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

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)
Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр
(назва освітнього ступеня)

на тему: Аналіз IoT систем та розробка пристрою для контролю кліматичних параметрів у приміщенні

Виконав: студент VI курсу, групи СНм-61
спеціальності 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

_____ Сеник Ю.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Литвиненко Я.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ Никитюк В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Ясній О.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Боднарчук І.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«__22__» _грудня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Сеник Юрій Богданович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз IoT систем та розробка пристрою для контролю кліматичних параметрів у приміщенні

Керівник роботи Литвиненко Ярослав Володимирович, д.т.н., проф кафедри КН
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 27 » листопада 2025 року № 4/7-1042

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2025р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові публікації про пристрої для контролю кліматичних параметрів з використанням мікроконтролерів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. 1. Аналіз літературних джерел в напрямку побудови пристроїв для контролю кліматичних параметрів у приміщенні. 2 Мікроконтролери та давачі для контролю кліматичних параметрів. 3. Розробка пристрою для контролю кліматичних параметрів у приміщенні.

4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
4.1 Джерела іонізуючого, електромагнітного та віброакустичного випромінювання. 4.2 Безпека життєдіяльності. Мета та завдання.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1 Тема. 2 Мета, Об'єкт, Предмет дослідження. 3 Завдання дослідження. 4 Актуальність дослідження. 5. Огляд IoT систем. 6.Аналіз мікроконтролерів. 7. Аналіз елементної бази (давачі). 8. Розроблений пристрій (система) контролю кліматичних параметрів. 9. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сенчишин В.С., доцент кафедри МТ		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Теслюк В.М., проректор з адміністративно-господарської роботи та будівництва		

7. Дата видачі завдання 17 листопада 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	17.11.2025	*Виконано*
2.	Підбір наукових джерел про обраній тематиці	17.11.2025-24.11.2025	*Виконано*
	Аналіз джерел, які стосуються IoT систем		
	Аналіз джерел, які стосуються елементної бази		
3.	Опрацювання наукових публікацій та збір даних по	25.11.2025-08.12.2025	*Виконано*
	обраній темі роботи		
4.	Виконання дослідження згідно мети кваліфікаційної	09.12.2025-11.12.2025	*Виконано*
	роботи		
5.	Оформлення розділу «Аналіз літературних джерел в напрямку побудови пристроїв для контролю кліматичних параметрів у приміщенні»	09.12.2025-11.12.2025	*Виконано*
6.	Оформлення розділу «Мікроконтролери та давачі для контролю кліматичних параметрів».	09.12.2025-11.12.2025	*Виконано*
7.	Оформлення розділу «Розробка пристрою для контролю кліматичних параметрів у приміщенні»	09.12.2025-11.12.2025	*Виконано*
8.	Виконання завдання до підрозділу «Охорона праці»	09.12.2025-11.12.2025	*Виконано*
9.	Виконання завдання до підрозділу «Безпека в	02.12.2025-11.12.2025	*Виконано*
	надзвичайних ситуаціях»		
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	12.12.2025-15.12.2025	*Виконано*
11.	Нормоконтроль	12.12.2025-15.12.2025	*Виконано*
12.	Перевірка на плагіат	17.12.2025	*Виконано*
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	18.12.2025	*Виконано*
14.	Захист кваліфікаційної роботи	23.12.2025	

Студент _____ Сеник Ю.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Литвиненко Я.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Аналіз IoT систем та розробка пристрою для контролю кліматичних параметрів у приміщенні // Кваліфікаційна робота освітнього рівня «Магістр» // Сеник Юрій Богданович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних наук, група СНм-61 // Тернопіль, 2025 // С. , рис. – , табл. – , кресл. – , додат. – , бібліогр. – .

Ключові слова: мікроконтролер, інтернет речей (IoT), моніторинг кліматичних параметрів, сенсори, давачі.

Кваліфікаційна робота присв'ячена аналізу IoT систем та розробці пристроя (системи) для контролю кліматичних парметрів у системі. В першому розділі кваліфікаційної роботи описано огляд та порівняння IoT систем та їх складових які використовуються для побудови систем контролю кліматичних параметрів. У другому розділі описано основні складові компоненти (мікроконтролери та давачі), здійснено їх аналіз та обгрунтування для задачі побудови пристрою що здатен контролювати кліматичні параметри в приміщенні. У третьому розділі описана безпосередня розробка такого пристрою. У четвертому розділі описано питання які стосуються охорони праці, а саме, розглінуті джерела іонізуючого та електромагнітного випромінювання. А також питання мети та завдання безпеки у надзвичайних систуаціях.

Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є аналіз сучасних IoT-систем для моніторингу кліматичних параметрів та розробка пристрою на базі мікроконтролера, який забезпечує вимірювання, передавання та візуалізацію основних параметрів клімату в приміщенні з використанням бездротових технологій зв'язку.

Об'єкт дослідження є IoT-система моніторингу кліматичних параметрів у приміщенні, що включає сенсорні модулі, мікроконтролерний пристрій, засоби бездротового зв'язку та програмне забезпечення для збору, передавання й обробки даних про стан мікроклімату.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є методи та засоби збору, передавання і обробки даних кліматичних параметрів у приміщенні на основі IoT-технологій, а також апаратно-програмна реалізація мікроконтролерного пристрою для моніторингу температури, вологості та інших показників мікроклімату.

ANNOTATION

Analysis of Iot Systems and Development of a Device for Controlling Indoor Climate Parameters // Qualification work of the educational level "Master" // Senyk Yuriy Bogdanovych // Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Faculty of Computer and Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Science, Group SNm-61 // Ternopil, 2025 // C. , fig. – , tab. – , drawing – , append. – , bibliography – .

Keywords: microcontroller, Internet of Things (IoT), monitoring of climatic parameters, sensors, transducers.

The qualification work is devoted to the analysis of IoT systems and the development of a device (system) for controlling climatic parameters in the system. The first section of the qualification work describes a review and comparison of IoT systems and their components used to build climatic parameter control systems. The second section describes the main components (microcontrollers and sensors), their analysis and justification for the task of building a device capable of controlling climatic parameters in a room. The third section describes the direct development of such a device. The fourth section describes issues related to labor protection, namely, the identified sources of ionizing and electromagnetic radiation. As well as the issues of the purpose and task of safety in emergency situations.

The purpose of this qualification work of the educational level "Master" is the analysis of modern IoT systems for monitoring climatic parameters and the development of a microcontroller-based device that provides measurement, transmission and visualization of the main parameters of the indoor climate using wireless communication technologies.

The object of the study is an IoT system for monitoring indoor climatic parameters, which includes sensor modules, a microcontroller device, wireless communication means and software for collecting, transmitting and processing data on the state of the microclimate.

Subject of the study. The subject of the study is methods and means for collecting, transmitting and processing data on indoor climatic parameters based on IoT technologies, as well as hardware and software implementation of a microcontroller device for monitoring temperature, humidity and other microclimate indicators.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

IoT – Internet of Things (Інтернет речей);

CPS –Cyber-Physical System (кіберфізична система);

WMS –Wireless Monitoring System (бездротова система моніторингу);

MCU –Microcontroller Unit (мікроконтролер);

SoC –System on Chip (система на кристалі);

BMS –Building Management System (система керування будівлею);

HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning (опалення, вентиляція, кондиціювання);

WSN – Wireless Sensor Network (бездротова сенсорна мережа);

LPWAN – Low-Power Wide-Area Network (енергоощадна мережа великої дальності);

MQTT – Message Queuing Telemetry Transport (протокол обміну даними IoT);

CoAP – Constrained Application Protocol;

BLE – Bluetooth Low Energy;

ZigBee – протокол бездротового зв’язку для IoT.

ЗМІСТ

ВСТУП 10
1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ В НАПРЯМКУ ПОБУДОВИ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ПРИМІЩЕННІ 13
1.1 Вимоги до систем контролю мікроклімату 13
1.2 Сенсорні елементи та їх характеристики. 15
1.3 Апаратна архітектура пристрою. 17
1.4 Засоби передавання та обробки даних 18
1.5 Оглят відомих IoT систем для контроля параметрів клімату у приміщенні 19
1.6 Перспективи розвитку та інтеграції 25
1.7 Висновок до першого розділу 26
2 МІКРОКОНТРОЛЕРИ ТА ДАВАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ 27
2.1 Огляд та порівння мікроконтролерів для розробки системи контролю кліматичних параметрів 27
2.2 Інтерфейси взаємодії мікроконтролерів із давачами 34
2.3 Огляд та порівння давачів кліматичних параметрів 36
2.4 Метрологічні характеристики давачів 44
2.5 Особливості інтеграції давачів у мікроконтролерні системи 45
2.6 Огляд та порівння пристроїв передачі інформації 47
2.7 Висновок до другого розділу 49
3 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ПРИМІЩЕННІ 50
3.1 Розробка електричної схеми пристрою 50
3.2 Розробка програмного забезпечення 54
3.3 Висновок до третього розділу 62
3.1 Джерела іонізуючого, електромагнітного та віброакустичного випромінювання 63

3.2 Безпека життєдіяльності. Мета та завдання 68
3.3 Висновок до четвертого розділу 72
ВИСНОВКИ..... 73
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ..... 74
ДОДАТКИ

ВСТУП

Актуальність теми. умовах стрімкого розвитку цифрових технологій та концепції «розумних будівель» особливої актуальності набуває застосування систем Інтернету речей (IoT) для автоматизованого контролю та управління параметрами мікроклімату в приміщеннях. Температура, вологість, рівень вуглекислого газу та інші кліматичні показники безпосередньо впливають на комфорт, продуктивність праці, стан здоров’я людей, а також на енергоефективність будівель.

Сучасні системи опалення, вентиляції та кондиціювання (HVAC) часто працюють за фіксованими або застарілими алгоритмами, що не забезпечує оперативного реагування на зміну умов середовища та призводить до надлишкового споживання енергоресурсів. Використання IoT-підходів дозволяє реалізувати безперервний моніторинг кліматичних параметрів у реальному часі, віддалений доступ до даних, їх аналітичну обробку та інтеграцію з іншими інтелектуальними системами будівлі.

Особливо актуальною є розробка компактних, енергоощадних і недорогих пристроїв контролю кліматичних параметрів на базі мікроконтролерів та бездротових технологій зв’язку. Такі пристрої забезпечують масштабованість системи, простоту впровадження та можливість адаптації до різних типів приміщень - житлових, навчальних, офісних або промислових.

Таким чином, аналіз існуючих IoT-систем і розробка власного пристрою для контролю кліматичних параметрів у приміщенні є актуальним науково-практичним завданням, спрямованим на підвищення комфорту, енергоефективності та рівня автоматизації сучасних будівель.

Мета і задачі дослідження. Метою даної кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» є аналіз сучасних IoT-систем для моніторингу кліматичних параметрів та розробка пристрою на базі мікроконтролера, який забезпечує вимірювання, передавання та візуалізацію основних параметрів

клімату в приміщенні з використанням бездротових технологій зв’язку. Для досягнення поставленої мети потрібно виконати ряд завдань, зокрема:

– Проаналізувати існуючі IoT-системи та рішення для контролю кліматичних параметрів у приміщеннях, визначити їх переваги та недоліки.

– Обґрунтувати вибір архітектури IoT-системи та основних апаратних і програмних компонентів.

– Вибрати та обґрунтувати набір сенсорів для вимірювання кліматичних параметрів (температури, вологості, якості повітря тощо).

– Розробити структурну та принципову схеми пристрою контролю кліматичних параметрів.

– Реалізувати програмне забезпечення мікроконтролера для збору, обробки та передавання даних.

Об’єкт дослідження є IoT-система моніторингу кліматичних параметрів у приміщенні, що включає сенсорні модулі, мікроконтролерний пристрій, засоби бездротового зв’язку та програмне забезпечення для збору, передавання й обробки даних про стан мікроклімату.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є методи та засоби збору, передавання і обробки даних кліматичних параметрів у приміщенні на основі IoT-технологій, а також апаратно-програмна реалізація мікроконтролерного пристрою для моніторингу температури, вологості та інших показників мікроклімату.

Методи дослідження.

Методи системного аналізу - для дослідження архітектури IoT-систем, визначення взаємозв’язків між їх апаратними та програмними компонентами. Метод порівняльного аналізу - для оцінювання існуючих технічних рішень і вибору оптимальних компонентів системи контролю кліматичних параметрів. Метод схемотехнічного проєктування - для розробки структурної та принципової схем пристрою. Методи програмної інженерії - для розробки та тестування програмного забезпечення мікроконтролера та взаємодії з IoT-платформами.

Наукова новизна одержаних результатів кваліфікаційної роботи полягає у тому, що розроблена IoT-система моніторингу кліматичних параметрів у приміщенні на основі аналізу та обгрунтування мікроконтролерів та сенсорних модулів.

Практичне значення одержаних результатів. Виконано розробку прототипу IoT-системи для моніторингу кліматичних параметрів у приміщенні, що включає сенсорні модулі, мікроконтролерний пристрій.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні результати проведених досліджень обговорювались на XIII науково-технічній конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя (м. Тернопіль, 2025 р.).

Публікації. Основні результати кваліфікаційної роботи опубліковано у двох працях конференції (Див. додатки А).

Структура й обсяг кваліфікаційної роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури з 28 найменувань та 2 додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 83 сторінки, з них 73 сторінки основного тексту, який містить 20 рисунків та 9 таблиць.

1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ В НАПРЯМКУ ПОБУДОВИ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ПРИМІЩЕННІ

1.1 Вимоги до систем контролю мікроклімату

Приступаючи до аналізу та розробки обраної тематики необхідено перш за все визначити вимоги до такої системи. Розглянемо їх.

Розглянемо узагальнені вимоги до систем контролю мікроклімату які можна поділити на наступні категорії:

Функціональні вимоги

Система повинна забезпечувати безперервний моніторинг основних параметрів мікроклімату, зокрема температури, відносної вологості, якості повітря (CO_2, VOC) та, за потреби, атмосферного тиску. Має бути передбачена можливість віддаленого доступу до даних у реальному часі.

Метрологічні вимоги

Вимірювання кліматичних параметрів повинні здійснюватися з заданою точністю та повторюваністю. Система має забезпечувати стабільність показів, мінімальну похибку та можливість калібрування сенсорів у процесі експлуатації.

Технічні вимоги

Система повинна характеризуватися низьким енергоспоживанням, високою надійністю та стійкістю до зовнішніх завад. Апаратна частина має підтримувати стандартизовані інтерфейси підключення давачів і засобів зв’язку.

Вимоги до передачі та обробки даних

Має бути реалізована надійна бездротова передача даних із використанням сучасних протоколів IoT. Система повинна підтримувати збереження, обробку та візуалізацію інформації, а також інтеграцію з хмарними сервісами або іншими автоматизованими системами.

Експлуатаційні та економічні вимоги

Система повинна бути простою в налаштуванні та обслуговуванні, мати модульну структуру для масштабування та характеризуватися доцільною вартістю впровадження. Конструкція пристрою має відповідати умовам тривалої експлуатації в приміщенні.

Аналіз функціональних, метрологічних та експлуатаційних вимог до пристроїв контролю температури, вологості, якості повітря, енергоефективності та надійності.

Розглянемо аналіз функціональних вимог.

Пристрої контролю мікроклімату повинні забезпечувати безперервне та одночасне вимірювання основних параметрів середовища: температури, відносної вологості та показників якості повітря (зокрема концентрації CO_2, летких органічних сполук, за необхідності - дрібнодисперсних частинок). Функціональні можливості мають включати збір даних у реальному часі, їх попередню обробку, збереження та передавання до користувацького інтерфейсу або серверної частини IoT-системи. Важливою вимогою є підтримка налаштування порогових значень і формування попереджень при виході параметрів за допустимі межі.

Аналіз метрологічних вимог

Метрологічні характеристики пристроїв повинні забезпечувати необхідну точність та стабільність вимірювань у межах робочих діапазонів. Для температури та вологості ключовими показниками є абсолютна похибка, роздільна здатність і повторюваність результатів. Для сенсорів якості повітря додатково враховується час відгуку та чутливість до змін концентрацій. Пристрої повинні мати можливість калібрування та корекції показів з урахуванням впливу температури, вологості та старіння сенсорів, що є критичним для довготривалої експлуатації.

Аналіз експлуатаційних вимог

З експлуатаційної точки зору пристрої контролю мікроклімату мають бути компактними, надійними та придатними для тривалої безперервної роботи в приміщенні. Конструкція повинна забезпечувати захист електронних компонентів від пилу, конденсату та механічних впливів. Важливою вимогою є

простота монтажу, налаштування та технічного обслуговування, а також можливість оновлення програмного забезпечення без демонтажу пристрою.

Вимоги до енергоефективності

Енергоефективність є одним із ключових чинників при проєктуванні IoT-пристроїв. Пристрої повинні характеризуватися низьким енергоспоживанням, підтримувати режими сну та адаптивне керування живленням. Це особливо важливо для автономних систем із батарейним живленням, де термін безперервної роботи без заміни джерела живлення є критичним показником ефективності.

Вимоги до надійності

Надійність пристроїв контролю мікроклімату визначається стабільністю роботи апаратної та програмної частин, стійкістю до збоїв зв’язку та електричних завад. Система повинна забезпечувати збереження даних у разі короткочасних відмов живлення або зв’язку, а також можливість автоматичного відновлення роботи. Висока надійність є необхідною умовою для застосування таких пристроїв у житлових, офісних і промислових приміщеннях.

1.2 Сенсорні елементи та їх характеристики

Проведемо огляд типів датчиків кліматичних параметрів, їх точності, діапазонів вимірювання, швидкодії та особливостей інтеграції в мікроконтролерні системи.

Сенсорні елементи є ключовими складовими систем контролю мікроклімату, оскільки саме вони забезпечують отримання достовірної інформації про параметри внутрішнього середовища. Вибір давачів визначається вимогами до точності вимірювань, стабільності показів, енергоефективності та можливості інтеграції з мікроконтролерними системами.

Давачі температури

Давачі температури призначені для вимірювання температури повітря в приміщенні та забезпечення комфортних умов перебування людини. У

системах контролю клімату найбільш поширеними є цифрові термоДавачі та терморезистивні сенсори. Основними характеристиками таких давачів є діапазон вимірювання, точність, роздільна здатність і швидкодія. Для приміщень зазвичай достатнім є діапазон від −10 °C до +50 °C із похибкою не більше ±0,5 °C.

Давачі відносної вологості

Давачі вологості застосовуються для контролю рівня відносної вологості повітря, що впливає на самопочуття людей та стан обладнання. Найчастіше використовуються ємнісні сенсори вологості, які характеризуються стабільністю показів і невеликим енергоспоживанням. Ключовими параметрами є діапазон вимірювання (0–100 %), точність, гістерезис і температурна залежність результатів вимірювань.

Давачі якості повітря

Для оцінювання якості повітря в приміщенні застосовуються сенсори концентрації вуглекислого газу (CO_2), летких органічних сполук (VOC) та, за потреби, дрібнодисперсних частинок. Такі давачі дозволяють визначати рівень вентиляції та загальний стан повітря. Основними характеристиками є чутливість, час відгуку, довготривала стабільність і потреба в періодичному калібруванні.

Давачі атмосферного тиску

Давачі атмосферного тиску використовуються як допоміжні елементи для уточнення кліматичних умов та корекції вимірювань інших параметрів. Вони характеризуються високою роздільною здатністю, низьким енергоспоживанням та широким діапазоном вимірювання, що робить їх доцільними для інтеграції в IoT-системи контролю клімату.

Загальні вимоги до сенсорних елементів

Сенсорні елементи для систем контролю клімату повинні мати цифрові інтерфейси зв’язку (I^2C, SPI, UART), низьке енергоспоживання та можливість довготривалої стабільної роботи без втрати точності. Важливими є також компактні розміри, простота калібрування та сумісність із обраною мікроконтролерною платформою.

1.3 Апаратна архітектура пристрою

Проведео узагальнений огляд мікроконтролерних платформ, способів живлення, інтерфейсів підключення сенсорів та модулів бездротового зв’язку.

Апаратна архітектура пристрою контролю температури визначає структурну організацію його основних компонентів та принцип їх взаємодії. Вона повинна забезпечувати точне вимірювання температури, надійну обробку даних, їх передавання та стабільну роботу пристрою в умовах тривалої експлуатації.

Структура апаратної частини пристрою

До складу апаратної частини пристрою входять такі основні блоки: температурний давач, мікроконтролерний модуль, блок живлення, засоби зв’язку та допоміжні елементи. Температурний давач здійснює перетворення фізичної величини температури в електричний сигнал, який надходить до мікроконтролера для подальшої обробки.

Мікроконтролерний блок

Мікроконтролер є центральним елементом пристрою та виконує функції збору даних із температурного сенсора, їх цифрової обробки та керування іншими модулями. При виборі мікроконтролера враховуються такі характеристики, як кількість входів/виходів, наявність інтерфейсів I²C, SPI або UART, обчислювальна потужність та енергоспоживання. Для IoT-застосувань доцільним є використання мікроконтролерів із вбудованими модулями бездротового зв’язку.

Температурний давач та інтерфейси підключення

Температурний давач може бути реалізований на базі цифрових або аналогових сенсорів. Цифрові сенсори забезпечують вищу завадостійкість та спрощують інтеграцію з мікроконтролером, тоді як аналогові потребують використання аналого-цифрових перетворювачів. Інтерфейс підключення вибирається з урахуванням швидкодії, надійності та простоти реалізації.

Блок живлення

Блок живлення забезпечує стабільне електроживлення всіх компонентів пристрою. Він може бути реалізований на базі мережевого адаптера або автономного джерела живлення (акумулятора чи батареї). У архітектурі пристрою передбачаються стабілізатори напруги та засоби захисту від перенапруг і перевантажень.

Засоби зв’язку та індикації

Для передавання даних про температуру можуть використовуватися бездротові або дротові канали зв’язку. Крім того, апаратна архітектура може включати елементи локальної індикації, такі як світлодіоди або дисплеї, що забезпечують відображення поточного значення температури та стану пристрою.

1.4 Засоби передавання та обробки даних

Аналіз бездротових технологій. зв’язку, протоколів обміну даними та принципів зберігання і візуалізації кліматичних параметрів.

Ефективне функціонування систем контролю кліматичних параметрів значною мірою залежить від засобів передавання та обробки даних, які забезпечують надійний обмін інформацією між сенсорними елементами, мікроконтролерним пристроєм та користувацьким інтерфейсом або серверною частиною IoT-системи.

Засоби передавання даних

Для передавання даних у системах контролю клімату найчастіше використовуються бездротові технології зв’язку, що забезпечують гнучкість розміщення пристроїв та спрощують їх інтеграцію. До поширених рішень належать Wi-Fi, Bluetooth Low Energy, ZigBee та LPWAN-технології. Вибір конкретного засобу зв’язку залежить від дальності передавання, швидкості обміну даними, енергоспоживання та кількості підключених вузлів.

Для обміну даними на рівні IoT-платформ застосовуються легковагові протоколи, зокрема MQTT або CoAP, які оптимізовані для роботи з

обмеженими ресурсами мікроконтролерів і забезпечують надійну доставку даних у режимі реального часу.

Обробка даних на рівні пристрою

Первинна обробка даних здійснюється безпосередньо на мікроконтролері. Вона включає зчитування показів сенсорів, фільтрацію шумів, усереднення значень, перевірку на коректність та порівняння з заданими пороговими параметрами. Такий підхід дозволяє зменшити обсяг передаваних даних і підвищити швидкодію системи.

Серверна та хмарна обробка даних

На серверному або хмарному рівні виконується зберігання, аналітична обробка та візуалізація кліматичних параметрів. Дані можуть накопичуватися у базах даних для подальшого аналізу тенденцій, формування звітів та прогнозування змін мікроклімату. Хмарна обробка також забезпечує доступ користувачів до інформації з будь-яких пристроїв та підтримує інтеграцію з іншими системами автоматизації.

Забезпечення надійності та безпеки даних

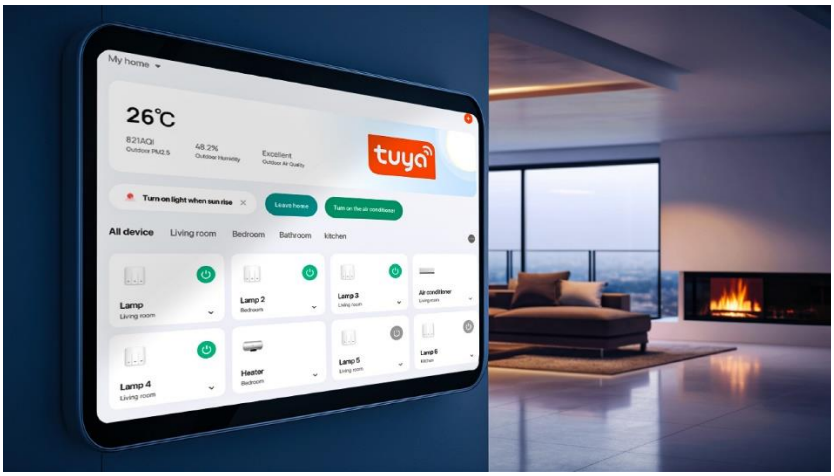
Засоби передавання та обробки даних повинні забезпечувати захист інформації від втрати та несанкціонованого доступу. Для цього застосовуються механізми автентифікації, шифрування каналів зв’язку та резервного збереження даних. Надійність обміну є критичною умовою для стабільної роботи систем контролю кліматичних параметрів у реальних умовах експлуатації.

1.5 Огляд відомих IoT систем для контроля параметрів клімату у приміщенні

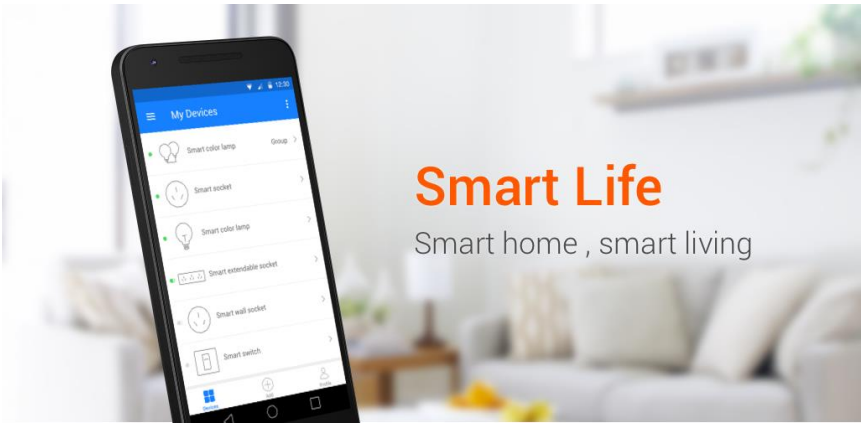
Проведемо огляд типових систем які дозволяють контролювати параметри клімату у приміщенні. Для порівняння наведені в таблиці 1.1.

Розглянуті IoT-системи контролю клімату в приміщенні відрізняються за архітектурою, функціональними можливостями та рівнем інтеграції. Комерційні платформи, такі як Tuya Smart та Xiaomi Mi Home, орієнтовані на масового користувача та забезпечують швидке впровадження рішень із

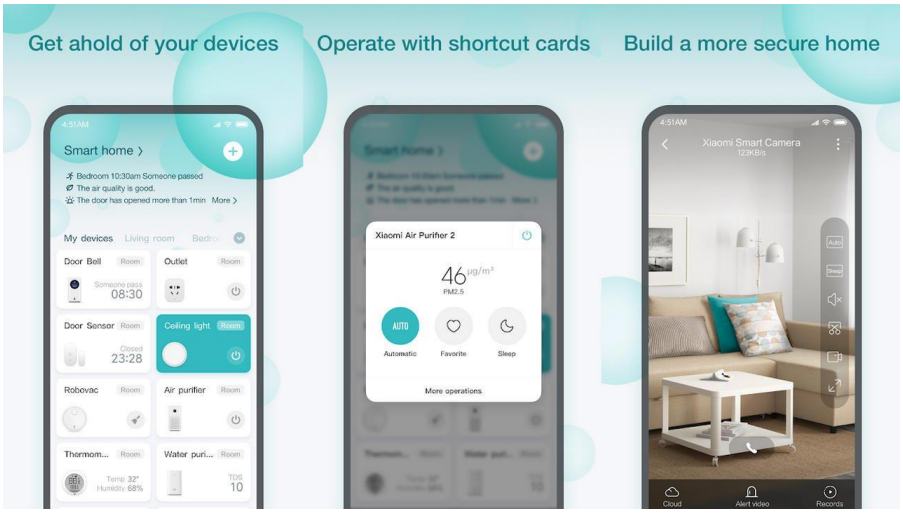
мінімальними налаштуваннями. Водночас їхнім недоліком є обмежена гнучкість і залежність від хмарних сервісів.



а)



б)



в)

Рисунок 1.1 – IoT системи: а) Tuya Smart; б) Smart Life; в) Xiaomi Mi Home

Системи класу BMS застосовуються переважно у великих будівлях та промислових об’єктах. Вони забезпечують високий рівень надійності, точності та інтеграції з HVAC-обладнанням, проте характеризуються значною вартістю та складністю впровадження, що обмежує їх використання в малих і середніх приміщеннях.

Системи класу BMS (Building Management System) призначені для централізованого моніторингу та керування інженерними системами будівель, зокрема системами опалення, вентиляції та кондиціювання повітря (HVAC), освітлення, електропостачання та безпеки. У сфері контролю кліматичних параметрів BMS забезпечують комплексний підхід до підтримання оптимального мікроклімату в приміщеннях із урахуванням енергоефективності та комфорту користувачів.

Основною особливістю BMS є ієрархічна архітектура, що включає рівень польових пристроїв (давачі температури, вологості, тиску, CO_2), рівень локальних контролерів та рівень центрального сервера або диспетчерського пункту. Така структура дозволяє здійснювати збір даних у реальному часі, їх обробку та керування виконавчими механізмами відповідно до заданих алгоритмів.

Таблиця 1.1

Порівняльна таблиця IoT-систем контролю клімату в приміщенні

Назва системи	**Контрольовані параметри**	**Технологія зв’язку**	**Архітектура**	**Переваги**	**Недоліки**
Tuya Smart / Smart Life	Температура, вологість, CO_2 (опційно)	Wi-Fi	Хмарна	Простота налаштування, широка підтримка пристроїв	Залежність від хмари, обмежена кастомізація
Xiaomi Mi Home	Температура, вологість, якість повітря	ZigBee, Wi-Fi	Хмарна + локальна	Низька вартість сенсорів, стабільна робота	Закрита екосистема
Home Assistant	Температура, вологість,	Wi-Fi, ZigBee,	Локальна/гібридна	Висока гнучкість,	Складніше налаштуван

Назва системи	Контрольовані параметри	Технологія зв’язку	Архітектура	Переваги	Недоліки
(DIY IoT)	CO_2, VOC, PM	BLE, LoRa		відкритий код	ня
BMS (Honeywell, Siemens)	Повний набір кліматичних параметрів	BACnet, Modbus, Ethernet	Централізована	Висока надійність, промислові стандарти	Висока вартість
Custom ESP32 IoT	Температура, вологість, CO_2	Wi-Fi, BLE	Локальна/хмарна	Низька вартість, масштабованість	Потребує розробки ПЗ

BMS-системи використовують промислові протоколи обміну даними, зокрема BACnet, Modbus та KNX, що забезпечує високу надійність, завадостійкість і сумісність обладнання різних виробників. Дані з сенсорів можуть зберігатися у централізованих базах даних для подальшого аналізу, формування звітів і оптимізації режимів роботи кліматичних систем.

Перевагою систем класу BMS є можливість автоматичного регулювання параметрів мікроклімату з урахуванням зовнішніх умов, графіків використання приміщень і присутності людей. Це дозволяє суттєво знизити енергоспоживання та експлуатаційні витрати, особливо у великих офісних, навчальних і промислових будівлях.

Разом з тим, впровадження BMS характеризується високою вартістю обладнання, складністю проєктування та необхідністю залучення кваліфікованого персоналу для налаштування й обслуговування. Тому такі системи є доцільними переважно для об’єктів великої площі, де переваги централізованого керування переважають витрати на реалізацію.

Таким чином, системи класу BMS є ефективним інструментом комплексного контролю кліматичних параметрів у приміщеннях, забезпечуючи високий рівень автоматизації, надійності та енергоефективності.

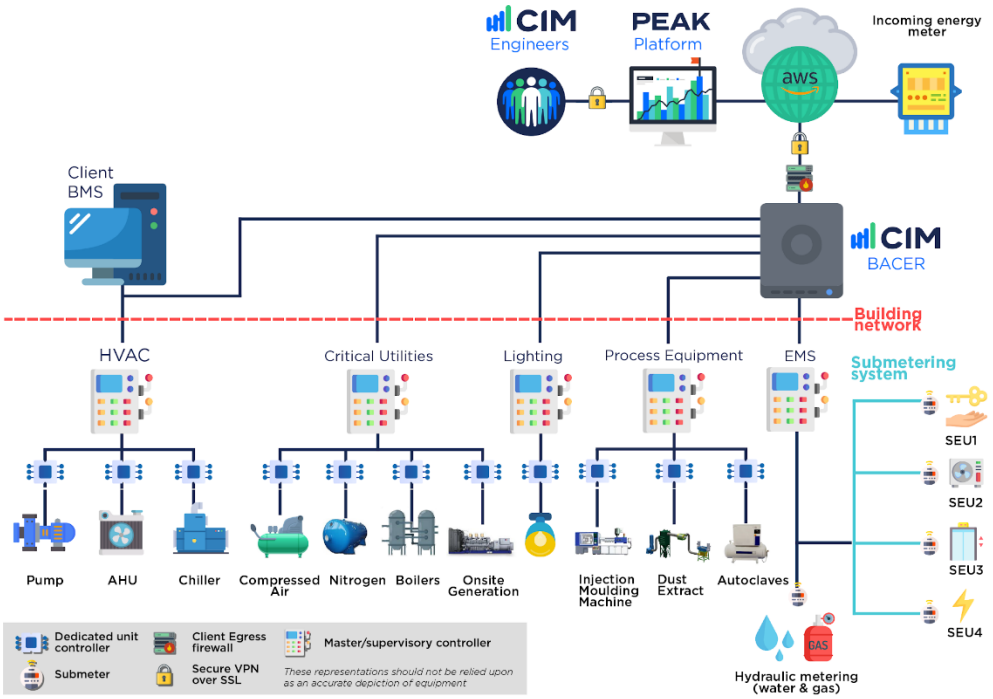


Рисунок 1.2 – IoT системи класу BMS

DIY-платформи, зокрема Home Assistant або індивідуально розроблені IoT-системи на базі ESP32, поєднують гнучкість, масштабованість та низьку вартість апаратної частини. Вони дозволяють адаптувати систему під конкретні вимоги, інтегрувати різні типи сенсорів і реалізувати локальну обробку даних. Основним недоліком таких рішень є підвищені вимоги до кваліфікації розробника.

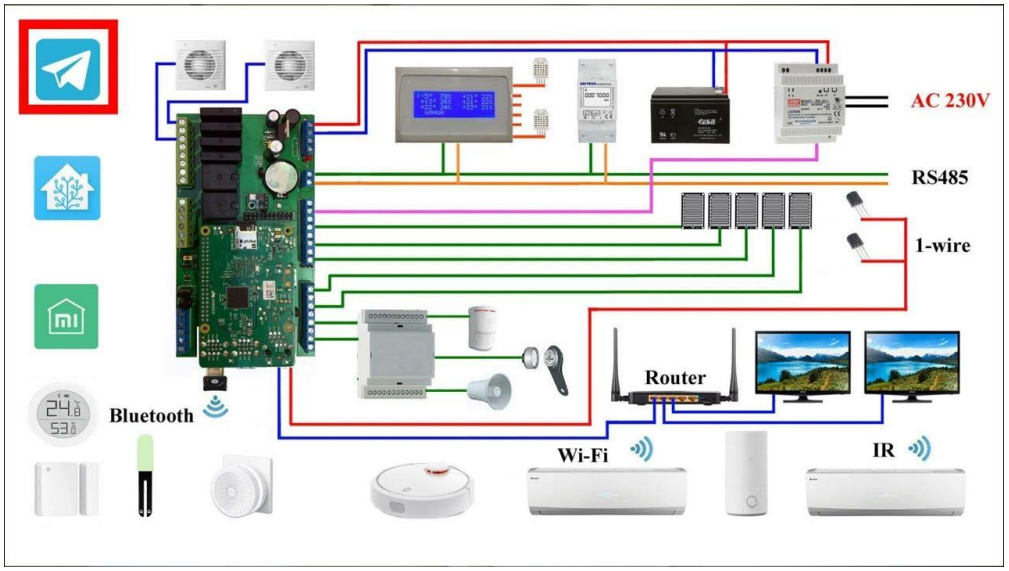


Рисунок 1.3 – IoT системи зокрема Home Assistant на платформі Raspberry Pi

Таким чином, вибір IoT-системи контролю клімату в приміщенні залежить від масштабу об’єкта, вимог до функціональності, бюджету та необхідного рівня автономності. Для дослідницьких цілей найбільш доцільними є гнучкі мікроконтролерні рішення, що дозволяють реалізувати власну архітектуру системи.

Системи з використанням ESP32 чи Arduino характеризуються наступними перевагами:

Простота розробки та впровадження. Платформа Arduino має інтуїтивно зрозуміле середовище розробки, велику кількість бібліотек і прикладів, що значно скорочує час проєктування та налагодження IoT-системи.

Широка сумісність із сенсорами та модулями. Arduino підтримує підключення різноманітних давачів температури, вологості, якості повітря, а також модулів зв’язку (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, LoRa), що забезпечує гнучкість конфігурації системи.

Низька вартість апаратної реалізації. Плати Arduino та сумісні компоненти є доступними за ціною, що робить такі системи економічно доцільними для навчальних, експериментальних і маломасштабних практичних застосувань.

Модульність та масштабованість. Архітектура Arduino дозволяє легко розширювати функціональність системи шляхом додавання нових сенсорів, виконавчих пристроїв або комунікаційних модулів без суттєвих змін базової схеми.

Відкрита апаратна та програмна платформа. Відкритість платформи забезпечує повний контроль над апаратною та програмною частинами системи, що є важливою перевагою для дослідницьких і навчальних проєктів.

Достатня надійність для локальних IoT-рішень. За умови коректного проєктування та належного живлення Arduino-системи демонструють стабільну роботу у задачах моніторингу кліматичних параметрів у приміщенні.

1.6 Перспективи розвитку та інтеграції

Можливості масштабування пристроїв, інтеграції з IoT-платформами, системами «розумного будинку» та автоматизованими HVAC-системами.

Подальший розвиток систем контролю кліматичних параметрів у приміщеннях тісно пов’язаний із розширенням можливостей IoT-технологій, підвищенням рівня автоматизації та інтеграцією з інтелектуальними інфраструктурами будівель. Одним із ключових напрямів є вдосконалення сенсорних елементів, зокрема підвищення їх точності, стабільності та зниження енергоспоживання, що сприятиме довготривалій автономній роботі пристроїв.

Важливою перспективою є інтеграція систем контролю клімату з автоматизованими системами управління будівлями (BMS) та HVAC-системами. Це дозволяє реалізувати адаптивне керування мікрокліматом на основі аналізу реальних даних, зменшити енергоспоживання та підвищити комфорт користувачів.

Розвиток хмарних сервісів і аналітичних платформ створює умови для впровадження алгоритмів прогнозування та машинного навчання, які дають змогу визначати тенденції змін мікроклімату та оптимізувати режими роботи інженерних систем. Такі підходи особливо актуальні для великих об’єктів - офісних центрів, навчальних закладів і промислових приміщень.

Окрему увагу слід приділити питанням стандартизації та сумісності, що забезпечують інтеграцію пристроїв різних виробників у єдину інформаційну систему. Використання відкритих протоколів обміну даними та модульної архітектури сприяє масштабованості та гнучкості рішень.

Таким чином, перспективи розвитку та інтеграції систем контролю кліматичних параметрів полягають у переході від локального моніторингу до інтелектуальних, адаптивних і енергоефективних комплексів, здатних взаємодіяти з іншими складовими «розумного будинку» та сучасної цифрової інфраструктури.

1.7 Висновок до першого розділу

В першому розділі кваліфікаційної роботи освітнього рівня «Магістр» описано описані основні вимоги до систем моніторингу клімату, зроблений їх аналіз, розглянуті сенсорні елементи та їх характеристики, розглянуті основні питання архітектури пристрою. Здійснено порівняльний аналіз відомих IoT систем для контролю кліматичних параметрів в приміщенні.

2 МІКРОКОНТРОЛЕРИ ТА ДАВАЧІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

2.1 Огляд та порівння мікроконтролерів для розробки системи контролю кліматичних параметрів

Arduino - це апаратно-програмна платформа, яка включає серію мікроконтролерних плат із відкритим апаратним і програмним забезпеченням. Вона широко використовується для швидкої розробки прототипів електронних і IoT-пристроїв завдяки простоті програмування, великій кількості бібліотек та підтримці різноманітних сенсорів і модулів зв’язку.

а)

б)

Рисунок 2.1 – Arduino: а) Nano; б) Uno

Основні переваги Arduino для задач контролю кліматичних параметрів:

Простота інтеграції сенсорів. Arduino підтримує підключення цифрових і аналогових датчиків температури, вологості, CO_2, VOC та інших кліматичних параметрів через інтерфейси I^2C, SPI, UART або аналогові входи.

Широка підтримка комунікаційних модулів. Для організації IoT-передавання даних до хмарних платформ або локальних серверів Arduino може взаємодіяти з модулями Wi-Fi (ESP8266), Bluetooth, LoRa або GSM, що забезпечує гнучкість розміщення пристрою.

Низька вартість та доступність. Плати Arduino та сумісні компоненти є недорогими та легко доступними, що робить платформу економічно вигідною для навчальних, дослідницьких та маломасштабних практичних рішень.

Модульність і масштабованість. Система легко розширюється додатковими сенсорами або виконавчими модулями (наприклад, реле для управління вентиляцією), що дозволяє створювати комплексні рішення для контролю мікроклімату.

Велика спільнота та документація. Завдяки відкритій платформі існує велика кількість прикладів проєктів, готових бібліотек і навчальних матеріалів, що суттєво прискорює розробку і зменшує час на налагодження пристрою.

Arduino є оптимальною платформою для початкової розробки та навчальних проєктів у сфері IoT. Вона вирізняється простотою програмування, широкою підтримкою сенсорів і низькою вартістю. Проте обмежені обчислювальні ресурси та відсутність вбудованих засобів бездротового зв’язку знижують її ефективність у складних IoT-системах контролю клімату.

У задачах контролю мікроклімату Arduino виконує роль центрального контролера: зчитує покази сенсорів, обробляє дані (фільтрація шумів, усереднення), приймає рішення на основі заданих порогів (наприклад, увімкнення вентилятора або кондиціонера) та передає інформацію на користувацький інтерфейс або хмарну платформу для моніторингу в реальному часі.

ESP32 - це високопродуктивна мікроконтролерна платформа з вбудованими засобами бездротового зв’язку Wi-Fi і Bluetooth, спеціально розроблена для застосування у IoT-системах. Вона дозволяє створювати

автономні пристрої контролю кліматичних параметрів із можливістю обробки даних у реальному часі та передавання їх на сервер або хмарну платформу.

Рисунок 2.2 – ESP32

Основні переваги ESP32 для задач контролю кліматичних параметрів

Вбудовані модулі Wi-Fi та Bluetooth. ESP32 забезпечує надійну передачу даних без додаткових зовнішніх модулів, що спрощує конструкцію пристрою і зменшує енергоспоживання.

Висока обчислювальна потужність. Двоядерний 32-бітний мікроконтролер із тактовою частотою до 240 МГц дозволяє виконувати складні алгоритми обробки даних, фільтрації сенсорних сигналів та реалізовувати локальні рішення на основі логіки IoT.

Підтримка численних сенсорів та інтерфейсів. ESP32 підтримує I²C, SPI, UART, ADC, DAC, PWM, що забезпечує підключення цифрових і аналогових датчиків температури, вологості, CO_2, VOC, PM2.5 та інших параметрів мікроклімату.

Режими енергозбереження. ESP32 має кілька режимів низького енергоспоживання, що робить платформу придатною для автономних пристроїв з батарейним живленням і тривалим терміном роботи.

Гнучкість програмування та інтеграції. Платформа підтримує Arduino IDE, PlatformIO та інші середовища розробки, що дозволяє легко адаптувати програмне забезпечення під конкретні вимоги IoT-пристрою. ESP32 також добре інтегрується з хмарними платформами (Blynk, ThingSpeak, Home Assistant).

ESP32 є більш сучасним і функціонально насиченим рішенням, спеціально орієнтованим на IoT-застосування. Наявність вбудованих модулів Wi-Fi та Bluetooth, висока обчислювальна потужність і підтримка режимів енергозбереження роблять ESP32 доцільним вибором для автономних систем моніторингу кліматичних параметрів у приміщеннях.

STM32 - це серія 32-бітних мікроконтролерів на базі архітектури ARM Cortex-M, розроблена компанією STMicroelectronics. Платформа широко застосовується в промислових, комерційних та наукових IoT-рішеннях, де потрібна висока продуктивність, надійність і енергоефективність.

Рисунок 2.3 – STM32

Основні переваги STM32 для задач контролю кліматичних параметрів

Висока обчислювальна потужність та точність. Мікроконтролери STM32 забезпечують тактову частоту від 48 до 180 МГц, багатоядерні моделі та широкий спектр периферії, що дозволяє обробляти великі об’єми даних з сенсорів у реальному часі, а також реалізовувати складні алгоритми контролю та автоматизації.

Низьке енергоспоживання. Платформа STM32 підтримує кілька режимів енергозбереження, включаючи ультранизьке споживання в сплячому режимі, що робить її придатною для автономних IoT-пристроїв.

Широкий набір інтерфейсів для сенсорів та виконавчих пристроїв. STM32 підтримує I²C, SPI, UART, ADC, DAC, PWM та інші цифрові й аналогові інтерфейси, що дозволяє підключати різноманітні сенсори температури, вологості, CO_2, VOC та управляти кліматичними системами.

Надійність та стабільність роботи. Платформа розроблена для промислових застосувань і характеризується високою завадостійкістю, стабільною роботою при різних температурних режимах та довготривалому використанні.

Гнучкість програмування та інтеграції. STM32 підтримує різні середовища розробки (STM32CubeIDE, PlatformIO, Keil, IAR), що дозволяє реалізовувати як прості IoT-проекти, так і складні системи з централізованою обробкою та інтеграцією в BMS або хмарні платформи.

STM32 належить до професійних мікроконтролерних платформ, які широко використовуються в промислових та комерційних системах. Вони забезпечують високу продуктивність, точність таймінгів і мінімальне енергоспоживання. Разом з тим, складність розробки та потреба у зовнішніх модулях зв’язку обмежують використання STM32 у простих або навчальних IoT-проєктах.

У ході аналізу трьох популярних платформ для побудови IoT-пристроїв контролю кліматичних параметрів - Arduino, ESP32 та STM32 - було виявлено їхні основні переваги та обмеження.

Таблиця 2.1

Порівняльна таблиця мікроконтролерних платформ для IoT-систем

Характеристика	**Arduino (UNO / Nano)**	**ESP32**	**STM32**
Архітектура MCU	AVR (8-біт)	Xtensa / RISC-V (32-біт)	ARM Cortex-M (32-біт)
Тактова частота	до 16 МГц	до 240 МГц	48–180 МГц
Вбудований зв’язок	відсутній	Wi-Fi, BLE	відсутній (потрібні модулі)
Енергоспоживання	низьке	низьке / середнє	дуже низьке (Low-Power)
Складність розробки	низька	середня	висока
Вартість рішення	низька	низька	середня
Підтримка IoT	обмежена	висока	висока (професійна)
Типові застосування	Навчальні, прототипи	IoT-пристрої	Промислові системи

Платформа ESP32 вирізняється високою обчислювальною потужністю та вбудованими модулями Wi-Fi і Bluetooth, що робить її оптимальною для повноцінних IoT-систем із автономною передачею даних. STM32 забезпечує максимальну надійність і стабільність роботи, високу точність обробки даних та підходить для промислових та професійних рішень. Водночас обидві платформи відрізняються більш складною розробкою та вищою вартістю впровадження.

Платформа Arduino характеризується простотою програмування, широкою сумісністю з різними сенсорами та низькою вартістю компонентів. Вона дозволяє швидко створювати прототипи, реалізовувати базові функції контролю температури, вологості та інших параметрів мікроклімату, а також легко інтегруватися з IoT-модулями для передачі даних. Завдяки своїй відкритій архітектурі та великій кількості готових бібліотек, Arduino забезпечує швидку та ефективну реалізацію експериментальних та навчальних досліджень.

Таким чином, для задач дослідження та прототипування систем контролю кліматичних параметрів у приміщенні, оптимальним вибором є Arduino. Вона дозволяє ефективно реалізувати необхідні функціональні можливості,

мінімізувати витрати часу та ресурсів на розробку та забезпечує гнучкість для подальшого розширення системи.

Таблиця 2.2

Порівняльна таблиця мікроконтролерних платформ для IoT-систем з Arduino

Характеристика	**Arduino UNO / Nano**	**ESP8266**	**Raspberry Pi Pico**
Архітектура MCU	AVR 8-біт	Tensilica 32-біт	ARM Cortex-M0+ 32-біт
Тактова частота	16 МГц	80–160 МГц	133 МГц
Вбудований зв’язок	немає	Wi-Fi	немає
Енергоспоживання	низьке	низьке / середнє	дуже низьке
Пам’ять	2 KB RAM, 32 KB Flash	50 KB RAM, 1 MB Flash	264 KB RAM, 2 MB Flash
Кількість GPIO	14	11	26
Інтерфейси	I²C, SPI, UART, ADC	I²C, SPI, UART, ADC	I²C, SPI, UART, ADC, PWM
Програмування	Arduino IDE	Arduino IDE, PlatformIO, Lua	C/C++, MicroPython
Вартість	низька	дуже низька	низька
Переваги	Простота, велика спільнота, сумісність з сенсорами	Вбудований Wi-Fi, компактність, низька ціна	Висока продуктивність, багато GPIO, підтримка MicroPython
Недоліки	Немає Wi-Fi, обмежена продуктивність	Менше GPIO, слабша продуктивність порівняно з Pico	Відсутність вбудованого Wi-Fi, потребує додаткових модулів для IoT

Arduino є оптимальним вибором для навчальних проєктів та швидкого прототипування. Вона проста у використанні, сумісна з великою кількістю сенсорів, проте потребує додаткових модулів Wi-Fi для IoT-застосувань.

ESP8266 вигідно використовувати для IoT-пристроїв з вбудованою бездротовою передачею даних. Його компактність і низька вартість роблять платформу популярною для простих систем контролю клімату. Проте він має менше GPIO і обмежену обчислювальну потужність у порівнянні з Raspberry Pi Pico.

Рисунок 2.4 – ESP8266

Raspberry Pi Pico відрізняється високою продуктивністю та великою кількістю GPIO для підключення сенсорів і виконавчих пристроїв. Платформа підтримує MicroPython, що прискорює розробку складних алгоритмів. Основний недолік - відсутність вбудованого Wi-Fi, що потребує використання додаткових модулів для IoT-зв’язку.

Рисунок 2.5 – Raspberry Pi Pico

Для задач дослідження та прототипування систем контролю кліматичних параметрів у приміщенні, де головним є простота інтеграції сенсорів та швидкість розробки, найбільш доцільним є використання Arduino. ESP8266 доцільний, якщо потрібно швидко реалізувати бездротову передачу даних, а Raspberry Pi Pico - для більш складних обчислювальних завдань із великою кількістю сенсорів та виконавчих пристроїв.

2.2 Інтерфейси взаємодії мікроконтролерів із давачами

Використання протоколів I²C, SPI, UART, OneWire, аналогових входів; питання швидкодії та завадостійкості.

1. I²C (Inter-Integrated Circuit)

I²C - це двопровідний протокол послідовного обміну даними, який широко застосовується для підключення кількох сенсорів і периферійних пристроїв до одного мікроконтролера.

Структура: використовується дві лінії - SDA (дані) і SCL (тактова частота).

Переваги: дозволяє підключати до однієї шини декілька пристроїв з унікальними адресами, простий у використанні, економить GPIO.

Застосування: температурні, вологісні та газові сенсори (наприклад, BME280, SHT31) часто використовують I²C для швидкого та надійного обміну даними.

2. SPI (Serial Peripheral Interface)

SPI - це високошвидкісний протокол послідовного обміну даними, який застосовується для підключення сенсорів і пам’яті з високою швидкістю передачі.

Структура: використовує чотири сигнальні лінії — MOSI (Master Out Slave In), MISO (Master In Slave Out), SCK (тактова) і CS (вибір пристрою).

Переваги: висока швидкість передачі, низька затримка, простий механізм синхронізації.

Застосування: сенсори з високою частотою оновлення, модуляція аналогових даних або накопичувачі даних у локальній пам’яті.

3. UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter)

UART - це асинхронний протокол серійного обміну даними, який забезпечує просту комунікацію між мікроконтролером і периферійними пристроями або іншими контролерами.

Структура: використовує дві лінії - TX (передача) і RX (прийом).

Переваги: проста реалізація, широко підтримується, добре підходить для дистанційної передачі даних через кабель або через модулі Bluetooth/GSM.

Застосування: модулі Wi-Fi, Bluetooth, GPS, зовнішні дисплеї або шлюзи даних.

4. OneWire

OneWire - це однопровідний протокол обміну даними, призначений для підключення простих сенсорів із мінімальною кількістю проводів.

Структура: використовується одна сигнальна лінія для передачі даних і живлення (іноді живлення подається окремо).

Переваги: мінімальна кількість проводів, простота підключення декількох сенсорів послідовно, низьке енергоспоживання.

Застосування: температурні сенсори типу DS18B20, які часто використовуються для контролю температури в IoT-пристроях.

У системах контролю мікроклімату вибір протоколу залежить від кількості сенсорів, вимог до швидкості передачі, наявності GPIO і складності конструкції:

I²C - для кількох сенсорів на одній шині з невисокою швидкістю.

SPI - для високошвидкісних сенсорів та накопичувачів.

UART - для зовнішніх модулів або бездротових інтерфейсів.

OneWire - для простих і компактних сенсорних рішень із мінімальною кількістю проводів.

2.3 Огляд та порівння давачів кліматичних параметрів

Давачі температури, вологості, атмосферного тиску, концентрації CO_2, летких органічних сполук (VOC), їх принципи роботи та технічні характеристики.

1. Давачі температури

Принцип роботи: можуть бути термісторами, термопарами або цифровими сенсорами на базі напівпровідників.

Популярні моделі: DS18B20 (OneWire), DHT22 (I²C/OneWire), BME280 (I²C/SPI).

Рисунок 2.6 – DS18B20 (OneWire)

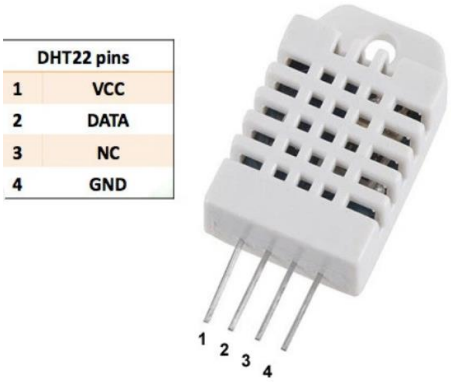


Рисунок 2.7 – DHT22 (I²C/OneWire)

Рисунок 2.8 – BME280 (I²C/SPI)

Характеристики: точність ±0,5…±1 °C, діапазон від −40 до +125 °C залежно від моделі.

Застосування: контроль температури приміщення для HVAC, систем вентиляції та автоматизованих IoT-рішень.

Таблиця 2.3

Порівняльна таблиця давачів температури

Характеристика	**DS18B20**	**DHT22**	**BME280**
Параметри вимірювання	Температура	Температура, Вологість	Температура, Вологість, Атмосферний тиск
Протокол зв’язку	OneWire	OneWire / I²C	I²C / SPI
Діапазон вимірювань	−55 … +125 °C	−40 … +80 °C (темп.), 0 … 100% RH (вологість)	−40 … +85 °C (темп.), 0 … 100% RH, 300 … 1100 hPa
Точність	±0,5 °C	±0,5 °C (темп.), ±2–5% RH	±0,5 °C, ±3% RH, ±1 hPa
Час відгуку	~750 мс	~2 сек	~1 сек
Напруга живлення	3–5 В	3,3–5 В	1,8–3,6 В
Переваги	Простий, дешевий, низьке енергоспоживання	Вимірює два параметри, доступна ціна	Компактний, вимірює три параметри, високоточний
Недоліки	Вимірює лише температуру	Невисока швидкість відгуку, менша точність вологості	Дорожчий, потребує більш складного підключення

DS18B20 — оптимальний для точного вимірювання лише температури. Простий у підключенні та дешевий, ідеальний для навчальних або прототипних систем.

DHT22 — підходить для одночасного вимірювання температури та вологості. Має невелику швидкість відгуку та меншу точність вологості порівняно з BME280.

BME280 — найбільш універсальний датчик, що дозволяє контролювати три параметри (температура, вологість, тиск) з високою точністю, підходить для комплексних IoT-систем клімат-контролю, але дорожчий і потребує більш точного налаштування протоколів I²C або SPI.

2. Давачі вологості

Принцип роботи: сенсори вологості можуть бути ємнісними або резистивними; часто інтегровані з температурними датчиками.

Популярні моделі: DHT22, SHT31, BME280.

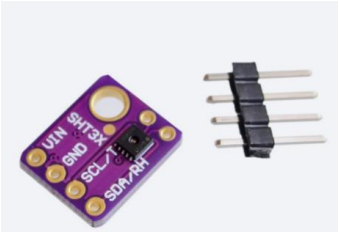


Рисунок 2.9 – SHT31

Характеристики: точність ±2…±5% RH, діапазон від 0 до 100% RH.

Застосування: моніторинг вологості для комфорту, запобігання появі конденсату та контролю мікроклімату.

Таблиця 2.4

Порівняльна таблиця давачів вологості

Характеристика	**DHT22**	**SHT31**	**BME280**
Параметри вимірювання	Температура, Вологість	Температура, Вологість	Температура, Вологість, Атмосферний тиск
Протокол зв’язку	OneWire / I²C	I²C	I²C / SPI
Діапазон вимірювань	−40 … +80 °C, 0 … 100% RH	−40 … +125 °C, 0 … 100% RH	−40 … +85 °C, 0 … 100% RH, 300 … 1100 hPa
Точність	±0,5 °C, ±2–5% RH	±0,3 °C, ±2% RH	±0,5 °C, ±3% RH, ±1 hPa
Час відгуку	~2 сек	~0,5 сек	~1 сек
Напруга живлення	3,3–5 В	2,4–5,5 В	1,8–3,6 В
Переваги	Доступний, простий у використанні	Висока точність, швидкий відгук, стабільність	Компактний, вимірює три параметри, високоточний
Недоліки	Повільний відгук, менша точність	Дорожчий за DHT22	Дорожчий, потребує точного налаштування I²C/SPI

DHT22 - бюджетний датчик для одночасного контролю температури та вологості. Підходить для навчальних і малих прототипів, але має повільний час відгуку.

SHT31 - високоточний датчик температури та вологості з швидким відгуком і стабільними показниками. Ідеальний для систем, де потрібна швидка реакція на зміни мікроклімату.

BME280 - універсальний датчик для комплексного моніторингу кліматичних параметрів, включаючи атмосферний тиск. Найкраще підходить для повноцінних IoT-систем контролю клімату з високими вимогами до точності, але дорожчий і трохи складніший у підключенні.

3. Давачі атмосферного тиску

Принцип роботи: вимірюють тиск повітря за допомогою MEMS-датчиків або барометричних сенсорів.

Популярні моделі: BMP280, BME280, MPL3115A2.

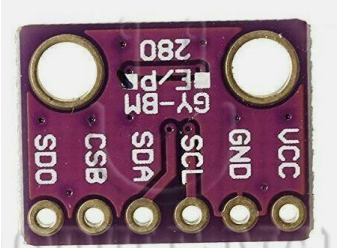


Рисунок 2.10 – BMP280

Рисунок 2.11 – MPL3115A2

Характеристики: точність ±1…±2 hPa, діапазон 300–1100 hPa.

Застосування: прогнозування змін погодних умов, адаптивне регулювання систем вентиляції та опалення, компенсація висоти для сенсорів.

Таблиця 2.5

Порівняльна таблиця давачів тиску

Характеристика	**BMP280**	**BME280**	**MPL3115A2**
Параметри вимірювання	Температура, Атмосферний тиск	Температура, Вологість, Атмосферний тиск	Температура, Атмосферний тиск, Висота над рівнем моря
Протокол зв'язку	I²C / SPI	I²C / SPI	I²C / SPI
Діапазон температур	−40 … +85 °C	−40 … +85 °C	−40 … +85 °C
Діапазон вологості	Немає	0 … 100% RH	Немає
Діапазон тиску	300 … 1100 hPa	300 … 1100 hPa	50 … 1100 hPa
Точність температури	±1 °C	±0,5 °C	±1 °C
Точність тиску	±1 hPa	±1 hPa	±1 hPa
Час відгуку	~1 сек	~1 сек	~1 сек
Напруга живлення	1,8–3,6 В	1,8–3,6 В	1,95–3,6 В
Переваги	Компактний, дешевий, надійний	Вимірює три параметри, високоточний	Висока точність тиску, можливість розрахунку висоти
Недоліки	Не вимірює вологість	Дорожчий за BMP280	Не вимірює вологість, дорожчий за BMP280

BMP280 - бюджетний і надійний датчик температури та атмосферного тиску. Підходить для базових систем контролю мікроклімату, де не потрібен контроль вологості.

BME280 - універсальний датчик, який дозволяє вимірювати температуру, вологість і тиск. Найкраще підходить для комплексних IoT-систем контролю клімату з високими вимогами до точності.

MPL3115A2 - датчик з високою точністю тиску та можливістю визначення висоти над рівнем моря. Підходить для специфічних завдань, наприклад, прогнозування зміни погодних умов або автоматизації вентиляційних систем із урахуванням барометричного тиску.

4. Давачі концентрації CO_2

Принцип роботи: зазвичай використовують інфрачервоні сенсори (NDIR) для вимірювання концентрації CO_2 у повітрі.

Популярні моделі: MH-Z19, SCD30, Senseair S8.

Рисунок 2.12 – MH-Z19

Рисунок 2.13 – SCD30

Рисунок 2.14 – Senseair S8

Таблиця 2.6

Порівняльна таблиця давачів концентрації CO_2

Характеристика	**MH-Z19**	**SCD30**	**Senseair S8**
Принцип вимірювання	NDIR (інфрачервоний)	NDIR + температура і вологість	NDIR (інфрачервоний)
Діапазон вимірювань	0–5000 ppm	0–40000 ppm	0–5000 ppm
Точність	±50 ppm ±5%	±30 ppm ±3%	±(30 ppm +3%)
Частота оновлення	2 сек	2 сек	2 сек
Температурна стабільність	0–50 °C	0–50 °C	0–50 °C
Вбудовані Давачі	Немає	Температура, Вологість	Немає
Протокол зв’язку	UART / PWM	I^2C / UART	UART / I^2C
Напруга живлення	3,6–5 В	3,3–5 В	4,5–5,5 В
Переваги	Доступний, простий у використанні	Висока точність, вимірювання додаткових параметрів	Компактний, надійний, промислова якість
Недоліки	Не вимірює температуру та вологість, менша точність	Дорожчий	Дещо дорожчий за MH-Z19, потребує налаштування

MH-Z19 - бюджетний і простий у використанні датчик CO_2, підходить для навчальних та малих прототипів IoT-клімату.

SCD30 - високоточний датчик із вбудованими сенсорами температури та вологості, ідеальний для комплексного контролю якості повітря у приміщенні.

Senseair S8 - надійний датчик промислової якості, добре підходить для систем, де важлива стабільність показників і тривала експлуатація.

Характеристики: діапазон 0–5000 ppm, точність ±50 ppm, час реакції кілька секунд.

Застосування: контроль якості повітря в приміщеннях, вентиляційні системи, забезпечення здорового мікроклімату.

2.4 Метрологічні характеристики давачів

Точність, похибка, роздільна здатність, стабільність показів, температурна залежність та потреба в калібруванні.

Метрологічні характеристики датчиків визначають точність, швидкодію та надійність системи контролю клімату. Для IoT-пристроїв важливо обирати Давачі з оптимальним балансом між точністю, швидкістю відгуку та енергоспоживанням, що дозволяє ефективно регулювати температуру, вологість, тиск та концентрацію CO_2 у приміщенні.

У системах контролю мікроклімату сенсорні елементи повинні забезпечувати достатню точність вимірювань при невисокій вартості та простоті інтеграції в мікроконтролерні рішення. Нижче розглянуто основні бюджетні Давачі температури, вологості та якості повітря з характеристиками, що роблять їх придатними для базових IoT-пристроїв.

На основі аналізу метрологічних характеристик та практичних вимог до IoT-систем контролю мікроклімату в приміщенні, доцільно обрати наступні Давачі:

Таблиця 2.7

Обгрунтування вибраних давачів

Параметр	**Обраний датчик**	**Обґрунтування**
Температура	**DHT22**	Доступний, простий, прийнятна точність для побутових задач
Вологість	**DHT22**	Комбінований датчик, знижує кількість компонентів
Тиск (опціонально)	**BMP280**	Дешевий, легкий у підключенні, додає інформацію про атмосферний стан
CO_2	**MH-Z19**	Найдоступніший серед NDIR-датчиків, забезпечує базовий контроль CO_2

Простота інтеграції. Всі обрані Давачі мають добре задокументовані приклади підключення до популярних мікроконтролерів (Arduino, ESP32, ESP8266), що скорочує час розробки та тестування.

Доступна вартість. Обладнання залишається економічно доцільним, що важливо для дослідницьких робіт або маломасштабних проєктів.

Достатня метрологічна якість. За базових вимог контролю мікроклімату (комфортні умови в приміщенні) точності цих датчиків є прийнятними.

Мінімальна кількість компонентів. Комбіновані Давачі (DHT22) зменшують складність апаратної частини.

2.5 Особливості інтеграції давачів у мікроконтролерні системи

Питання живлення, узгодження рівнів сигналів, фільтрації шумів та захисту від зовнішніх впливів.

Для ефективного використання датчиків у системах контролю клімату необхідно враховувати специфіку їх підключення, протоколи передачі даних та вимоги до живлення. Нижче розглянуто особливості інтеграції обраних датчиків у мікроконтролерні рішення (Arduino, ESP32, ESP8266).

1. DHT22 (температура та вологість)

Протокол: цифровий сигнал через одну лінію даних (OneWire-подібний).

Підключення:

Вивід VCC → 3,3–5 В

GND → земля

DATA → будь-який цифровий GPIO мікроконтролера

Обов’язковий резистор підтяжки (4,7–10 кОм) між VCC і DATA.

Особливості інтеграції:

Простий у підключенні та налаштуванні, не потребує додаткових бібліотек, достатньо стандартних бібліотек Arduino (DHT.h).

Час відгуку близько 2 секунд, тому датчик підходить для періодичного моніторингу параметрів.

Підходить для прототипування та систем з невеликою кількістю сенсорів.

2. BMP280 (атмосферний тиск та температура)

Протокол: I²C або SPI (більш швидка передача).

Підключення через I²C:

VCC → 3,3–5 В

GND → земля

SDA → SDA мікроконтролера

SCL → SCL мікроконтролера

Особливості інтеграції:

Підтримує високошвидкісну передачу даних, підходить для частих вимірювань.

Не потребує додаткових компонентів, крім pull-up резисторів для SDA і SCL (якщо не встановлені на модулі).

Може інтегруватися з іншими I²C-сенсорами на одній шині без конфліктів, що спрощує масштабування системи.

3. MH-Z19 (CO_2)

Протокол: UART (послідовний порт) або PWM.

Підключення через UART:

VCC → 5 В

GND → земля

TX → RX мікроконтролера

RX → TX мікроконтролера

Особливості інтеграції:

Потрібне налаштування серійного порту (швидкість передачі, біт даних).

Час відгуку ~2 секунди, що дозволяє використовувати датчик у періодичному режимі.

Для роботи на ESP32/Arduino достатньо підключення до будь-яких доступних UART-портів.

Потребує калібрування на чистому повітрі для забезпечення точності вимірювань.

Загальні рекомендації інтеграції

Сумісність живлення: Всі обрані Давачі працюють від 3,3–5 В, що спрощує підключення до популярних мікроконтролерів.

Планування GPIO:

DHT22: один цифровий пін

BMP280: два піну для I²C

MH-Z19: два піну для UART

Разом займають мінімальну кількість пінів, що дозволяє додати додаткові сенсори.

Бібліотеки та драйвери: Для Arduino і ESP32 існують готові бібліотеки (DHT.h, Adafruit_BMP280.h, MHZ19.h), що скорочує час розробки.

Частота опитування: Рекомендується не опитувати Давачі частіше, ніж їхній час відгуку, щоб уникнути похибок та перевантаження шини або UART.

Вибрані Давачі (DHT22, BMP280, MH-Z19) дозволяють швидко та просто інтегрувати систему контролю мікроклімату на базі Arduino або ESP32. Вони економічні, займають мінімум GPIO, легко підключаються та мають готові бібліотеки, що робить їх оптимальним вибором для прототипування та навчальних IoT-проєктів.

2.6 Огляд та порівння пристроїв передачі інформації

ESP8266 - це Wi-Fi модуль із вбудованим мікроконтролером, який дозволяє підключати сенсори безпосередньо та передавати дані у локальні або хмарні системи. Поширений у бюджетних IoT-проєктах завдяки низькій вартості та компактності.

Основні характеристики

Протокол передачі: Wi-Fi 802.11 b/g/n

Напруга живлення: 3,3 В

Інтерфейси: GPIO, I²C, SPI, UART, PWM, ADC

Переваги:

Вбудований Wi-Fi, що дозволяє передавати дані без додаткових модулів.

Можливість роботи як автономного мікроконтролера для збору та обробки даних.

Підтримка популярних середовищ розробки (Arduino IDE, MicroPython).

Недоліки:

Вимагає стабільного джерела живлення 3,3 В.

Вища складність у порівнянні з простими Bluetooth-модулями.

Менша енергозбереженість при безперервному Wi-Fi-зв’язку.

Застосування

Передача даних сенсорів у хмару або локальний сервер через Wi-Fi.

Автономні IoT-пристрої контролю клімату з можливістю віддаленого моніторингу.

ESP8266 - це високоефективний та енергоощадний Wi-Fi модуль, розроблений компанією Espressif Systems, який отримав широке поширення у вбудованих та IoT-системах. Основним призначенням ESP8266 є забезпечення бездротового підключення мікроконтролерних пристроїв до локальних мереж Wi-Fi та глобальної мережі Інтернет.

Завдяки поєднанню низької вартості, компактних габаритів і достатньої обчислювальної потужності, ESP8266 став де-факто стандартом для навчальних, дослідницьких і прикладних IoT-проєктів. Модуль може використовуватись як допоміжний мережевий інтерфейс для зовнішнього мікроконтролера або як самостійний обчислювальний вузол.

HC-06 - це модуль Bluetooth (класичний, не BLE) для бездротового підключення до мікроконтролера. Забезпечує просту передачу даних на мобільні пристрої або інші мікроконтролери з Bluetooth.

Основні характеристики

Протокол передачі: Bluetooth 2.0 (Serial Port Profile, SPP)

Напруга живлення: 3,6–6 В

Інтерфейси: UART (TX/RX)

Переваги:

Дуже простий у використанні.

Не потребує складної конфігурації для передачі даних.

Дешевий і компактний модуль.

Недоліки:

Обмежений радіус дії (до ~10 м).

Не підходить для передачі даних на великі відстані або в Інтернет.

Підтримує тільки один підключений пристрій одночасно.

Застосування

Передача даних з сенсорів на смартфон або планшет у межах кімнати.

Простий бездротовий контроль мікроклімату для локальних систем.

Таблиця 2.8

Порівнняня модулів передачі інформації

Характеристика	**ESP8266**	**HC-06**
Протокол	Wi-Fi 802.11 b/g/n	Bluetooth 2.0 (SPP)
Радіус дії	до 100 м (Wi-Fi мережа)	до 10 м
Інтерфейси	GPIO, I²C, SPI, UART, PWM, ADC	UART
Живлення	3,3 В	3,6–6 В
Складність інтеграції	Середня/висока	Дуже проста
Кількість одночасних підключень	декілька клієнтів	1 пристрій
Переваги	Передача даних у хмару, автономність	Дуже проста інтеграція, низька вартість
Недоліки	Потребує стабільного живлення, складніше налаштувати	Обмежений радіус та один підключений пристрій

Таким чином два порівняні модулі:

ESP8266 доцільний для IoT-систем, де потрібен віддалений доступ до даних та інтеграція з хмарними сервісами.

HC-06 підходить для простих локальних проєктів, де дані потрібно передавати бездротово на смартфон або інший мікроконтролер у межах приміщення.

2.7 Висновок до другого розділу

В другому розділі кваліфікаційної роботи було проаналізовано різні варіанти мікроконтролерів та давачів кліматичних паріметрів зокрема температури, тиску, вологості та вмісту в повітрі CO_2. Було проведено огляд модулів для передачі інформації які будуть задіяні в нашій розробці.

3 РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ У ПРИМІЩЕННІ

3.1 Розробка електричної схеми пристрою

Перед розробкою електричної схеми пристрою розглянемо структурну схему подану на рисунку 3.1.

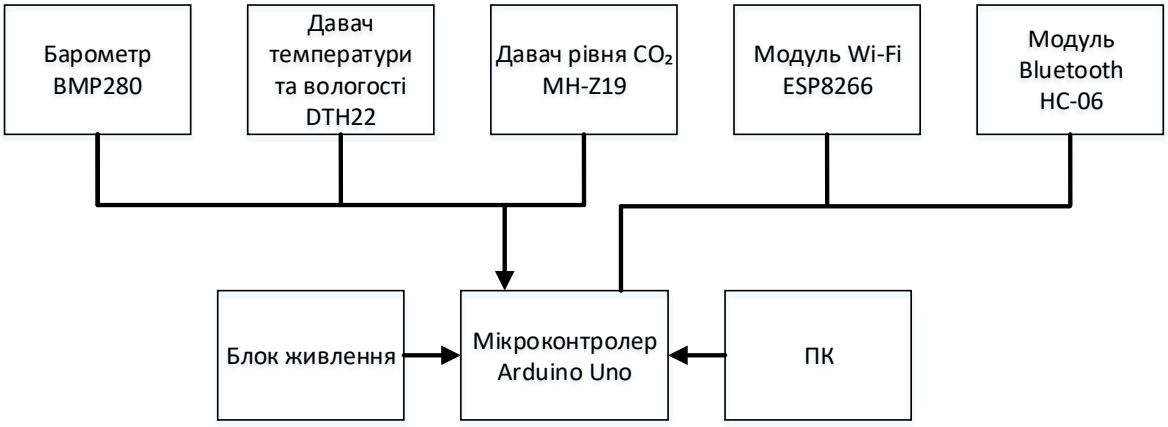


Рисунок 3.1 – Структурна схема пристрою для контролю кліматичних параметрів у приміщенні

Коли ми розробили стурктурну схемо можемо сформувати узагальнену архітектуру розробляємої системи.

1. Загальна концепція архітектури:

Архітектура розроблюваної IoT-системи побудована за класичною багаторівневою моделлю, що включає:

Рівень збору даних (Sensor Layer)

Рівень обробки та керування (Edge / Controller Layer)

Рівень комунікації (Communication Layer)

Рівень представлення даних (Application / Web Layer)

Такий підхід забезпечує модульність, масштабованість та можливість подальшого розширення функціональності системи.

2. Рівень збору даних

На рівні збору даних використовуються цифрові давачі кліматичних параметрів та якості повітря:

DHT22 - вимірювання температури та відносної вологості повітря;

BMP280 - вимірювання атмосферного тиску та додаткової температури;

MH-Z19 - вимірювання концентрації вуглекислого газу (CO_2).

Вибір саме цифрових сенсорів зумовлений:

- високою завадостійкістю;
- мінімальною потребою в калібруванні;
- можливістю прямої інтеграції з мікроконтролером без додаткових аналогових перетворювачів.

3. Рівень обробки та керування

У якості центрального вузла системи використовується мікроконтролер Arduino Uno, побудований на базі ATmega328P.

- Arduino Uno забезпечує достатню обчислювальну потужність для задач періодичного збору та первинної обробки даних;
- наявність апаратних інтерфейсів I^2C, UART та цифрових GPIO;
- широка екосистема бібліотек та прикладів;
- простота програмування у середовищі Arduino IDE.

На цьому рівні виконуються:

- ініціалізація сенсорів;
- зчитування вимірювальних даних;
- базова обробка та форматування інформації;
- підготовка даних до передачі каналами зв’язку.

4. Рівень комунікації

Для передачі даних у системі реалізовано два незалежні канали зв’язку, що підвищує надійність та універсальність рішення:

Wi-Fi канал (ESP8266). Використовується для передачі даних у локальну мережу або в Інтернет та забезпечує взаємодію з веб-інтерфейсом користувача.

Bluetooth канал (HC-06). Застосовується для локального моніторингу даних зі смартфона або комп’ютера без необхідності підключення до мережі Wi-Fi.

Такий гібридний підхід дозволяє:

- працювати системі як у мережевому, так і в автономному режимі;

- зменшити залежність від інфраструктури;
- підвищити зручність експлуатації та налагодження.

5. Рівень представлення даних

Рівень представлення реалізовано у вигляді веб-інтерфейсу, доступного через браузер користувача.

Основні функції цього рівня:

- візуалізація температури, вологості, тиску та рівня CO_2;
- відображення актуальних значень у реальному часі;
- підвищення наочності та зручності аналізу даних.

Передача інформації від Arduino Uno до веб-інтерфейсу здійснюється через ESP8266 за допомогою стандартних мережевих протоколів (TCP/IP, HTTP).

6. Обґрунтування обраної архітектури

Запропонована архітектура IoT-системи характеризується такими перевагами:

- модульність - кожен рівень може модернізуватися незалежно;
- масштабованість - можливе додавання нових сенсорів або сервісів;
- доступність - використання недорогих і поширених компонентів;
- навчальна цінність - архітектура добре підходить для навчальних та дослідницьких проєктів.

Таким чином, архітектура IoT-системи на базі мікроконтролера Arduino Uno є доцільним компромісом між функціональністю, вартістю та складністю реалізації. Вона забезпечує повний цикл збору, обробки, передачі та візуалізації даних і може бути використана як основа для подальшого розвитку повноцінних IoT-рішень.

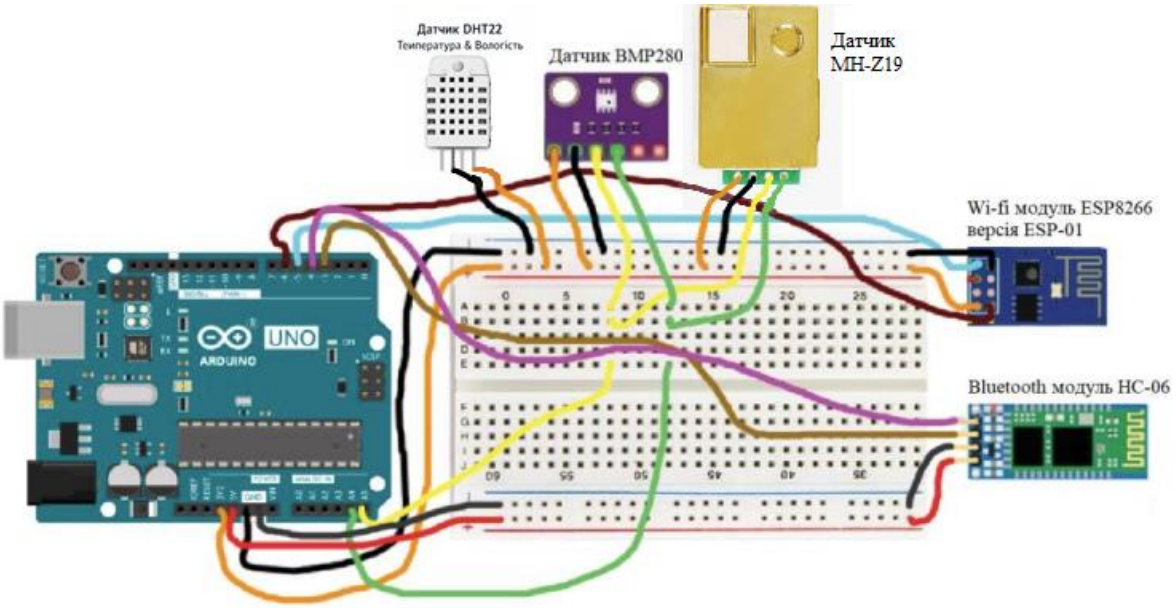


Рисунок 3.2 – Схема принципова для підключення давачів та мікроконтролера - пристрою контролю кліматичних параметрів у приміщенні

Розроблена принципова схема реалізує повнофункціональну IoT-систему контролю кліматичних параметрів у приміщенні та відповідає поставленим технічним вимогам. У схемі забезпечено коректну взаємодію мікроконтролера Arduino Uno з цифровими давачами температури, вологості, атмосферного тиску та концентрації вуглекислого газу, а також із модулями бездротового зв’язку Bluetooth і Wi-Fi.

Центральним елементом схеми є мікроконтролер Arduino Uno, який виконує функції збору, обробки та передачі вимірювальної інформації. Підключення сенсорів здійснено з використанням стандартних інтерфейсів, що забезпечує надійність обміну даними та мінімізацію апаратних завад. Зокрема, давач BMP280 під’єднано до шини I^2C, що дозволяє ефективно використовувати обмежену кількість виводів мікроконтролера, тоді як DHT22 і MH-Z19 використовують цифровий та послідовний інтерфейси відповідно.

У схемі передбачено використання двох незалежних каналів бездротової передачі даних. Bluetooth-модуль HC-06 забезпечує локальний обмін інформацією з користувацькими пристроями, що підвищує зручність налагодження та експлуатації системи. Wi-Fi-модуль ESP8266

використовується для передачі даних у локальну мережу або мережу Інтернет, що дає змогу реалізувати веб-інтерфейс моніторингу параметрів мікроклімату в реальному часі.

Особливу увагу у принциповій схемі приділено організації живлення та узгодженню логічних рівнів сигналів. Для модулів ESP8266 та MH-Z19 передбачено стабільне живлення відповідної напруги, а також враховано вимоги до рівнів сигналів при підключенні до 5-вольтових виводів Arduino Uno. Це забезпечує безпечну та стабільну роботу всієї системи.

Запропонована принципова схема є модульною та масштабованою, що дозволяє у подальшому розширювати систему шляхом підключення додаткових сенсорів або комунікаційних модулів без суттєвих змін апаратної частини. Таким чином, розроблена схема може бути використана як у навчальних цілях, так і як основа для створення прикладних IoT-систем моніторингу параметрів навколишнього середовища.

3.2 Розробка програмного забезпечення

Розробка програмного забезпечення для IoT-системи здійснювалась у середовищі Arduino IDE, яке є стандартним інструментом програмування мікроконтролерів платформи Arduino. Дане середовище забезпечує простоту розробки, підтримку широкого спектра бібліотек та зручні засоби налагодження.

Вибір середовища розробки.

Arduino IDE було обрано з таких причин:

- повна сумісність з мікроконтролером Arduino Uno (ATmega328P);

- наявність великої кількості готових бібліотек для роботи з сенсорами та модулями зв’язку;

- кросплатформеність та безкоштовне розповсюдження;

- простота структури програм та швидке завантаження коду в мікроконтролер.

Програмне забезпечення створювалось мовою **C/C++**, адаптованою до особливостей платформи Arduino.

Структура програмного коду.

Програмний код має класичну для Arduino структуру та складається з таких основних частин:

- підключення бібліотек;
- оголошення констант та змінних;
- функції ініціалізації setup();
- основного циклу виконання loop();
- допоміжних функцій зчитування та передачі даних.

Така структура забезпечує читабельність коду, модульність та спрощує подальше розширення функціоналу.

Ініціалізація апаратних компонентів.

У функції setup() виконується ініціалізація всіх апаратних модулів системи:

- запуск давачів DHT22, BMP280 та MH-Z19;
- ініціалізація програмних послідовних інтерфейсів для модулів ESP8266 та HC-06;
- налаштування швидкостей обміну даними;
- встановлення з’єднання з мережею Wi-Fi за допомогою AT-команд ESP8266.

Також у цьому блоці передбачено контроль коректності підключення сенсорів, що підвищує надійність роботи системи.

Зчитування та обробка даних.

Зчитування даних реалізовано у вигляді окремої функції, яка послідовно отримує значення:

- температури та вологості повітря з DHT22;
- атмосферного тиску з BMP280;
- концентрації CO_2 з MH-Z19.

Отримані дані приводяться до стандартних фізичних одиниць вимірювання та зберігаються у змінних для подальшої передачі. Такий підхід дозволяє легко додавати нові сенсори або змінювати алгоритм обробки.

Передача даних каналами зв’язку.

У програмному забезпеченні реалізовано два канали передачі інформації:

Bluetooth (HC-06) - використовується для локального моніторингу даних у текстовому форматі;

Wi-Fi (ESP8266) - забезпечує передачу даних у локальну мережу та їх подальше відображення у веб-інтерфейсі.

Передача здійснюється у вигляді сформованих рядків, що містять усі виміряні параметри, що спрощує їх подальшу обробку на стороні користувача або сервера.

Алгоритм роботи програми.

Алгоритм роботи програмного забезпечення є циклічним і включає такі етапи:

- ініціалізація апаратних модулів;
- періодичне зчитування показників з давачів;
- форматування та передача даних через Bluetooth і Wi-Fi;
- затримка між вимірюваннями для стабільної роботи системи.

Часовий інтервал між вимірюваннями задається програмно та може бути змінений відповідно до вимог конкретного застосування.

Лістинг 3.1 – Підключення бібліотек

```
#include <DHT.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <MHZ19.h>
#include <SoftwareSerial.h>
```

У даному блоці підключаються програмні бібліотеки, необхідні для роботи з відповідними апаратними модулями:

DHT.h - забезпечує зчитування температури та відносної вологості з давача DHT22.

Adafruit_BMP280.h - реалізує обмін даними з цифровим барометричним давачем BMP280 по шині I²C.

MHZ19.h - використовується для керування інфрачервоним давачем концентрації CO_2 MH-Z19 через послідовний інтерфейс.

SoftwareSerial.h — дозволяє створювати додаткові програмні UART-інтерфейси для підключення ESP8266 та HC-06.

Лістинг 3.2 – Опис використаних пінів

```
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
```

Визначаються параметри підключення давача DHT22: номер цифрового піна Arduino Uno та тип сенсора.

Лістинг 3.3 – Фрагмент коду

```
#define MHZ_RX 8
#define MHZ_TX 9
#define BT_RX 6
#define BT_TX 7
#define ESP_RX 4
#define ESP_TX 5
```

Ці директиви визначають піни, які використовуються для програмних послідовних інтерфейсів:

MH-Z19 - окремий UART;

HC-06 - Bluetooth-інтерфейс;

ESP8266 - Wi-Fi модуль, що працює з AT-командами.

Лістинг 3.4 – Створення об’єктів сенсорів та інтерфейсів

```
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
Adafruit_BMP280 bmp;
```

Створюються об’єкти класів для роботи з температурно-вологісним давачем DHT22 та барометричним давачем BMP280.

Лістинг 3.5 – Фрагмент коду

```
SoftwareSerial mhzSerial(MHZ_RX, MHZ_TX);
SoftwareSerial btSerial(BT_RX, BT_TX);
SoftwareSerial espSerial(ESP_RX, ESP_TX);

MHZ19 mhz19;
```

Ініціалізуються програмні послідовні порти для:

- зчитування даних з MH-Z19;

- передачі інформації через Bluetooth HC-06;

- обміну даними з Wi-Fi модулем ESP8266.

Лістинг 3.6 – Оголошення змінних

```
float temperature;
float humidity;
float pressure;
int co2ppm;
```

Змінні використовуються для збереження виміряних значень:

- температури повітря;

- відносної вологості;

- атмосферного тиску;

- концентрації CO_2 у ppm.

Лістинг 3.7 – Функція setup()

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

Функція setup() виконується один раз після запуску мікроконтролера. У ній:

- ініціалізується апаратний послідовний порт для налагодження;

- запускається робота давача DHT22.

Лістинг 3.8 – Фрагмент коду

```
if (!bmp.begin(0x76)) {
  Serial.println("BMP280 не знайдено!");
  while (1);
}
```

Лістинг 3.9 – Перевіряється наявність BMP280 на шині I²C. У разі відсутності програма зупиняється.

```
mhz19.begin(mhzSerial);
mhz19.autoCalibration(false);
```

Виконується ініціалізація давача CO_2 MH-Z19 та вимикається автоматичне калібрування.

```
btSerial.begin(9600);
espSerial.begin(9600);
```

Запускаються програмні UART-інтерфейси для Bluetooth та Wi-Fi модулів.

Лістинг 3.10 – Основний цикл loop()

```
void loop() {
  readSensors();
  sendBluetooth();
  sendESP8266();
  delay(5000);
}
```

У нескінченному циклі виконуються такі дії:

- зчитування показників з усіх сенсорів;
- передача результатів через Bluetooth HC-06;
- передача результатів через Wi-Fi ESP8266;
- пауза між вимірюваннями 5 секунд.

Лістинг 3.11 – Функція зчитування даних readSensors()

```
temperature = dht.readTemperature();
humidity = dht.readHumidity();
pressure = bmp.readPressure() / 100.0;
co2ppm = mhz19.getCO2();
```

У цій функції відбувається безпосереднє зчитування даних з усіх підключених давачів та приведення результатів до фізичних одиниць вимірювання.

Лістинг 3.12 – Передача даних через Bluetooth

```
void sendBluetooth() {
  btSerial.print("T=");
  btSerial.print(temperature);
  ...
}
```

Формується текстове повідомлення з результатами вимірювань, яке передається через Bluetooth-модуль HC-06 на смартфон або комп’ютер.

Лістинг 3.13 – Передача даних через ESP8266

```
void sendESP8266() {
  String data = "T=" + String(temperature) +
                "&H=" + String(humidity) +
                "&P=" + String(pressure) +
                "&CO2=" + String(co2ppm);
```

Дані формуються у вигляді рядка параметрів, зручного для передачі мережею.

Лістинг 3.14 – Фрагмент коду

```
espSerial.println("AT+CIPSEND=0," + String(data.length()));
espSerial.print(data);
```

Виконується передача сформованого пакета даних через ESP8266 за допомогою AT-команд.

Лістинг 3.15 – Ініціалізація ESP8266

```
void initESP8266() {
  sendESP("AT");
  sendESP("AT+CWMODE=1");
  sendESP("AT+CWJAP=\"SSID\",\"PASSWORD\"");
}
```

Функція виконує базове налаштування ESP8266:

- перевірку зв’язку;
- встановлення режиму Wi-Fi клієнта;
- підключення до бездротової мережі.

Розроблене програмне забезпечення в Arduino IDE забезпечує стабільну та ефективну роботу IoT-системи, реалізуючи повний цикл збору, обробки та передачі даних. Обрана програмна архітектура є простою, зрозумілою та придатною для подальшої модернізації, що робить її доцільною для навчальних і прикладних IoT-проєктів.

Приклад виведення результатів виміру кліматичних показників таких як температура, відносна вологість, тиск та рівень CO_2 подані на рисунку 3.3

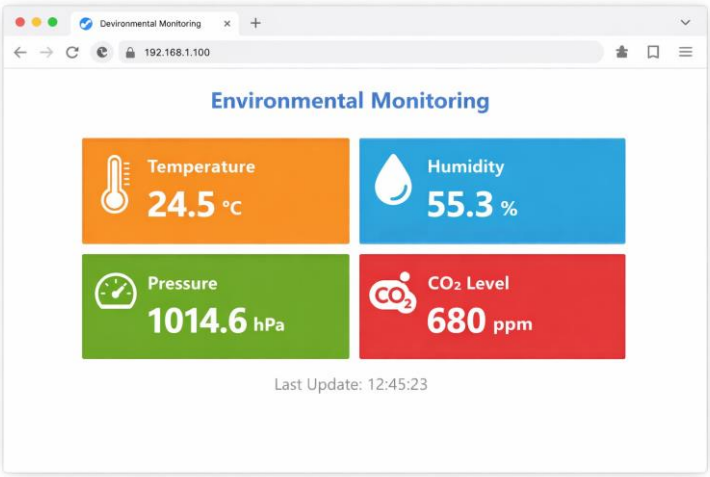


Рисунок 3.3 – Скрін веб інфтерфейсу відображення результатів контроля кліматичних параметрів у приміщенні

На завершальному етапі розробки програмного забезпечення в середовищі Arduino IDE було створено та налагоджено програму, яка забезпечує стабільну взаємодію мікроконтролера Arduino Uno з давачами температури, вологості, атмосферного тиску та концентрації CO_2. Реалізований програмний код виконує повний цикл роботи IoT-системи: ініціалізацію апаратних компонентів, зчитування та первинну обробку вимірювальних даних, а також їх передачу каналами Bluetooth і Wi-Fi.

Розроблене програмне забезпечення характеризується модульною структурою, що спрощує його розширення та адаптацію до інших апаратних конфігурацій. Використання стандартних бібліотек Arduino забезпечило коректну роботу сенсорів і зменшило складність реалізації. Отримані результати підтверджують доцільність обраного програмно-апаратного підходу для побудови навчальних та прикладних IoT-систем моніторингу параметрів навколишнього середовища.

Таким чином, поставлені завдання з розробки програмного забезпечення було виконано в повному обсязі, а створена програма може слугувати основою

для подальшого розвитку системи, зокрема інтеграції з хмарними сервісами, впровадження протоколів MQTT або розширення функцій візуалізації даних.

3.3 Висновок до третього розділу

В третьому розділі кваліфікаційної роботи описано розробку пристрою (системи) для для контролю кліматичних параметрів у приміщенні. Було розроблено структурну схему системи, розроблена схема підключення давачів та модулів які забезпечують передачу даних. Розроблена програма для мікроконтролера яка забезпечує функціонування розробленої системи. Наведені приклади її використання.

3.1 Джерела іонізуючого, електромагнітного та віброакустичного випромінювання

Електромагнітні випромінювання розрізняють за частотою коливань або довжиною хвилі. Найдовші хвилі – це коливання промислової або іншої звукової частоти, а також ультразвукові. Вони мають довжину хвилі понад 10 км (або частоту менш як 30 кГц), довгі і середні радіохвилі (від 10 км до 100 м або до 3 МГц) застосовують не тільки в радіотехніці, а й для плавлення металу, гартування деталей, сушіння деревини та ін. У промисловій електротермії для нагрівання діелектриків використовують також короткі радіохвилі (завдовжки 100—10 м або до 30 МГц), що, як і ультракороткі (10–1 м або до 300 МГц), належать до коливань ультрависокої частоти (УВЧ).

При промисловій частоті спеціальні заходи захисту від дії електричних полів доводиться застосовувати тільки під час обслуговування електроустановок напругою 330-500 кВ і вище. Тоді використовують спеціальні костюми і взуття, які дають можливість навідним зарядам стікати в землю без неприємних для людини відчуттів, а також екрануючі металеві козирки над робочими місцями (приводами роз'єднувачів та ін.). Використовувати ці козирки і костюми (так звані індивідуальні екрануючі комплекти) обов'язково тільки в розподільних пристроях напругою 750 кВ, під час робіт на опорах ЛЕП – 330-750 кВ або ж при напругах понад 5 кВ/м, коли перебування у такому електричному полі повинно тривати більше за гігієнічно допустимий час (понад 3 год при 5–10 кВ/м, 1,5 год при 10–15 кВ/м, 10 хв при 15–20 кВ/м і 5 хв при 20–25 кВ/м).

Тривале перебування на землі під ЛЕП теж шкідливе. Під крайньою фазою в середині прольоту на ЛЕП напругою 330 кВ напруга становить 6 кВ/м, а на ЛЕП-500 – 14 кВ/м. Тому під час польових робіт під ЛЕП напругою 330 кВ і вище треба враховувати цю обставину і краще використовувати трактори та

інші машини з металевою кабіною або з встановленими зверху і з боків екранами, які виготовлені з металевої сітки.

Автомашини і трактори на пневматичних шинах заряджаються в електричному полі ЛЕП зарядами хоч і малого значення, але напругою, що становить кілька кіловольт. Дотик до них людини, яка стоїть на землі, не смертельний, але спричиняє болісний удар розрядним струмом, що може призвести до мимовільних рухів, а отже, і до механічних травм від дотику до рухомих частин та ін. Тому бажано не залишати машину під ЛЕП, якщо треба зупинитися, то до виходу з кабіни заземлити машину спеціальним заземлювачем (у вигляді гирі з штирем), прикріпленим до машини гнучким проводом. Заземлення може бути постійним у вигляді диска або сошника. Електроогорожі під ЛЕП 330-750 кВ краще взагалі не робити, бо в протяжних металевих частинах наводяться такі електрорушійні сили (ерс), що, наприклад, електроогорожа завдовжки 300 м навіть під ЛЕП напругою 220 кВ може при замиканні на опір 1000 Ом (людина) створити струм 10 мА, а на опір 500 Ом (корова) – 30 мА. Провід для виноградників, оскільки він не ізолюється спеціально від землі, порівняно безпечний, особливо при розташуванні перпендикулярно до траси ЛЕП і заземленні на кінцях.

Для захисту робітників від випромінювання високої частоти (ВЧ) і УВЧ застосовують екранування листовим металом високої електропровідності завтовшки не менш як 0,5 мм. Отвори в екрані для штурвалів і кнопок екранують металевою сіткою з вічками не більш як 4 х 4 мм. Екрани заземлюють. Максимально допустима напруженість електромагнітного поля випромінювання ВЧ і УВЧ на робочих місцях, згідно з ГОСТ 12.1.006-76, для частот 60 кГц дорівнює 50 В/м – 3 МГц, 20 В/м для частот 3–30 МГц, 10 В/м для частот 30–50 МГц і 5 В/м для частот 50–300 МГц. Тільки для індукційних плавильних печей і нагрівальних індикаторів тимчасово допускають 10 В/м через технічні труднощі повного екранування їх.

Напруженість магнітного поля не має перевищувати 5 А/м для частот 60 кГц – 1,5 МГц і 0,3 А/м для 30–50 МГц.

Тривалий вплив електромагнітних полів ВЧ і УВЧ з напругою, більшою за допустиму, призводить до функціональних змін у печінці, селезінці та особливо в центральній нервовій системі, які виявляються в головному болі, підвищеній втомлюваності, порушенні сну, дратівливості, в уповільненні пульсу, зниженні кров'яного тиску. При дії випромінювань УВЧ також підвищується температура тіла. Коливання, які мають довжину хвилі від 1 м до 1 мм (частотою до 300 тис МГц), називаються надвисокочастотними (НВЧ), їх використовують у радіолокації і для деяких приладів. Розроблявся, наприклад, прилад для вимірювання жирності молока, який використовував НВЧ випромінювання. Гігієнічні норми НВЧ випромінювань визначаються в одиницях густини потоку потужності (вектора Пойнтінга) і залежить від тривалості впливу на людину: 0,1 Вт/м^2 при опроміненні протягом усього робочого дня; 10 Вт/м2 при опроміненні протягом 20 хв. на день. Але при цьому треба працювати в захисних окулярах, які зроблені з мідної сітки та екранують очі. Без цих окулярів уражується кришталик ока (утворюється катаракта).

Екрануванням захищаються і від інфрачервоних (теплових) променів (з довжиною хвилі 100–0,76 мкм).

Видиме світло має довжину хвилі від 0,76–0,38 мкм, а ультрафіолетове проміння – від 0,38 до 0,005 мкм, тобто до 5 нм. Ці промені виникають, наприклад, при електрозварюванні і можуть уражати очі (електроофтальмія) або спричинити запалення шкіри відкритих частин тіла. Для захисту очей і шкіри обличчя застосовують щитки зі світлофільтрами, а для захисту шкіри рук – рукавиці.

Рентгенівські промені (від 5 до 0,004 нм) використовують в установках промислової рентгеноскопії. Вони випромінюються і під час випробування кабелів та електроустаткування випрямленим струмом високої напруги. Застосований тут високовольтний кенотрон є джерелом м'якого рентгенівського випромінювання (тобто довжина хвилі понад 0,01 нм) і має бути екранований. Для екрана досить мати залізний лист завтовшки 0,5–1 мм. У промисловій рентгеноскопії застосовують також фартухи, рукавиці, шапочки з

просвинцьованої гуми. Дозу рентгенівського або будь-якого іншого іонізуючого випромінювання, поглинутого тканинами опроміненого тіла, вимірюють кількістю поглинутої тілом енергії в джоулях на 1 кг речовини. Вживають також поняття: величина дози рентгенівського випромінювання (А/кг). Наприклад, при 36-годинному робочому тижні в осіб, зайнятих випробуванням електроустановок з використанням кенотронів, величина дози рентгенівського випромінювання у будь-якій точці на відстані 5–10 см від захисного кожуха кенотрона або всього випробувального пристрою не має перевищувати 20,6 * 1012 А/кг. Останнім часом почали застосовувати замість кенотронів високовольтні напівпровідникові випрямлячі, які усувають появу рентгенівського випромінювання.

Порушення санітарно-гігієнічних норм призводить до зміни складу крові і функціональних порушень центральної нервової системи, які виявляються в дратівливості, сонливості або безсонні, пітливості, головних болях, ослабленні пам'яті, загальній слабості. Порушується робота серцево-судинної системи. При великих дозах може виникнути променева хвороба, тобто порушення нормального кровотворення, розлад нервової системи, травлення, що супроводжуються загальною слабістю, болями і зниженням опірності проти інфекції. М'яке рентгенівське випромінювання призводить насамперед до місцевого впливу на опромінені ділянки тіла; може мутніти кришталик ока (катаракта), випадати волосся.

Гамма-промені випромінюються радіоактивною речовиною. Вони мають довжину хвилі від 4 до 0,1 нм. Як і два інших види ядерних випромінювань (альфа- і бета-випромінювання, які є вже не потоком електромагнітних хвиль, а потоком заряджених частинок), гамма-випромінювання дедалі ширше застосовують у науці і техніці, зокрема в гамма-дефектоскопії та в автоматиці. Гамма-випромінювання використовують також і для передпосівного опромінювання насіння, знищення комах-шкідників, опромінювання харчових продуктів, щоб подовжити строки зберігання та для знешкодження сільськогосподарської сировини.

Альфа-випромінювання мають дуже малу проникну здатність і при зовнішньому опромінюванні затримуються зовнішнім шаром шкіри без помітної шкідливої дії. Проте потрапляння альфа-частинок всередину організму з повітрям або їжею дуже небезпечне.

Бета-промені мають невелику проникну здатність, але шкідливо діють на шкіру й очі. Проникна здатність гамма-променів набагато більша. Це випромінювання може спричинити променеву хворобу. Однак додержуючись санітарних правил роботи з радіоактивними речовинами та джерелами іонізуючих випромінювань, можна тривалий час працювати без шкоди для здоров'я.

Нижче наведено максимально допустимі поглинуті тілом дози рентгенівського, гамма- і бета-випромінювань. Для альфа-випромінювань вони в 10 разів вищі. Норми різні для персоналу, що обслуговує установки і апарати, які створюють випромінювання, і для окремих осіб, що не зв'язані з обслуговуванням цих установок, але зазнають дії випромінювання. Для першої групи тканин (червоний кістковий мозок, статеві залози або взагалі усе тіло) допускається для персоналу не більш як 30 мДж/кг на 13 тижнів (квартал) і не більш як 50 мДж/кг на рік, а для інших осіб – 5 мДж/кг на рік; для другої групи тканин і органів (це будь-який орган тіла, крім зазначених в інших групах) – 80 мДж/кг на квартал і 150 мДж/кг на рік для персоналу або 15 мДж/кг для інших осіб; для третьої групи тканин (щитовидна залоза, кісткова тканина і шкіра, крім частин тіла, які належать до зазначених у наступній групі) – 150 мДж/кг на квартал і 300 мДж/кг на рік для персоналу або 30 мДж/кг для інших осіб віком старше 16 років (для тих, хто ще не досяг 16 років – 15 мДж/кг на рік); для четвертої групи органів (повністю кисті, передпліччя, кісточки і ступні) – 400 мДж/кг на квартал і 750 мДж/кг на рік для персоналу або 75 мДж/кг для інших осіб. Сумарна доза опромінення за ряд років органів першої групи у персоналу, що обслуговує установки і апарати, які створюють іонізуюче випромінювання, не має перевищувати Б = 50 (М – 18), де N – вік (років).

Захист від радіоактивних випромінювань полягає в застосуванні захисних кожухів або екранів, спецодягу, індивідуальних захисних засобів. Важливу роль відіграє також дозиметричний і лікарський контроль.

3.2 Безпека життєдіяльності. Мета та завдання

Вся сукупність видів людської активності утворює поняття діяльності. Якраз діяльність і вирізняє людину від інших живих істот, вона є специфічно людською формою активності, необхідною умовою існування людського суспільства. Форми діяльності розмаїті. Вони охоплюють практичні, інтелектуальні і духовні процеси, які протікають в побуті, громадській, культурній, виробничій, науковій та інших сферах життя.

Діяльністю займаються всі – діти, дорослі, люди похилого віку, тому безпека діяльності має відношення до всіх людей. Небезпеки підстерігають людей не тільки на виробництві, тому вивчення лише виробничого травматизму в системі загальної безпеки життєдіяльності не висвітлює проблеми.

Безпека – це стан діяльності, при якому з певному ймовірністю виключається прояв небезпек. Безпека – це мета, а безпека життєдіяльності – засоби, шляхи, методи її досягнення.

Актуальність дисципліни ще більше зростає у зв’язку з існуванням аксіоми про потенційну небезпеку діяльності: в жодному виді діяльності неможливо досягнути абсолютної безпеки, будь-яка діяльність потенційно небезпечна.

Завдання БЖД є розробка методів прогнозування, вивчення та ідентифікації шкідливих факторів, їх впливу на людину і довкілля.

Курс БЖД призначений:

– сприяти усвідомленню, що в центрі уваги повинна бути людина, як головна цінність суспільства, та виховати в людині гуманне, свідоме ставлення до питань особистої безпеки та безпеки оточуючих в усіх сферах відносин;

– виробити навики ідентифікації небезпечних та шкідливих факторів і створення сприятливих умов життєдіяльності людей на певній території;

– тримати на контролі проектування нової техніки і технологічних процесів згідно з сучасними вимогами екології і з урахуванням стійкості функціонування господарських об’єктів та технічних систем;

– прогнозувати можливу обстановку і приймати грамотні рішення в умовах надзвичайних ситуацій щодо захисту населення та персоналу об’єктів від можливих негативних наслідків;

– забезпечити якісне засвоєння нового стереотипу поведінки людини з метою виживання в нових природних та антропогенних умовах.

Безпека життєдіяльності базується на досягненнях таких дисциплін, як інженерна психологія, фізіологія людини, охорона праці, екологія, ергономіка, економіка тощо. Вона була і є в центрі уваги людей. З древніх часів до наших днів людина прагнула забезпечити свою безпеку. З розвитком промисловості це потребує спеціальних знань. БЖД особливо актуальна зараз, в добу науково-технічного прогресу. Вона покликана відіграти важливу роль в стабілізації людського суспільства.

Завдання курсу “Безпека життєдіяльності” (БЖД) полягає у чіткому розумінні небезпечних чинників у ситуаціях, що виникають як у середовищі проживання людини, так і у середовищі навчання і праці.

БЖД – це ступінь захисту людини від надзвичайної небезпеки, де під терміном “небезпека” мається на увазі вплив на людину факторів, які можуть викликати відхилення стану її здоров'я від нормального. Природа цих факторів може бути пов’язана як з причинами природного або соціально-економічного характеру (екологічними катастрофами, низьким економічним рівнем життя та ін.), так і з причинами техногенного характеру (з рівнем забруднення навколишнього середовища як наслідком виробничої діяльності людини, аваріями, катастрофами на підприємстві, транспорті, війнами та ін.).

Викладання дисципліни має на меті:

– вивчення структури, змісту і взаємозв’язку життєдіяльності людини із середовищем праці й проживання;

– визначення чинників, причин і параметрів, що сприяють виникненню надзвичайних ситуацій;

– визначення принципів і способів захисту людей в умовах повсякденного життя, а також в умовах надзвичайних ситуацій.

Відповідно до ДСТУ 2938-94 "Системи обробки інформації. Основні поняття. Терміни та визначення" комп'ютер — це функційний пристрій, що складається з одного чи кількох взаємопов'язаних центральних процесорів і периферійних пристроїв і може виконувати обчислення без участі людини

Основними функціями комп'ютера є введення та виведення інформації, її зберігання та обробка. В якості пристроїв введення часто використовуються клавіатура та сканер, який забезпечує більшу швидкодію. Інформацію також можна вводити шляхом її зчитування з магнітних, оптичних та оптико-магнітних носіїв. Комп'ютер може отримувати інформацію і з комп'ютерної мережі.

Введена в системний блок інформація впорядковується або опрацьовується відповідно до програми („програмне забезпечення”), яке визначає логічні кроки процесу опрацювання. Цей процес повністю автоматизований і здійснюється без зовнішнього впливу.

Пристроями виведення можуть бути дисплеї, друкувальні (принтер) та графопобудовуючі (плотер) пристрої. Інформація може також виводитись на магнітні або оптико-магнітні носії, які потім, в свою чергу, можуть використовуватись для введення інформації.

Для зберігання програм та інформації застосовують, головним чином магнітні, оптико-магнітні та оптичні диски, які дають можливість довільного доступу до даних і забезпечують високу швидкодію.

У зв'язку з бурхливим розвитком комп'ютерної техніки щороку зростає спектр їх різновидів. За призначенням комп'ютери можна умовно поділити на:

– побутові комп'ютери — власне ПК, що призначені для індивідуальної роботи в домашніх умовах;

– навчальні комп'ютери — призначені для використання в системі освіти, як вищої так і середньої. Основні вимоги таких комп'ютерів — надійність, достатня потужність та невисока ціна (можливість придбання

більшої кількості однотипних комп’ютерів закладами освіти). Користувачі — учні, студенти, викладачі та ін.;

– професійні комп'ютери — робочі станції для роботи на виробництві, в офісах установ, які, як правило, об'єднані в локальну комп'ютерну мережу. Від „побутових” відрізняються більш високими показниками за всіма параметрами — продуктивністю, функціональними можливостями, якісткю зображення на дисплеї та ін. Користувачі — службовці, оператори ВДТ;

– сервери — потужні комп'ютери, призначені для локальних та глобальних мереж. Вони виконують функції керування робочими станціями, зберігання значних масивів інформації та ін. Користувачі — менеджери, і адміністратори локальних комп'ютерних мереж, системні та прикладні програмісти для підтримки програмного забезпечення тощо;

– графічні станції — використовуються для роботи з графічними зображеннями, відео та анімацією. Володіють надзвичайно високими ресурсами за всіма основними параметрами.

– На сьогодні найбільш розповсюдженими є персональні комп'ютери (рис 7.1). В мінімальний базовий комплект ПК входять наступні блоки чи компоненти:

– системний блок, в якому зосереджені життєво важливі елементи комп'ютера;

– дисплей (монітор), який призначений для виведення (відображення) інформації;

– клавіатура, яка призначена для введення інформації в комп'ютер;

– графічний маніпулятор „миша”, який слугує для керування роботою програм шляхом вибору різних пунктів меню, виділення та „перетягування” об'єктів.

При такому апаратному комплектуванні та при наявності відповідного програмного забезпечення вже можна повноцінно працювати за комп'ютером. Саме в такому комплектуванні комп'ютери, як правило, надходять у продаж.

3.3 Висновок до четвертого розділу

В четвертому розділі кваліфікаційної роботи описано питання охорони праці джерела іонізуючого, електромагнітного та віброакустичного випромінювання. Також розглянуто питання безпеки у надзвичайних ситуаціях безпека життєдіяльності описані її мета та завдання.

ВИСНОВКИ

В результаті написання кваліфікаційної роботи магістра було проаналізовано IoT системи розроблено пристрій (систему) для контролю кліматичних параметрів у приміщенні.

В роботі був проведений огляд IoT-системи для контролю кліматичних параметрів у приміщеннях, визначені їх переваги та недоліки.

Було обґрунтовано вибір архітектури IoT-системи та основних апаратних і програмних компонентів.

Здійснений вибір та обґрунтування набору сенсорів для вимірювання кліматичних параметрів (температури, вологості, якості повітря тощо).

Було розроблено структурну та принципову схеми пристрою контролю кліматичних параметрів у приміщенні.

Реалізоване програмне забезпечення мікроконтролера для збору, обробки та передавання даних.

Додатково описані питання які стосуються охорони праці та техніки безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Всі поставлені задачі в роботі розв’язані.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Buyya R., Dastjerdi A. V. Internet of Things: Principles and Paradigms. -Boston : Morgan Kaufmann, 2016. - 396 p.

2. Bahga A., Madisetti V. Internet of Things: A Hands-On Approach. - Hyderabad : VPT, 2015. - 312 p.

3. Gubbi J., Buyya R., Marusic S., Palaniswami M. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions // Future Generation Computer Systems. - 2013. - Vol. 29, No. 7. - P. 1645–1660.

4. Atzori L., Iera A., Morabito G. The Internet of Things: A survey // Computer Networks. - 2010. - Vol. 54, No. 15. - P. 2787–2805.

5. McEwen A., Cassimally H. Designing the Internet of Things. - Chichester : Wiley, 2014. - 336 p.

6. Arduino. Arduino Uno Rev3 Datasheet [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.arduino.cc (дата звернення: 10.12.2025).

7. Margolis M., Jepson B., Nicholas A. Arduino Cookbook. - 3rd ed. - Sebastopol : O’Reilly Media, 2020. - 982 p.

8. Monk S. Programming Arduino: Getting Started with Sketches. - 2nd ed. - New York : McGraw-Hill, 2016. - 196 p.

9. Adafruit Industries. DHT22 Sensor Datasheet [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://learn.adafruit.com (дата звернення: 11.12.2025).

10. Bosch Sensortec. BMP280 Digital Pressure Sensor Datasheet. - Bosch, 2018. - 57 p.

11. Winsen Electronics. MH-Z19 Infrared CO_2 Sensor Datasheet. - Zhengzhou, 2019. - 15 p.

12. Espressif Systems. ESP8266 Technical Reference [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.espressif.com (дата звернення: 12.12.2025).

13. Kolban N. Kolban’s Book on ESP8266. - Leanpub, 2018. - 310 p.

14. HC-06 Bluetooth Module Datasheet [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://components101.com (дата звернення: 12.12.2025).

15. Shelby Z., Bormann C. 6LoWPAN: The Wireless Embedded Internet. - Chichester : Wiley, 2011. - 250 p.

16. Hunkeler U., Truong H. L., Stanford-Clark A. MQTT-S - A publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks // Proceedings of COMSWARE. - 2008. - P. 791–798.

17. Banks A., Gupta R. MQTT Version 3.1.1. - OASIS Standard, 2014. - 81 p.

18. Fielding R. Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures : Doctoral dissertation. - Irvine : University of California, 2000. - 162 p.

19. W3C. HTML5 Specification [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.w3.org (дата звернення: 13.12.2025).

20. Flanagan D. JavaScript: The Definitive Guide. - 7th ed. - Sebastopol : O'Reilly Media, 2020. - 706 p.

21. Тарасов В. М. Мікроконтролерні системи : навч. посіб. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 212 с.

22. Козирєв О. М. Основи побудови вбудованих систем. - Харків : ХНУРЕ, 2018. - 256 с.

23. Руденко О. М. Вбудовані системи та Інтернет речей : навч. посіб. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 240 с..

24. ISO/IEC 30141:2018. Internet of Things (IoT) - Reference Architecture. - ISO, 2018. - 64 p.

25. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. - Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. - 16 с.

26. Давачі які застосовують в розумному будинку. К.К. Зеленський, Я.В. Литвиненко. Тези доповідей XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» // Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя,13-14 грудня, 2023. – С. 48.

27. Огляд мікроконтролерів для побудови розумного будинку. К.К. Зеленський, Я.В. Литвиненко. Тези доповідей XI науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології» // Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя,13-14 грудня, 2023. – С. 49.

28. Н.І. Борисюк, Я.В. Литвиненко Застосування інтернет речей в логістиці Збірник тез доповідей VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “ Том 1 с. 192 2018

ДОДАТКИ

Додаток А

Тези конференції

УДК 004.738.5
Ю. Сеник; Я. Литвиненко, д. т. н., проф.
(Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна)

ОГЛЯД МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ДЛЯ ЗАДАЧІ КОНТРОЛЮ КЛІМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

UDC 004.738.5
Y. Senyk; I. Lytvynenko, Dr., Prof.

A REVIEW OF MICROCONTROLLERS FOR CLIMATE CONTROL

Стрімкий розвиток цифрових технологій та концепції Інтернету речей (Internet of Things, IoT) зумовив широке впровадження інтелектуальних систем моніторингу та керування параметрами навколишнього середовища. Одним із ключових елементів таких систем є мікроконтролер це компактний обчислювальний пристрій, який поєднує у собі функції процесора, пам'яті та периферійних модулів введення-виведення, що дозволяє ефективно збирати, обробляти та передавати інформацію з датчиків у режимі реального часу.

Дана теза стосується огляду мікроконтролерів для задачі задачі контролю кліматичних параметрів.

Сучасні IoT-системи контролю кліматичних параметрів широко застосовуються в «розумних» будівлях, теплицях, промислових приміщеннях та серверних центрах. Основними параметрами, що контролюються, є температура, вологість, атмосферний тиск, рівень CO_2 та якість повітря. Центральним елементом таких систем виступає мікроконтролер, від характеристик якого залежить точність, стабільність та енергоефективність всієї системи.

Для роботи в подібних системах мікроконтролер повинен відповідати низці вимог: мати низьке енергоспоживання, підтримувати сучасні протоколи зв'язку, володіти достатньою кількістю інтерфейсів для підключення датчиків, а також забезпечувати обробку даних у режимі реального часу. Не менш важливими є доступність програмних засобів розробки та наявність спільноти користувачів.

Одними з найбільш популярних рішень у сфері IoT є мікроконтролери серії ESP (ESP8266, ESP32), які поєднують у собі обчислювальне ядро та безпровідні модулі зв'язку. ESP8266 залишається актуальним для простих систем моніторингу завдяки низькій вартості та вбудованій підтримці Wi-Fi. Проте обмежена кількість входів/виходів і лише один аналоговий вхід зменшують можливості його застосування у багатофункціональних системах.

Більш потужним і універсальним варіантом є ESP32, який оснащений двоядерним процесором, модулями Wi-Fi і Bluetooth, розширеним набором периферійних інтерфейсів та підтримкою технології енергозбереження. Завдяки цьому ESP32 здатний обробляти значні обсяги даних, одночасно керуючи кількома сенсорами й виконавчими пристроями. Це робить його доцільним вибором для складних кліматичних IoT-систем.

У промислових рішеннях широко застосовуються мікроконтролери серії STM32, які характеризуються високою точністю вбудованих аналого-цифрових перетворювачів, стабільністю роботи та низьким енергоспоживанням. Вони придатні до використання в умовах підвищених вимог до надійності. Однак процес розробки під такі мікроконтролери є складнішим і вимагає глибших інженерних знань.

Для навчальних та експериментальних цілей використовуються плати сімейства Arduino, які відзначаються простотою програмування та широким вибором бібліотек. Їхня продуктивність значно поступається сучасним 32-бітним мікроконтролерам, тому в IoT-проєктах Arduino доцільно застосовувати переважно як допоміжний або навчальний інструмент.

Окрему нішу займає мікроконтролер RP2040 (Raspberry Pi Pico / Pico W), який демонструє хороше співвідношення ціни та продуктивності. Версія Pico W з вбудованим Wi-Fi

Додаток Б

Приклад програми для Ардуіно IDE

```
#include <DHT.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <MHZ19.h>
#include <SoftwareSerial.h>

/* ===== ПІНИ ===== */
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22

#define MHZ_RX 8
#define MHZ_TX 9

#define BT_RX 6
#define BT_TX 7

#define ESP_RX 4
#define ESP_TX 5

/* ===== ОБ'ЄКТИ ===== */
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
Adafruit_BMP280 bmp;

SoftwareSerial mhzSerial(MHZ_RX, MHZ_TX);
SoftwareSerial btSerial(BT_RX, BT_TX);
SoftwareSerial espSerial(ESP_RX, ESP_TX);

MHZ19 mhz19;
```

```
/* ===== ЗМІННІ ===== */
float temperature;
float humidity;
float pressure;
int co2ppm;

/* ===== SETUP ===== */
void setup() {
  Serial.begin(9600);

  dht.begin();

  if (!bmp.begin(0x76)) {
    Serial.println("BMP280 не знайдено!");
    while (1);
  }

  mhzSerial.begin(9600);
  mhz19.begin(mhzSerial);
  mhz19.autoCalibration(false);

  btSerial.begin(9600);
  espSerial.begin(9600);

  delay(2000);
  initESP8266();

  Serial.println("Система готова");
}
```

```
/* ===== LOOP ===== */
void loop() {
  readSensors();
  sendBluetooth();
  sendESP8266();
  delay(5000);
}

/* ===== ЗЧИТУВАННЯ ДАВАЧІВ ===== */
void readSensors() {
  temperature = dht.readTemperature();
  humidity = dht.readHumidity();
  pressure = bmp.readPressure() / 100.0;
  co2ppm = mhz19.getCO2();

  Serial.println("----- Дані -----");
  Serial.print("Температура: "); Serial.print(temperature); Serial.println(" °C");
  Serial.print("Вологість: "); Serial.print(humidity); Serial.println(" %");
  Serial.print("Тиск: "); Serial.print(pressure); Serial.println(" гПа");
  Serial.print("CO2: "); Serial.print(co2ppm); Serial.println(" ppm");
}

/* ===== HC-06 ===== */
void sendBluetooth() {
  btSerial.print("T=");
  btSerial.print(temperature);
  btSerial.print("C; H=");
  btSerial.print(humidity);
  btSerial.print("%; P=");
  btSerial.print(pressure);
  btSerial.print("hPa; CO2=");
```

```
  btSerial.print(co2ppm);
  btSerial.println("ppm");
}

/* ===== ESP8266 ===== */
void sendESP8266() {
  String data = "T=" + String(temperature) +
                "&H=" + String(humidity) +
                "&P=" + String(pressure) +
                "&CO2=" + String(co2ppm);

  espSerial.println("AT+CIPSEND=0," + String(data.length()));
  delay(200);
  espSerial.print(data);
}

/* ===== ІНІЦІАЛІЗАЦІЯ ESP ===== */
void initESP8266() {
  sendESP("AT");
  sendESP("AT+CWMODE=1");
  sendESP("AT+CWJAP=\"SSID\",\"PASSWORD\"");
  sendESP("AT+CIPMUX=1");
  sendESP("AT+CIPSTART=0,\"TCP\",\"192.168.1.100\",5000");
}

void sendESP(String cmd) {
  espSerial.println(cmd);
  delay(1500);
}
```