + 2349463,41 + 2612556,15 = \\ &= 7928338,45 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Величина початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки:

$$PV = k_{инв} \cdot 3B, \quad (4.19)$$

де $k_{инв}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію, приймаємо $k_{инв}=2$;

$3B$ – загальні витрати на проведення науково-технічної розробки та оформлення її результатів, приймаємо 169192,82 грн.

$$PV = k_{инв} \cdot 3B = 2 \cdot 169192,82 = 338385,63 \text{ грн.}$$

Абсолютний економічний ефект $E_{абс}$ для потенційного інвестора від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки становитиме:

$$E_{абс} = ПП - PV \quad (4.20)$$

де $ПП$ – приведена вартість зростання всіх чистих прибутків від можливого впровадження та комерціалізації науково-технічної розробки, 7928338,45 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 338385,63 грн.

$$E_{абс} = ПП - PV = 7928338,45 - 338385,63 = 7589952,82 \text{ грн.}$$

Внутрішня економічна дохідність інвестицій E_e , які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$E_e = T_{жс} \sqrt[1 + \frac{E_{абс}}{PV}]{} - 1, \quad (4.21)$$

де $E_{абс}$ – абсолютний економічний ефект вкладених інвестицій, 7589952,82 грн;

PV – теперішня вартість початкових інвестицій, 338385,63 грн;

$T_{жс}$ – життєвий цикл науково-технічної розробки, тобто час від початку її розробки до закінчення отримування позитивних результатів від її впровадження, 4 роки.

$$E_e = T_{жс} \sqrt[1 + \frac{E_{абс}}{PV}]{} - 1 = (1 + 7589952,82/338385,63)^{1/4} = 1,20.$$

Мінімальна внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій $\tau_{мін}$:

$$\tau_{min} = d + f, \quad (4.22)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2024 році в Україні $d = 0,1$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладення інвестицій, приймемо 0,25.

$\tau_{min} = 0,1 + 0,25 = 0,35 < 1,20$ свідчить про те, що внутрішня економічна дохідність інвестицій E_e , вища мінімальної внутрішньої дохідності. Тобто інвестувати в науково-дослідну роботу за темою «Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю» доцільно.

Період окупності інвестицій $T_{ок}$ які можуть бути вкладені потенційним інвестором у впровадження та комерціалізацію науково-технічної розробки:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_e}, \quad (4.23)$$

де E_e – внутрішня економічна дохідність вкладених інвестицій.

$$T_{ок} = 1 / 1,20 = 0,83 \text{ р.}$$

$T_{ок} < 3$ -х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

4.5 Висновки до розділу 4

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки за темою «Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю» становить 39,7 бала, що, свідчить про комерційну важливість проведення даних досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки вище середнього).

При оцінюванні за технічними параметрами, згідно узагальненого коефіцієнту якості розробки, науково-технічна розробка переважає існуючі аналоги приблизно в 2,33 рази.

Також термін окупності становить 0,83 р., що менше 3-х років, що свідчить про комерційну привабливість науково-технічної розробки і може спонукати потенційного інвестора профінансувати впровадження даної розробки та виведення її на ринок.

Отже можна зробити висновок про доцільність проведення науково-дослідної роботи за темою «Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю».

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі здійснено порівняльний аналіз методів і засобів клімат-контролю якості повітря у виробничих приміщеннях із урахуванням класичних та оптичних методів контролю, а також їх функціональних можливостей. Проаналізовано структури та архітектуру ІВС для застосування у задачах клімат-контролю.

В роботі представлено універсальний метод контролю параметрів повітря приміщень, що базується на вимірюванні значень відповідного параметра та аналізі його значень з можливістю використання виконавчих механізмів для забезпечення робочих значень характеристик приміщення. Детально обґрунтовано вибір елементної бази, зокрема датчиків контролю та мікропроцесорного модуля з Wi-Fi модулем. Запропоновано схему ІВС, що базується на цій методиці та алгоритм вимірювального процесу.

Основною перевагою роботи розробленої системи є можливість багатофункціонального динамічного контролю параметрів повітря і середовища виробничого приміщення в реальному часі, простота його конструкції та вимірювальної схеми, а також інтеграція з технологією IoT.

Запропоновано структурну схему автоматизованої системи вимірювального контролю та електричні схеми її базових функціональних блоків. Розроблено лабораторний макет запропонованої схеми із набором датчиків температури, тиску, вологості, вмісту вуглекислого газу та освітленості із заданими технічними параметрами точності та діапазону вимірювань. Розроблено програмне забезпечення системи з інтеграцією у IoT за допомогою Arduino Cloud/

Розраховано економічну доцільність розробки та основні економічні показники її впровадження.

Запропоновані рішення дозволяють розширити функціональні можливості засобів автоматизованого клімат- контролю виробничих приміщень.

Оцінка характеристик представлених схем і програмних засобів підтверджує її функціональність та конкурентоспроможність.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Що таке мікропроцесор, мікроконтролер та програмований логічний контролер [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what_is_mp_mc_plc.php
2. ЩО TAKE ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://iot.lviv.ua/що-таке-інтернет-речей/>
3. Все про ESP 8226 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://defence_ua.com/video/bezpilotnij_awacs_dlja_zsu_plastun_ta_hortits_ja_vid_nvts_infozahist-71.html
4. Що таке мікропроцесор, мікроконтролер та програмований логічний контролер [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what_is_mp_mc_plc.
5. ДСТУ 2226–93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. – К.: УкрНДІССІ, 1994. – 92 с.
6. Схемотехніка: Пристрої цифрової електроніки: підручник. У 2 т. / В. М. Рябенський, В. Я. Жуйков, Ю. С. Ямненко, О. В. Борисов. Київ : НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2015. Т.1. 400 с.
7. Кожем'яко В.П. Оптоелектронна схемотехніка. / В. П. Кожем'яко, С. В. Павлов, М.Г. Тарновський. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 189 с.
8. Початок роботи з хмарою Інтернету речей Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/arduinocloud/getting-started/iot-cloud-getting-started>.
9. Кожем'яко В.П., Готра З.Ю., Павлов С.В., Микитюк З.М., Готра О.З. Схемотехніка сучасного приладобудування. Ч.3 – Оптичні сенсори. Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ, 2002. 164 с.
10. Левченко Ю. М. Розробка системи контролю та моніторингу вологості і температури приміщення / Ю. М. Левченко, Л. П. Голубєв, Ю. М. Пилипенко, В. Б. Дроменко // Технології та дизайн. - 2017. - № 4. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_4_16.

11. Arduino IDE [Електронний ресурс]: Arduino IDE // - Режим доступу: <https://arduino-ide.com/>.
12. Мартін Шумахер, «Програмування для Arduino: Основи, алгоритми та проекти», 2017
13. Джеремі Блум, «Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry», 2013.
14. Іванов І.І., Петров П.П., «Інформаційно-вимірювальні системи: основи проектування», журнал «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології», 2020.
15. Smith, J., "Sensor Networks for Environmental Monitoring with Arduino", IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2019.
16. Arduino Project Hub: [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://create.arduino.cc/projecthub>
17. Документація для датчиків температури та вологості (DHT11, DHT22): [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://learn.adafruit.com/dht>
18. Arduino cloud [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://cloud.arduino.cc/how-it-works>
19. Бугай Д.О., Тужанський С.Є. Інформаційно-вимірювальна система автоамтизованого клімат-контролю. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «АКТУАЛЬНІ ЗАДАЧІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ». Тернопіль, 11-12 грудня 2024 року. URL: https://tntu.edu.ua/storage/pages/00001070/TNTU_Aktualni_zadachi_suchasnyh_tehnologiy_2024.pdf
20. Документація ESP8266 NodeMCU [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://nodemcu.readthedocs.io/en/latest/>
21. Левченко Ю. М. Розробка системи контролю та моніторингу вологості і температури приміщення / Ю. М. Левченко, Л. П. Голубєв, Ю. М. Пилипенко, В. Б. Дроменко // Технології та дизайн. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_4_16.

22. Принципова схема NodeMCU ESP8266 V2 –
https://www.researchgate.net/figure/ESP8266-module-circuit-diagram_fig3_328749402

23. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.

24. Кавецький В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень: практикум / В. В. Кавецький, В. О. Козловський, І. В. Причепа – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 113 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

(обов'язковий)

Вінницький національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри БМІОЕС

к.т.н., доцент

Л.Г.Коваль

“ 18 ” 09 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

на тему:

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО
КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ

Керівник роботи

к.т.н., доцент

С. Є. Тужанський

Розробив

студент гр.ЛТО-23м

О.Д. Бугай

Вінниця, 2024

1. Підстава для виконання проекту

Робота виконується на підставі наказу ректора ВНТУ № 310 від 17.09.2024 р. та індивідуального завдання.

2. Мета та призначення

Метою роботи є розширення функціональних можливостей методу і засобу автоматизованого кліматичного контролю виробничих приміщень за рахунок динамічного вимірювання і аналізу параметрів якості фізичного середовища (температура, вологість, тиск, концентрація CO₂ у повітрі, рівень освітленості) у реальному масштабі часу.

3. Технічні вимоги

3.1. Склад засобу контролю :

3.2. Технічні параметри методу і системи:

Метод контролю – автоматизований вимірювальний контроль характеристик якості повітря та освітленості у приміщеннях із підтримкою відповідних значень у заданому діапазоні;

Склад системи:

Мікропроцесорний блок ESP8266 NodeMCU,

Wi-Fi роутер,

датчик температури (0-50°C),

датчик вологості (20-95%),

датчик тиску (300-1100кПа),

датчик вмісту CO₂ (0-5000ppm),

ПЗ Arduino IDE, Arduino Cloude

3.3. Вимоги надійності

- наробка на відмову, не менш 10000 год.;

- ремонтпридатність, не більш 0,5 год.

3.4. Умови експлуатації:

- температура навколишнього середовища, °C, 0...+40;

- вологість, % ... до 95.

3.5. Естетичні і ергономічні вимоги

- вага, кг ... не обмежується;

- габаритні розміри системи, см не регламентуються.

4. Джерела розробки

1. Схемотехніка: Пристрої цифрової електроніки: підручник. У 2 т. / В. М. Рябенський, В. Я. Жуйков, Ю. С. Ямненко, О. В. Борисов. Київ : НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2015. Т.1. 400 с.
2. Кожем'яко В.П. Оптоелектронна схемотехніка. / В. П. Кожем'яко, С. В. Павлов, М.Г. Тарновський. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 189 с.

3. Початок роботи з хмарою Інтернету речей Arduino [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://docs.arduino.cc/arduinocloud/getting-started/iot-cloud-getting-started>.
4. Левченко Ю. М. Розробка системи контролю та моніторингу вологості і температури приміщення / Ю. М. Левченко, Л. П. Голубєв, Ю. М. Пилипенко, В. Б. Дроменко // Технології та дизайн. - 2017. - № 4. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_4_16.
5. Arduino IDE [Електронний ресурс]: Arduino IDE // - Режим доступу: <https://arduino-ide.com/>.

5. Етапи МКР і терміни виконання

№ пп	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Розробка, погодження і затвердження ТЗ	10.09.24	17.09.24	Затверджене ТЗ
2	Аналітичний огляд літературних джерел за темою МКР	18.09.24	05.10.24	Технічна частина
3	Вибір та обґрунтування електричних схем, розробка методики кліматичного контролю, модельні і технічні розрахунки, проєктування засобу контролю та його компонентів, розробка програмного забезпечення	06.10.24	15.11.24	Технічна частина
4	Розрахунок економічних показників розробки	16.11.24	30.11.24	Економічна частина
6	Оформлення необхідної технічної документації, підготовка до публічного захисту	01.12.24	05.12.24	МКР

6. Порядок контролю і приймання

Контроль за виконанням магістерської кваліфікаційної роботи та її етапів покладається на керівника.

Приймання роботи здійснюється шляхом публічного захисту перед екзаменаційною комісією, призначеною за наказом ректора ВНТУ.

7. Вимоги щодо технічного захисту інформації

У зв'язку з тим, що інформація не є конфіденційною, заходи з технічного захисту не передбачаються.

Додаток Б
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Інформаційно-вимірювальна система автоматизованого клімат-контролю

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(МКР, БДР)

Підрозділ: кафедра БМІОЕС, ФІЕС
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

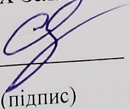
Оригінальність 83% Схожість 17%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

V 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату

☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри

☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень

Особа, відповідальна за перевірку  Тужанський С.Є.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою

Unichек щодо роботи

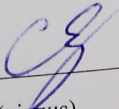
Автор


(підпис)

Бугай Д.О.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Тужанський С.Є.

(прізвище, ініціали)

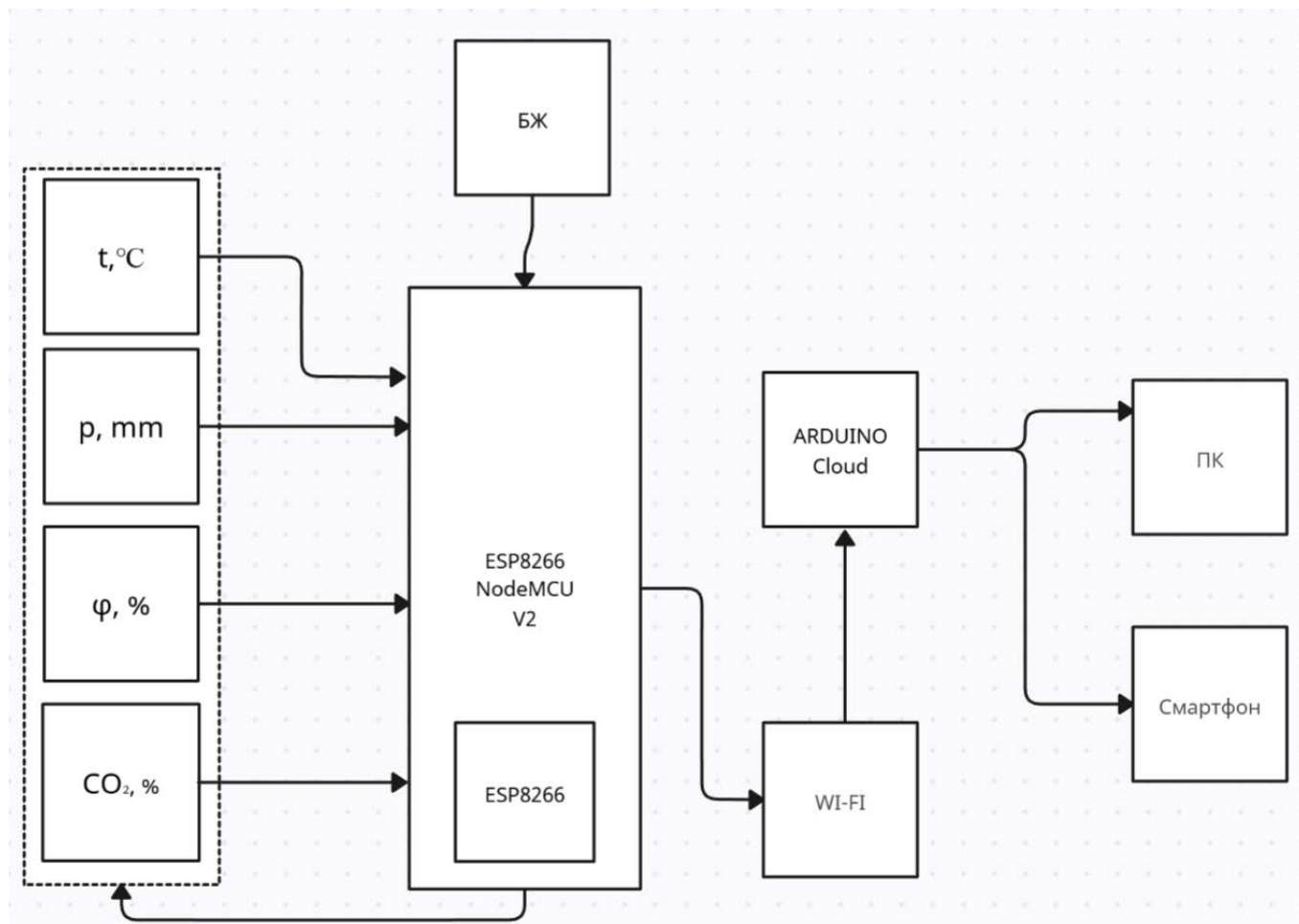
Додаток В
(обов'язковий)

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО
КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ

Графічна частина

Додаток В1

Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи
автоматизованого клімат-контролю



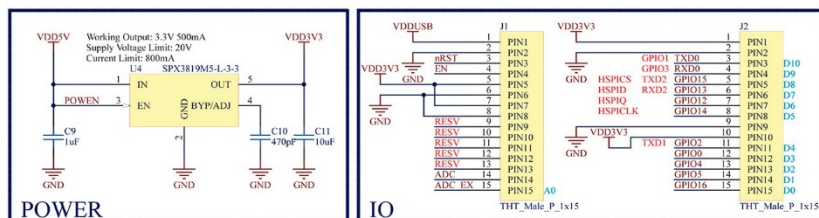
Додаток В2

Блок-схема скетчу

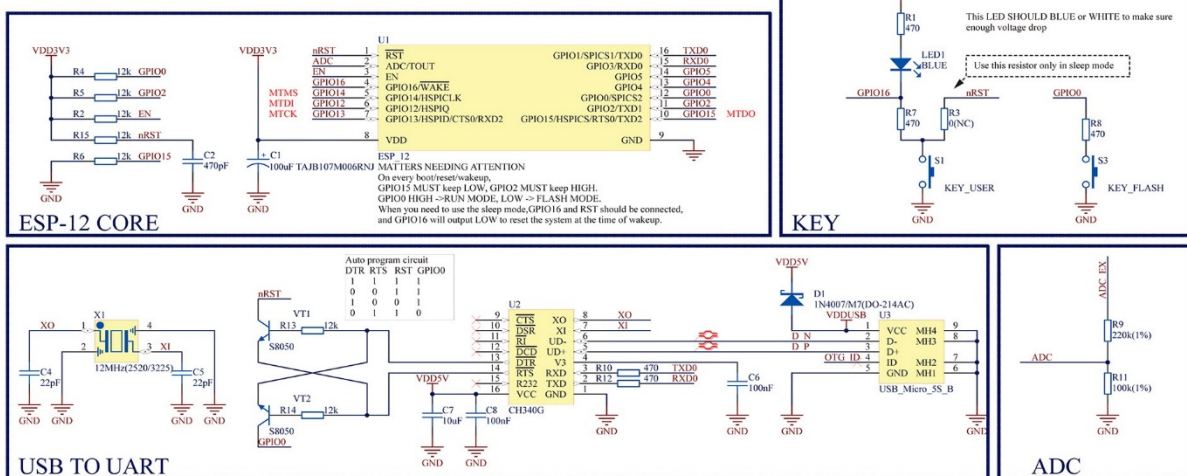


Додаток В3

Структура схема плати ESP8266 NodeMCU



NODE MCU



Додаток В3

Принципові схеми датчиків

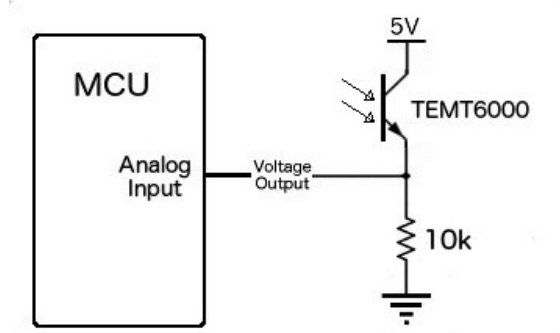


Схема TEMT6000

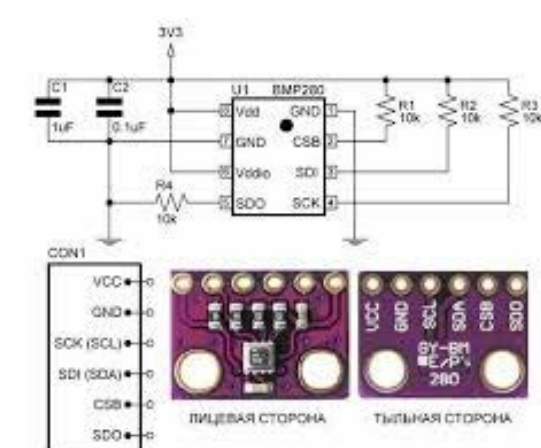


Схема BMP280

Додаток В4

Принципові схеми датчиків

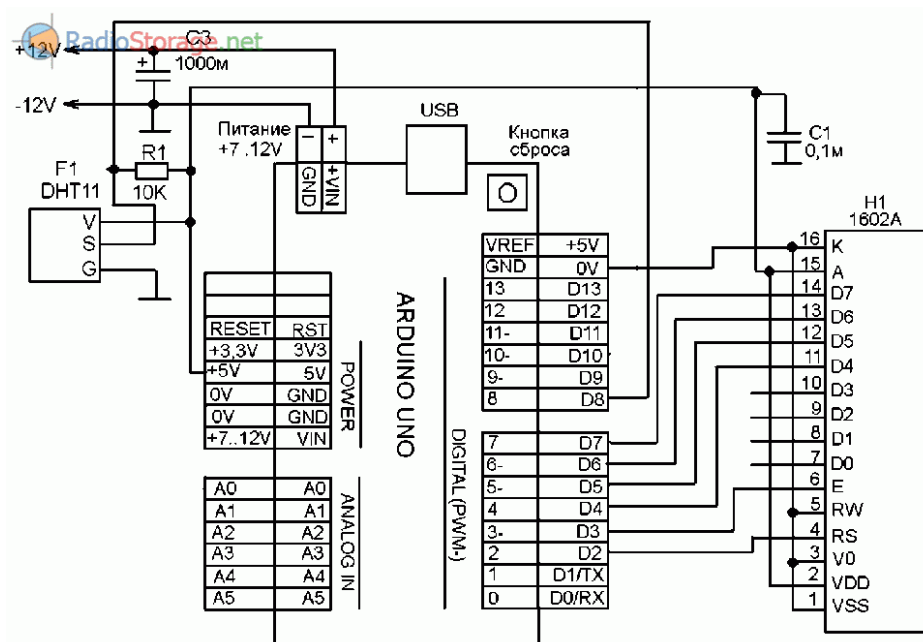


Схема DHT11

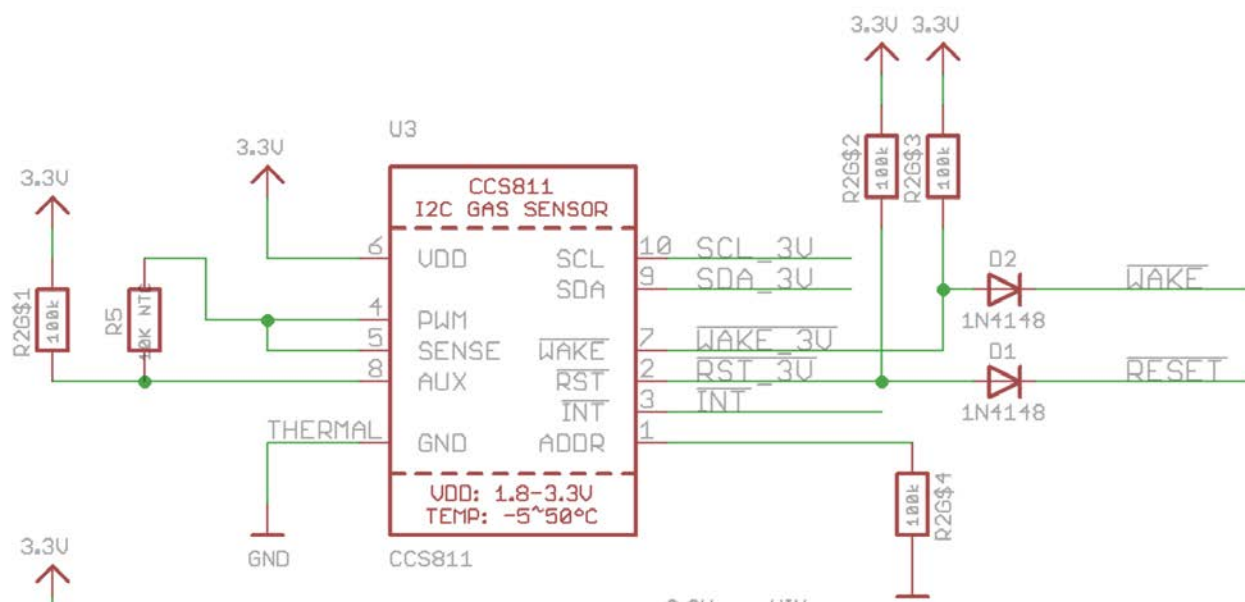


Схема css

Додаток Г

Скетч для програмування мікроконтролера

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_CCS811.h>
#include "thingProperties.h"
#include <DHT.h>

DHT dht(D6, DHT11);
Adafruit_CCS811 ccs;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  dht.begin();
  Wire.begin(D2, D1);

  if (!ccs.begin(0x5A)) {
    Serial.println("Помилка: CCS811 не знайдено за адресою 0x5A. Спробуйте
0x5B.");
    while (1);
  }
  Serial.println("CCS811 успішно ініціалізовано.");

  initProperties();
  ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);

  delay(1500);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
    hum = dht.readHumidity();
```

```
    temp = dht.readTemperature();
```

```
    carbonDioxide = ccs.geteCO2();
```

```
    isWet;
```

```
    if (hum > 50){
```

```
        isWet = true;
```

```
    }
```

```
    else{
```

```
        isWet = false;
```

```
    }
```

```
    if (ccs.available()) {
```

```
        if (ccs.readData()) {
```

```
            Serial.println("Помилка читання даних із CCS811!");
```

```
        }
```

```
    }
```

```
    Serial.print("humidity: ");
```

```
    Serial.println(hum);
```

```
    Serial.print("temperature: ");
```

```
    Serial.println(temp);
```

```
    Serial.print("CO2: ");
```

```
    Serial.println(carbonDioxide);
```

```
Serial.print("is dryer on ");  
Serial.println(isWet);  
  
ArduinoCloud.update();  
  
delay(2000);  
}  
void onTempChange() {  
    // Add your code here to act upon Temp change  
}  
void onHumChange() {  
    // Add your code here to act upon Hum change  
}  
void onIsWetChange() {  
    // Add your code here to act upon IsWet change  
}  
void onCO2Change() {  
    // Add your code here to act upon CO2 change  
}  
void onCarbonDioxideChange() {  
    // Add your code here to act upon CarbonDioxide change  
}  
void onGasChange() {  
    // Add your code here to act upon Gas change  
}
```


Додаток Г2

Мережевий скетч для мікроконтролера

```
// Code generated by Arduino IoT Cloud, DO NOT EDIT.
```

```
#include <ArduinoIoTCloud.h>
```

```
#include <Arduino_ConnectionHandler.h>
```

```
const char DEVICE_LOGIN_NAME[] = "5d00430b-634d-46a6-a5e6-98d198b1b425";
```

```
const char SSID[] = SECRET_SSID; // Network SSID (name)
```

```
const char PASS[] = SECRET_OPTIONAL_PASS; // Network password (use  
for WPA, or use as key for WEP)
```

```
const char DEVICE_KEY[] = SECRET_DEVICE_KEY; // Secret device password
```

```
void onCarbonDioxideChange();
```

```
void onGasChange();
```

```
void onHumChange();
```

```
void onTempChange();
```

```
void onIsWetChange();
```

```
int carbonDioxide;
```

```
int gas;
```

```
int hum;
```

```
int temp;
```

```
bool isWet;
```

```
void initProperties(){
```

```
ArduinoCloud.setBoardId(DEVICE_LOGIN_NAME);
ArduinoCloud.setSecretDeviceKey(DEVICE_KEY);
ArduinoCloud.addProperty(carbonDioxide, READWRITE, ON_CHANGE,
onCarbonDioxideChange);
ArduinoCloud.addProperty(gas, READWRITE, ON_CHANGE, onGasChange);
ArduinoCloud.addProperty(hum, READWRITE, ON_CHANGE, onHumChange);
ArduinoCloud.addProperty(temp, READWRITE, ON_CHANGE, onTempChange);
ArduinoCloud.addProperty(isWet, READWRITE, ON_CHANGE, onIsWetChange);

}
```

```
WiFiConnectionHandler ArduinoIoTPreferredConnection(SSID, PASS);
```