

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ФЕДІКОВ Віктор Олександрович

Автоматизована система керування мікрокліматом будинку /
Automated microclimate control system for a smart home

спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані
технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи АКІТ - 42
В.О. Федіков

Науковий керівник
д.т.н., проф. Я.М. Николайчук

Кваліфікаційну роботу допущено
до захисту:

« ____ » _____ 2026 р.

Завідувач кафедри

_____ А.І.Сегін

ТЕРНОПІЛЬ – 2026

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "бакалавр"

Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Завідувач кафедри СКС

А.І.Сергін

“ 01 ” грудня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
ФЕДІКОВУ Віктору Олександровичу

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема випускної кваліфікаційної роботи

Автоматизована система керування мікрокліматом будинку / Automated microclimate control system for a smart home

керівник роботи: д.т.н., проф. Николайчук Я. М.

затверджено наказом по університету від 01 грудня 2025 р. № 894

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи: 25 травня 2026 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: завдання на кваліфікаційну роботу студента, наукові статті, технічна література.

4. Основні питання, які потрібно розробити:

1. Аналіз предметної області та постановка задачі проектування

2. Проектування автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку

3. Реалізація автоматизованої системи керування мікрокліматом будинку

5. Перелік графічного матеріалу у роботі:

1. Архітектура інтелектуальної системи керування мікрокліматом на основі Інтернету речей

2. Принципова електрична схема пристрою на базі мікроконтролера STM32F103C8T6

3. Схема алгоритму обробки натискання кнопки з усуненням механічної вібрації контактів

4. Схема алгоритму керування вентилятором

5. Схема алгоритму роботи модуля Bluetooth

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Николайчук Я.М.		
2	Николайчук Я.М.		
3	Николайчук Я.М.		

7. Дата видачі завдання 01 грудня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області та постановка задачі проектування	01.12.2025 р. – 15.01.2026 р.	
2	Проектування автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку	16.01.2026 р. – 15.03.2026 р.	
3	Реалізація автоматизованої системи керування мікрокліматом будинку	16.03.2026 р. – 30.04.2026 р.	
4.	Остаточне оформлення та подача кваліфікаційної роботи на перевірку щодо плагіату	01.05.2026 р. – 25.05.2026 р	

Студент

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Федіков В.О.

д.т.н., проф. Николайчук Я.М.

АНОТАЦІЯ

Федіков.В.О. Автоматизована система керування мікрокліматом будинку. – Рукопис.

Дослідження на здобуття першого (бакалаврського) рівня освіти за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2026 р.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз сучасних автоматизованих систем керування мікрокліматом розумного будинку та обґрунтовано необхідність розроблення енергоефективних засобів автоматичного регулювання параметрів внутрішнього середовища. Розроблено структурну схему автоматизованої системи керування мікрокліматом на базі мікроконтролера STM32F103C8T6, яка забезпечує моніторинг температури, вологості та присутності користувачів у режимі реального часу.

Запропоновано стратегію клімат-контролю на основі ПІД-регулятора для автоматичного керування швидкістю вентилятора залежно від відхилення поточної температури від заданого значення. Реалізовано дворежимний режим функціонування системи з можливістю ручного та автоматичного керування, механізм активації за наявності людини в приміщенні, систему попередження про перегрівання та бездротовий обмін даними через Bluetooth. Для відображення поточних параметрів мікроклімату та режимів роботи використано OLED-дисплей. Проведено тестування розробленої системи та підтверджено її працездатність і можливість практичного застосування в системах розумного будинку.

Ключові слова: розумний будинок, мікроклімат, автоматизована система керування, ПІД-регулятор, STM32F103C8T6, Bluetooth, OLED-дисплей, датчики температури та вологості, енергоефективність.

ANNOTATION

Fedikov V.O. Automated microclimate control system for a smart home. – Manuscript.

Research for obtaining the first (bachelor's) level of education in the specialty 151 – Automation and computer-integrated technologies, educational and professional program – Automation and computer-integrated technologies, West Ukrainian National University, Ternopil, 2026.

The qualification work analyzes modern automated smart home microclimate control systems and substantiates the need for developing energy-efficient solutions for the automatic regulation of indoor environmental parameters. A structural diagram of an automated microclimate control system based on the STM32F103C8T6 microcontroller has been developed. The system provides real-time monitoring of temperature, humidity, and user presence.

A PID-based climate control strategy has been proposed for automatic fan speed regulation according to the deviation between the current and target temperatures. A dual-mode operating system has been implemented, supporting both manual and automatic control modes, a presence-based activation mechanism, an overheating warning system, and wireless data exchange via Bluetooth. An OLED display is used to visualize current microclimate parameters and system operating modes. The developed system was tested, and its functionality and suitability for practical application in smart home systems were confirmed.

Keywords: smart home, microclimate, automated control system, PID controller, STM32F103C8T6, Bluetooth, OLED display, temperature and humidity sensors, energy efficiency.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналіз предметної області та постановка задачі проектування.....	10
1.1 Аналіз предметної області систем керування мікрокліматом.....	10
1.2 Підходи до побудови автоматизованих систем керування мікрокліматом будинку та аналіз існуючих рішень	13
1.3 Постановка задачі.....	21
2 Проектування автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку.....	24
2.1 Концепція побудови автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку.....	24
2.2 Структурна схема автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку.....	27
2.3 Вибір обладнання та проектування апаратної схеми	30
3 Реалізація автоматизованої системи керування мікрокліматом будинку	42
3.1 Реалізація вбудованого програмного забезпечення	42
3.2 Загальна схема пристрою	51
3.3 Функціональне тестування системи.....	56
Висновки	59
Список використаних джерел	60
Додаток А Принципова електрична схема системи керування мікрокліматом розумного будинку.....	64
Додаток Б Програмний код	65
Додаток В Копія опублікованих результатів	79

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ						
Розробив	Федіков В.О.				Автоматизована система керування мікрокліматом будинку / Automated microclimate control system for a smart home	Літ.		Арк.	Аркушів		
Перевірив	Николайчук ЯМ										
Консульт	Николайчук Я.М.					ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-42					
Н.Контроль	Заставний О.М.										
Затвердив	Сегін А.І.										

ВСТУП

Актуальність роботи. Стрімкий розвиток інформаційних технологій, засобів автоматизації та концепції Інтернету речей (IoT) сприяє активному впровадженню інтелектуальних систем керування в різних сферах життєдіяльності людини. Одним із перспективних напрямів є створення розумних будинків, у яких автоматизовані системи забезпечують підвищення комфорту проживання, безпеки та ефективності використання енергетичних ресурсів.

Важливою складовою функціонування розумного будинку є підтримання оптимального мікроклімату в приміщеннях. Температура, вологість, якість повітря та рівень освітленості безпосередньо впливають на комфорт, самопочуття та працездатність людини. Традиційні способи регулювання цих параметрів потребують постійного втручання користувача та не завжди забезпечують оперативне реагування на зміни умов навколишнього середовища.

Сучасні автоматизовані системи керування мікрокліматом дозволяють здійснювати безперервний моніторинг параметрів середовища за допомогою мережі датчиків, аналізувати отримані дані та автоматично формувати керуючі впливи на виконавчі пристрої. Використання мікроконтролерів, бездротових технологій зв'язку, хмарних сервісів і методів інтелектуального керування забезпечує підвищення точності регулювання, зменшення енергоспоживання та можливість дистанційного контролю роботи системи.

Особливої актуальності набуває впровадження комп'ютерно-інтегрованих технологій для об'єднання сенсорів, виконавчих механізмів та програмних засобів в єдину автоматизовану систему. Такі рішення дозволяють реалізувати адаптивне керування мікрокліматом, враховувати індивідуальні потреби користувачів та забезпечувати ефективне використання енергетичних ресурсів відповідно до принципів енергоощадності та сталого розвитку.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, розроблення автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку є актуальним завданням, що відповідає сучасним тенденціям розвитку автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій і спрямоване на підвищення комфорту проживання, енергоефективності та інтелектуалізації житлового середовища.

Метою роботи є розроблення автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку на основі сучасних засобів автоматизації, сенсорних технологій та комп'ютерно-інтегрованих рішень, що забезпечує моніторинг і підтримання оптимальних параметрів внутрішнього середовища та комфортності проживання користувачів.

Об'єкт дослідження: процес автоматизованого керування параметрами мікроклімату в приміщеннях розумного будинку.

Предмет дослідження: методи, алгоритми, програмно-апаратні засоби та комп'ютерно-інтегровані технології автоматизованого моніторингу й керування параметрами мікроклімату розумного будинку.

Методи дослідження. Аналіз науково-технічної літератури, нормативних документів та існуючих рішень у сфері автоматизації розумних будинків застосовано для дослідження сучасних підходів до керування мікрокліматом. Методи системного аналізу використано для визначення структури автоматизованої системи та взаємозв'язків між її складовими.

Під час проєктування системи застосовано методи структурного та функціонального моделювання, що дозволили сформувати архітектуру системи моніторингу та керування параметрами мікроклімату. Для реалізації процесів збору та обробки даних використано методи комп'ютерно-інтегрованих технологій, засоби мікроконтролерного керування та технології Інтернету речей (IoT).

Для підтримання заданих параметрів мікроклімату використано методи автоматичного керування, що базуються на аналізі показників температури, вологості та якості повітря.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

Практичне значення одержаних результатів. Результати роботи можуть бути використані під час розроблення та впровадження систем автоматизації житлових приміщень для моніторингу й підтримання оптимальних параметрів мікроклімату, зменшення енергоспоживання та підвищення рівня комфорту користувачів. Запропоновані технічні рішення можуть бути адаптовані для інтеграції в сучасні системи розумного будинку на базі технологій Інтернету речей (IoT).

Апробація. Федіков В.О., Николайчук Я.М. Особливості побудови систем керування мікрокліматом розумного будинку. Scientific Progress: Theories, Applications and Global Impact: матеріали 4-ї Міжнародної науково-практичної конференції (Брага, Португалія, 8–10 червня 2026 р.). Брага, 2026. С. 72-74.

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Аналіз предметної області систем керування мікрокліматом

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій та засобів автоматизації значного поширення набуває концепція розумного будинку (англ. Smart Home), яка передбачає інтеграцію різноманітних інженерних систем у єдине інформаційно-керуюче середовище.

Забезпечення комфортних умов проживання людини є одним із важливих завдань сучасних систем автоматизації будівель. Значний вплив на самопочуття, працездатність та здоров'я людини мають параметри мікроклімату приміщення, до яких належать температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря та концентрація шкідливих домішок. Відповідно до сучасних вимог до житлових будівель, зазначені параметри повинні підтримуватися в установлених нормативами межах [1, 2].

Одним із найважливіших компонентів розумного будинку є система керування мікрокліматом будинку.

Мікрокліматом приміщення називають сукупність фізичних параметрів внутрішнього середовища, які визначають тепловий стан людини та впливають на рівень її комфорту. Основними параметрами мікроклімату є температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря та якість повітряного середовища [3]. Відхилення цих показників від нормативних значень може призводити до погіршення самопочуття людини, зниження продуктивності праці та збільшення енергетичних витрат на підтримання необхідних умов.

У традиційних системах опалення та вентиляції регулювання параметрів мікроклімату здійснюється переважно вручну або за допомогою локальних регуляторів. Такий підхід не забезпечує достатньої гнучкості керування та не дозволяє оперативно реагувати на зміни зовнішніх умов або режимів експлуатації приміщення. У зв'язку з цим виникає необхідність впровадження автоматизованих систем керування, які здатні здійснювати безперервний

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

моніторинг параметрів середовища та автоматично формувати керуючі впливи на виконавчі механізми [4].

Автоматизована система керування мікрокліматом являє собою сукупність технічних засобів, програмного забезпечення та алгоритмів керування, призначених для підтримання заданих параметрів внутрішнього середовища. Типова структура такої системи включає датчики контролю параметрів мікроклімату, контролер для обробки інформації та виконавчі пристрої, що безпосередньо впливають на стан середовища. Автоматизована система керування мікрокліматом забезпечує підтримання заданих параметрів температури та вологості в приміщенні. Загальну структуру такої системи наведено на рисунку 1.1 [5].



Рисунок 1.1 – Структурна схема автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку

Для вимірювання параметрів мікроклімату використовуються датчики температури, вологості, концентрації вуглекислого газу та інші вимірювальні засоби. Отримані дані надходять до контролера, де виконуються їх обробка,

аналіз та порівняння із заданими значеннями. У разі виявлення відхилень система формує відповідні сигнали керування для виконавчих пристроїв, таких як нагрівачі, вентилятори, кондиціонери, зволожувачі або осушувачі повітря [4].

Особливе значення в автоматизованих системах мають алгоритми регулювання. Найбільш поширеним підходом є використання замкнених систем автоматичного керування зі зворотним зв'язком. У таких системах поточне значення контрольованого параметра безперервно порівнюється із заданим значенням, а на основі отриманої похибки формується керуючий вплив на об'єкт керування [4]. Використання принципу зворотного зв'язку дозволяє забезпечити високу точність підтримання параметрів мікроклімату навіть за наявності зовнішніх збурень.

Важливою вимогою до сучасних систем керування мікрокліматом є енергоефективність. Значна частина енергоспоживання житлових будинків припадає на системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Тому застосування автоматизованих систем дозволяє не лише підтримувати комфортні умови проживання, але й зменшувати витрати енергоресурсів шляхом оптимізації режимів роботи обладнання.

Останніми роками значного поширення набули комп'ютерно-інтегровані системи керування, що поєднують засоби автоматизації з інформаційними технологіями. Такі системи забезпечують віддалений моніторинг параметрів середовища, накопичення історичних даних, формування звітів та інтеграцію з іншими підсистемами «розумного будинку». Використання сучасних мікроконтролерних платформ і бездротових засобів передачі даних дозволяє створювати гнучкі та економічно ефективні рішення для автоматизації житлових приміщень [4].

Автоматизовані системи керування мікрокліматом зазвичай складаються з трьох основних компонентів: підсистеми збору даних, підсистеми обробки інформації та підсистеми керування. Підсистема збору даних представлена набором датчиків, які здійснюють вимірювання параметрів навколишнього

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		12

середовища. Підсистема обробки інформації виконує аналіз отриманих даних, порівняння їх із заданими значеннями та формування рішень щодо необхідності коригування параметрів мікроклімату. Підсистема керування реалізує безпосередній вплив на виконавчі пристрої, такі як обігрівачі, кондиціонери, вентилятори, зволожувачі або осушувачі повітря.

Таким чином, аналіз предметної області показав, що автоматизовані системи керування мікрокліматом є перспективним напрямом розвитку технологій розумного будинку, а також, що підтримання нормативних параметрів мікроклімату є важливим завданням сучасних систем автоматизації будівель. Застосування автоматизованих систем керування дозволяє забезпечити необхідний рівень комфорту, підвищити енергоефективність та зменшити вплив людського фактора на процес регулювання. Це обумовлює актуальність розроблення автоматизованої системи керування мікрокліматом будинку із використанням сучасних засобів автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

1.2 Підходи до побудови автоматизованих систем керування мікрокліматом будинку та аналіз існуючих рішень

Автоматизовані системи керування мікрокліматом будинку є ключовим елементом сучасних інтелектуальних житлових середовищ, оскільки забезпечують підтримання оптимальних параметрів внутрішнього середовища з мінімальним втручанням користувача. Такі системи спрямовані на автоматичне регулювання температури, вологості та якості повітря відповідно до заданих норм і поточних умов експлуатації приміщення.

Основою подібних рішень становлять технології Інтернету речей (IoT), що об'єднують сенсори, виконавчі пристрої та обчислювальні модулі в єдину систему керування. Завдяки цьому забезпечується безперервний збір даних про стан мікроклімату та їх обробка в режимі реального часу для формування керуючих впливів.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Сучасні підходи до реалізації автоматизованих систем керування мікрокліматом включають використання бездротових сенсорних мереж, централізованих і децентралізованих архітектур керування, а також алгоритмів адаптивного та інтелектуального регулювання, що дозволяє підвищити точність підтримання комфортних умов та зменшити енергоспоживання будівлі.

Моніторинг та контроль клімату на основі датчиків: одним із найфундаментальніших методів підтримки якості мікроклімату в приміщенні є моніторинг на основі датчиків. Розумні датчики можуть вимірювати ключові параметри навколишнього середовища, такі як:

- температура – термостати з підтримкою Інтернету речей регулюють нагрівання та охолодження на основі даних у режимі реального часу;
- вологість – розумні зволожувачі та осушувачі повітря підтримують оптимальний рівень вологості.
- якість повітря – датчики виявляють рівень CO₂, ЛОС (летких органічних сполук) та твердих частинок (PM2.5).

Бездротові системи на базі Інтернету речей дозволяють цим датчикам взаємодіяти з центральним вузлом або хмарною платформою. Це забезпечує автоматичне налаштування на основі заданих умов або прогнозів на основі штучного інтелекту.

Прикладом є розумні термостати (системи на основі Інтернету речей). Такі пристрої, як термостат Nest [6-7] та Ecobee SmartThermostat [8], використовують Інтернет речей для вивчення вподобань користувачів, оптимізації графіків опалення та охолодження, а також інтеграції з іншими пристроями розумного дому через такі платформи, як Google Assistant, Amazon Alexa та Apple HomeKit [6-8].

Належна вентиляція є важливою для підтримки якості повітря в розумному будинку. Системи керування вентиляцією на базі Інтернету речей інтегрують блоки повітрообміну з інтелектуальними датчиками для оптимізації потоку повітря. Цими системами можна керувати дистанційно за допомогою

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		14

застосунку для смартфона або працювати автоматично на основі показників якості повітря в режимі реального часу.

Ключові технології:

- розумні очищувачі повітря – такі пристрої, як Dyson Pure Cool та Xiaomi Mi Air Purifier, використовують датчики якості повітря для видалення пилу, пилюку та шкідливих газів з повітря;
- розумні вікна та жалюзі – автоматичні жалюзі та вікна регулюються залежно від погодних умов, температури та рівня CO₂ у приміщенні для регулювання вентиляції та природного охолодження;
- інтеграція систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (ОВК) – системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря на базі штучного інтелекту аналізують дані з кількох датчиків для балансування повітряного потоку та оптимізації використання енергії [9].

Штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання (МН) відіграють важливу роль у системах інтелектуального керування мікрокліматом. Зазначені технології забезпечують оптимізацію температури, вологості та якості повітря на основі аналізу поведінки користувачів та даних навколишнього середовища. Завдяки безперервному аналізу закономірностей та прогнозуванню майбутніх умов, ШІ та МН уможливають проактивне коригування параметрів, що підвищує енергоефективність та рівень комфорту користувачів. Інтеграція з пристроями Інтернету речей забезпечує seamless автоматизацію та дистанційний моніторинг, роблячи систему керування мікрокліматом більш адаптивною та інтелектуальною.

Напрями застосування ШІ в системах керування мікрокліматом:

- предиктивний аналіз – системи на основі ШІ аналізують історичні дані про мікроклімат для прогнозування оптимальних значень температури;
- адаптивне навчання – пристрої вивчають звички користувачів та автоматично коригують налаштування;
- енергоефективність – контролери на основі ШІ мінімізують енергоспоживання, забезпечуючи при цьому належний рівень комфорту [10].

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Прикладом застосування технологій штучного інтелекту в системах керування мікрокліматом є термостат Google Nest Learning Thermostat. Система використовує алгоритми машинного навчання для аналізу температурних уподобань користувачів, автоматичного формування графіків опалення та охолодження, визначення періодів присутності або відсутності людей у приміщенні, а також врахування зовнішніх погодних умов. На основі отриманих даних термостат автоматично коригує режими роботи системи опалення та кондиціонування з метою підвищення комфорту користувачів і зменшення енергоспоживання [11-12].

Перспективні підходи також включають використання методів штучного інтелекту для підвищення адаптивності та енергоефективності керування [13].

Інтеграція бездротових мереж на базі Інтернету речей дозволяє інтелектуальним кліматичним системам безперебійно функціонувати без надмірної проводки. Такі технології, як Zigbee, Z-Wave та LoRaWAN, забезпечують ефективний зв'язок між пристроями в розумному будинку.

Переваги бездротових кліматичних систем IoT:

- масштабованість – легко розширюватися шляхом додавання нових інтелектуальних датчиків та пристроїв;
- віддалений доступ – користувачі можуть керувати кліматом у приміщенні за допомогою додатків для смартфонів з будь-якого місця;
- сумісність – працює з кількома екосистемами розумного дому (Amazon Alexa, Google Assistant, Apple HomeKit).

Прикладом є керування HVAC на основі Інтернету речей за допомогою Zigbee. Інтелектуальна система HVAC на основі Zigbee дозволяє термостатам, зволожувачам повітря та вентиляційним блокам бездротово взаємодіяти, зменшуючи витрати на енергію та покращуючи якість повітря в приміщенні [14-15].

Нижче наведено ілюстрації, що представляють різні підходи до розумного клімат-контролю.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		16

На рисунку 1.2 показано архітектуру інтелектуальної системи клімат-контролю на основі Інтернету речей. На ній показано, як інтелектуальні пристрої, такі як термостати, очищувачі повітря та датчики, з'єднані між собою через бездротовий маршрутизатор та хмарну обробку даних на основі штучного інтелекту.

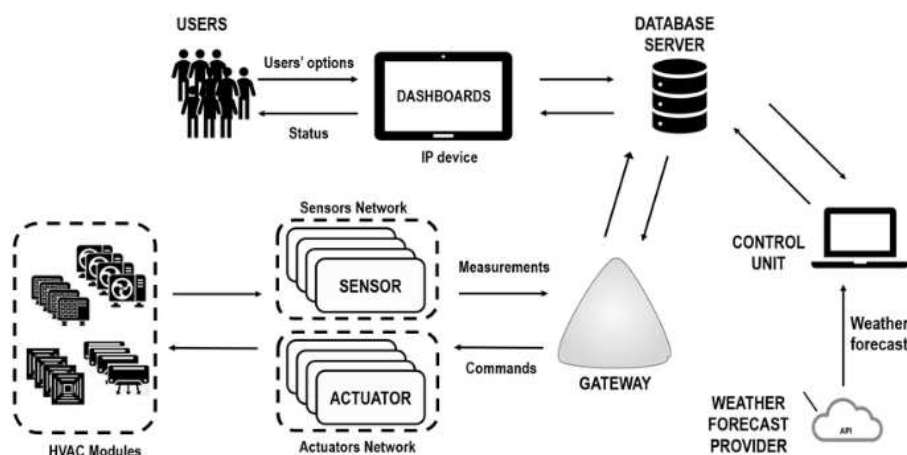


Рисунок 1.2 – Архітектура інтелектуальної системи керування мікрокліматом на основі Інтернету речей

Система дозволяє збирати та аналізувати дані в режимі реального часу, що дозволяє автоматично налаштовувати параметри для підтримки оптимальних умов у приміщенні. Крім того, користувачі можуть дистанційно контролювати та керувати системою за допомогою застосунку для смартфона, забезпечуючи зручність та енергоефективність.

Система складається з таких основних компонентів: мережі датчиків (Sensors Network), що здійснюють вимірювання параметрів середовища; мережі виконавчих пристроїв (Actuators Network), які реалізують керуючі впливи на модулі HVAC; шлюзу (Gateway), що забезпечує передачу вимірювань до блоку

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		17

керування та сервера бази даних; сервера бази даних (Database Server), призначеного для зберігання та обробки даних; блоку керування (Control Unit), який формує керуючі команди на основі отриманих даних та прогнозу погоди; панелі користувача (Dashboards) на IP-пристрої, що забезпечує відображення поточного стану системи та можливість дистанційного керування.

У сучасних автоматизованих системах керування мікрокліматом широко застосовуються адаптивні підходи, що передбачають використання контурів зворотного зв'язку та механізмів коригування керуючих впливів залежно від стану навколишнього середовища. Узагальнену структуру такої системи наведено на рисунку 1.3, тобто узагальнену структуру інтелектуальної системи керування з адаптивними та зворотними зв'язками, яка демонструє принципи автоматичного регулювання параметрів середовища [17].

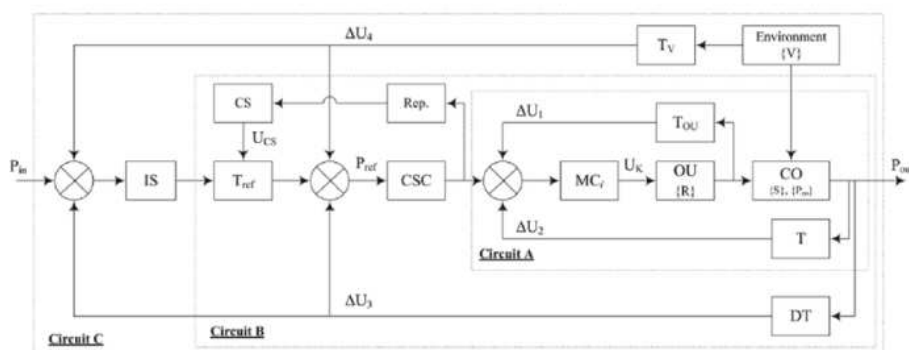


Рисунок 1.3 – Структурна схема адаптивної системи керування параметрами середовища

Така схема добре ілюструє концепцію побудови систем керування мікрокліматом, де контролер отримує дані від датчиків, аналізує відхилення від заданих параметрів та формує керуючі впливи на виконавчі механізми. Система керує опаленням, вентиляцією та кондиціонуванням повітря будівлі і функціонує шляхом безперервного збору інформації від датчиків температури,

вологості та інших параметрів середовища. Отримані дані надходять до інтелектуального модуля керування, який порівнює поточні значення з заданими параметрами та формує відповідні керуючі сигнали для виконавчих пристроїв. Наявність контурів зворотного зв'язку забезпечує адаптацію системи до змін зовнішніх умов і дозволяє підтримувати необхідні параметри мікроклімату з високою точністю.

Застосування подібних архітектур є характерним для сучасних систем «розумного будинку», де для прийняття рішень використовуються алгоритми автоматичного регулювання, прогнозування та інтелектуального аналізу даних [17].

Підтримка високоякісного мікроклімату в приміщенні в розумному будинку вимагає поєднання моніторингу на основі датчиків, автоматичного очищення повітря, оптимізації на основі штучного інтелекту та бездротових систем керування на основі Інтернету речей. Ці технології не лише підвищують комфорт користувачів, але й покращують енергоефективність та екологічну стійкість. З розвитком Інтернету речей та штучного інтелекту, майбутні розумні будинки стануть ще більш автономними та інтелектуальними у підтримці оптимальних кліматичних умов.

Як висновок, керування мікрокліматом розумного будинку вимагає поєднання моніторингу на основі датчиків, автоматичного очищення повітря, оптимізації на основі штучного інтелекту та бездротових систем керування на основі Інтернету речей. Ці технології не лише підвищують комфорт користувачів, але й покращують енергоефективність та екологічну стійкість. З розвитком Інтернету речей та штучного інтелекту, майбутні розумні будинки стануть ще більш автономними та інтелектуальними у підтримці оптимальних кліматичних умов.

На сучасному ринку представлено значну кількість рішень для автоматизованого керування параметрами мікроклімату житлових приміщень. Такі системи забезпечують моніторинг та регулювання температури, вологості,

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

вентиляції та якості повітря на основі даних від сенсорів і алгоритмів автоматичного керування.

Одним із найбільш поширених рішень є система Honeywell Home [18], яка реалізує автоматизоване керування опаленням, кондиціонуванням та вентиляцією за допомогою інтелектуальних термостатів. Система підтримує дистанційне керування через мобільний застосунок, формування графіків роботи обладнання та автоматичне регулювання температури відповідно до потреб користувачів. Крім того, рішення забезпечує контроль якості повітря та оптимізацію енергоспоживання будинку.

Іншим відомим аналогом є система Google Nest, основою якої є інтелектуальний термостат Nest Learning Thermostat. Особливістю цього рішення є здатність аналізувати поведінку користувачів і автоматично формувати режими роботи системи опалення та кондиціонування. Система інтегрується з іншими пристроями екосистеми розумного будинку та дозволяє здійснювати дистанційний контроль параметрів мікроклімату через мережу Інтернет [11, 19].

Серед сучасних рішень також варто виділити систему ecobee Smart Thermostat Premium, яка поєднує функції автоматизованого керування температурою з моніторингом якості повітря. Система використовує додаткові бездротові сенсори для визначення зайнятості приміщень та адаптивного регулювання температурного режиму. Крім того, підтримується контроль показників якості повітря, включаючи рівень вуглекислого газу та летких органічних сполук, що сприяє створенню комфортного та безпечного середовища проживання [8, 20].

Порівняльний аналіз показує, що існуючі комерційні рішення орієнтовані переважно на керування температурою та енергоефективністю будинку. Водночас більшість із них характеризуються високою вартістю впровадження, залежністю від хмарних сервісів виробника та обмеженими можливостями адаптації під індивідуальні потреби користувача. Це обумовлює актуальність розроблення власної автоматизованої системи керування мікрокліматом

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		20

розумного будинку, яка забезпечуватиме гнучке налаштування алгоритмів керування, локальну обробку даних та інтеграцію з доступними IoT-пристроями.

1.3 Постановка задачі

Аналіз предметної області та існуючих рішень показав, що тема кваліфікаційної роботи є актуальною.

Забезпечення оптимальних кліматичних умов у приміщенні є важливим для сучасного середовища розумного будинку. Температура, вологість, якість повітря та умови освітлення суттєво впливають на комфорт користувачів, енергоефективність та загальне самопочуття. Традиційні системи клімат-контролю, які часто покладаються на механічні термостати або просту автоматизацію, не мають адаптивності до динамічних змін навколишнього середовища та уподобань користувачів. Щоб усунути ці обмеження, запропонований підхід інтегрує багатовимірний моніторинг навколишнього середовища, алгоритми керування, співпрацю пристроїв та взаємодію з користувачем у режимі реального часу, спрямовану на підвищення адаптивності, енергоефективності та безпеки.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку.

Розробка такої системи вимагає комплексного підходу, який забезпечує моніторинг у режимі реального часу, адаптивне керування потоком повітря та енергоефективність. Запропонований підхід до реалізації базується на ПД-регулюванні, автоматизації на основі датчиків та бездротовому зв'язку для оптимізації взаємодії між параметрами навколишнього середовища та механізмами клімат-контролю. Система повинна забезпечувати автоматичний та ручний режими роботи, забезпечуючи гнучкість користувача та підтримуючи оптимальні умови в приміщенні. Враховуючи ці вимоги, розробка системи складається з таких ключових завдань:

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

– розробити стратегію клімат-контролю на основі ПД-регулятора, яка динамічно регулює швидкість вентилятора та інтенсивність повітряного потоку на основі різниці між поточною температурою та цільовою температурою, забезпечуючи плавне та енергоефективне регулювання;

– розробити дворежимну операційну систему, яка забезпечує плавне перемикання між ручним та автоматичним режимами, дозволяючи користувачам регулювати швидкість вентилятора за допомогою кнопок керування або покладатися на автоматизований механізм регулювання робочого циклу для саморегульованого клімат-контролю;

– розробити інтелектуальну складову системи для збору даних про навколишнє середовище, яка об'єднує датчики температури, вологості та руху для збору інформації в режимі реального часу, забезпечуючи точний моніторинг та реагування на зміни клімату;

– впровадити автоматизований механізм активації на основі присутності за допомогою інфрачервоного модуля виявлення, що дозволить системі вмикатися, коли людина присутня, і вимикатися, коли приміщення порожнє, оптимізуючи споживання енергії;

– інтегрувати механізм безпеки на основі температури, впровадивши автоматичний зумер, який активується, коли температура перевищує заздалегідь визначений поріг, забезпечуючи систему раннього попередження про перегрівання;

– оптимізувати бездротовий зв'язок на основі Bluetooth шляхом удосконалення передачі даних між мікроконтролером STM32F103C8T6 та зовнішніми інтерфейсами користувача, забезпечуючи безперебійний дистанційний моніторинг та керування;

– розробити інтерфейс зворотного зв'язку та відображення в режимі реального часу за допомогою OLED-модуля, що дозволить користувачам чітко та доступно контролювати поточні кліматичні умови, режим системи та налаштування швидкості обертання вентиляторів;

– провести тестування розробленої системи.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Вирішуючи ці завдання, розроблена система забезпечуватиме інтелектуальну, адаптивну та енергоефективну систему клімат-контролю, яка підвищить комфорт користувача, автоматизує управління повітряним потоком та забезпечить моніторинг у режимі реального часу за допомогою системи на основі Інтернету речей.

Система має бути надійною, простою в обслуговуванні та масштабованою.

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		23

2 ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

2.1 Концепція побудови автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку

Основою роботи проектованої системи є мережа датчиків навколишнього середовища, які безперервно збирають дані про температуру, вологість, якість повітря та інтенсивність освітлення. Датчик DHT11 використовується для моніторингу температури та вологості, тоді як якість повітря оцінюється за допомогою датчиків MQ-135 та PM2.5, які виявляють концентрацію шкідливих газів та твердих частинок. Крім того, датчик освітленості BH1750 вимірює рівень освітленості в приміщенні, забезпечуючи належні умови освітлення. Ці датчики бездротово зв'язуються з хмарною платформою, такою як Alibaba Cloud IoT, за допомогою модулів Wi-Fi (ESP8266) або LoRa. Такий збір даних у режимі реального часу дозволяє здійснювати комплексний моніторинг кліматичних умов, сприяючи динамічному коригуванню на основі змін навколишнього середовища та вимог користувачів.

Ключовим аспектом роботи запропонованої системи є застосування інтелектуальних алгоритмів керування для ефективного регулювання кліматичних параметрів. Традиційний алгоритм пропорційно-інтегрально-диференціального (ПІД) керування, який зазвичай використовується для регулювання температури та вологості, удосконалено за допомогою нечіткої логіки та оптимізації на основі нейронних мереж. Ці вдосконалення дозволяють системі досягати точного та адаптивного клімат-контролю, мінімізуючи перевищення та споживання енергії. Наприклад, нечіткий ПІД-контролер динамічно регулює роботу кондиціонера, вентилятора та зволожувача повітря на основі умов навколишнього середовища та прогнозованих уподобань користувача. Ця адаптивна стратегія керування підвищує швидкість реагування та забезпечує оптимальний комфорт, одночасно оптимізуючи енергоефективність.

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24

Спільна робота пристроїв є ще одним фундаментальним компонентом запропонованого підходу. Система використовує протоколи бездротового зв'язку, такі як MQTT та ZigBee, для забезпечення безперебійної взаємодії між різними пристроями розумного дому. Наприклад, коли температура в приміщенні перевищує визначений поріг, активується система кондиціонування повітря, а система вентиляції свіжим повітрям вмикається для покращення якості повітря. Аналогічно, система розумних штор регулює свій кут, щоб мінімізувати теплове випромінювання, зменшуючи навантаження на кондиціонер. Крім того, у відповідь на погіршення якості повітря очищувач повітря автоматично запускається, коли вікна закриті, щоб запобігти потраплянню зовнішніх забруднювачів. Такий взаємопов'язаний підхід гарантує, що кілька пристроїв працюють злагоджено, підтримуючи оптимальний клімат у приміщенні, одночасно зменшуючи непотрібне споживання енергії.

Взаємодія з користувачем та дистанційне керування забезпечуються за допомогою спеціального мобільного застосунку, який забезпечує доступ до кліматичних даних та функцій керування в режимі реального часу. Цей застосунок, розроблений з використанням розширеного модуля Wi-Fi HC-08, дозволяє користувачам дистанційно встановлювати цільові параметри клімату, перемикатися між попередньо визначеними режимами сцени та отримувати сповіщення про аномалії навколишнього середовища. Система підтримує кілька режимів роботи, таких як «режим енергозбереження», який надає пріоритет мінімальному споживанню енергії, підтримуючи при цьому прийнятні кліматичні умови, та «режим сну», який оптимізує температуру та вологість для покращення якості сну. Крім того, інтеграція голосового керування з віртуальними помічниками, такими як Amazon Alexa, дозволяє керувати кліматом без використання рук, підвищуючи зручність користувача.

Оптимізація енергоефективності та забезпечення безпеки є критично важливими міркуваннями в запропонованому підході. Для досягнення ефективного управління живленням система використовує моніторинг

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

навантаження в режимі реального часу та методи адаптивного керування. Система кондиціонування повітря використовує технологію змінної частоти для регулювання швидкості компресора, тим самим мінімізуючи споживання енергії.

Вентилятори та інші виконавчі механізми працюють за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШИМ), динамічно регулюючи робочі цикли залежно від умов навколишнього середовища для зменшення втрат енергії в режимі очікування. Механізм безпеки посилений багаторівневою системою оповіщення, яка використовує модуль зумера та мобільні сповіщення.

У випадках незначних аномалій, таких як підвищена концентрація CO₂, що перевищує 1000 ppm, система активує вентиляційний блок свіжого повітря, надсилаючи сповіщення користувачеві. У важких умовах, таких як ризик пожежі, спрацьовує звукова та світлова сигналізація високої гучності, а газовий клапан автоматично вимикається, щоб запобігти небезпеці.

Масштабованість та майбутні вдосконалення є невід'ємною частиною довгострокової життєздатності запропонованого підходу клімат-контролю. Система розробляється для підтримки кросплатформної сумісності за допомогою стандартизованих протоколів зв'язку, таких як Matter та ZigBee, що забезпечує сумісність з широким спектром пристроїв розумного дому. Подальші розробки будуть зосереджені на інтеграції моделей машинного навчання, таких як мережі довгої короткочасної пам'яті (LSTM), для аналізу поведінки користувачів та прогнозування майбутніх кліматичних вимог. Використовуючи історичні дані та прогнози погоди, система може проактивно коригувати умови в приміщенні, додатково оптимізуючи комфорт та енергоефективність. Крім того, розгортання обчислень на периферії штучного інтелекту з використанням легких фреймворків, таких як TensorFlow Lite, у мікроконтролерах, таких як STM32F103C8T6, покращить можливості прийняття рішень у режимі реального часу, одночасно зменшуючи залежність від хмарних сервісів.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		26

Технічні проблеми, пов'язані з реалізацією цього підходу, включають забезпечення безпечної передачі даних, підтримку сумісності пристроїв та підвищення точності датчиків. Для вирішення проблем безпеки система використовує шифрування TLS/SSL для передачі даних датчиків, а оновлення прошивки надсилаються по повітря (OTA) для захисту від кіберзагроз. Проблема гетерогенного зв'язку між пристроями вирішується завдяки використанню координаторів ZigBee, які сприяють безперебійному перетворенню протоколів. Точність датчиків підвищується шляхом заміни традиційних датчиків, таких як DHT11, на високоточні альтернативи, такі як SHT35, та використання алгоритмів фільтрації Калмана для виправлення помилок вимірювання.

Запропонована система керування мікрокліматом розумного будинку за допомогою бездротової системи Інтернету речей пропонує комплексне рішення, яке інтегрує багатоджерельний моніторинг навколишнього середовища, інтелектуальні алгоритми керування та безперебійну співпрацю пристроїв.

Використовуючи передові стратегії керування, аналіз даних у режимі реального часу та адаптивні методи машинного навчання, система забезпечує оптимальні кліматичні умови в приміщенні, одночасно підвищуючи енергоефективність та зручність для користувачів.

2.2 Структурна схема автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку

Структурна схема автоматизованої системи керування мікрокліматом приміщення, яка розробляється у межах виконання даної кваліфікаційної роботи наведена на рисунку 2.1.

Система використовує ПІД-регулювання, тобто пропорційно-інтегрально-диференціальний (англ. Proportional – Integral – Derivative) регулятор для підтримання заданих параметрів мікроклімату. ПІД-регулятор забезпечує точне

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

та стабільне керування шляхом врахування поточного відхилення, його інтегральної суми та швидкості зміни контрольованого параметра.

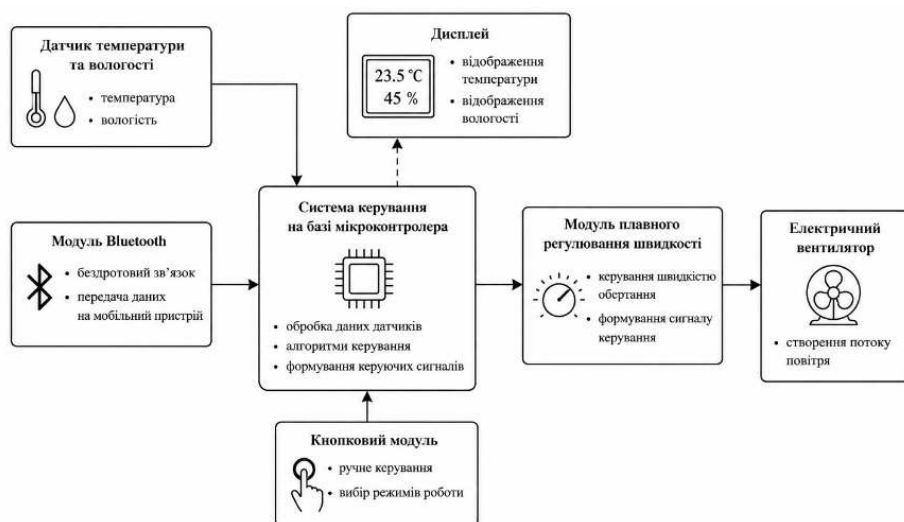


Рисунок 2.1 – Структурна схема автоматизованої системи керування мікрокліматом будинку

ПД-регулювання – це алгоритм автоматичного керування, який формує керуючий вплив на основі трьох складових:

- П (пропорційна) – реагує на поточну величину відхилення від заданого значення. Чим більше відхилення – тим більший керуючий вплив;
- І (інтегральна) – реагує на накопичену суму відхилень з часом. Усуває статичну похибку, яку не може виправити пропорційна складова;
- Д (диференціальна) – реагує на швидкість зміни відхилення. Передбачає майбутні відхилення та запобігає перерегулюванню.

Простий приклад: термостат із ПД – якщо температура нижча за задану (П – вмикає нагрів), якщо довго не досягає цілі (І – збільшує потужність), якщо температура швидко зростає (Д – зменшує потужність, щоб не перегріти).

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		28

У режимі встановлення вимірюється різниця між температурою в приміщенні та встановленою температурою, а швидкість двигуна точно контролюється шляхом регулювання робочого циклу для зміни швидкості вітру.

Система має два режими роботи. Після ввімкнення та входу в систему з'явиться інтерфейс вибору режиму. Вибір режиму можна контролювати за допомогою кнопок. Кнопка K1 вказує на ручний режим, а кнопка K2 – на автоматичний режим.

У ручному режимі швидкість регулюється за допомогою кнопки K2. Тому її можна розділити на три типи: низька, середня та висока. В автоматичному режимі вентилятор автоматично змінює швидкість вітру, регулюючи робочий цикл.

Температура та вологість повітря, а також встановлена температура можуть відображатися через OLED-модуль.

Інфрачервоний модуль виявляє, чи є хтось перед вентилятором. Якщо хтось є, вентилятор автоматично вмикається в автоматичний режим; якщо нікого немає, вентилятор автоматично вимикається.

Коли температура занадто висока, зумер автоматично спрацює.

Система складатиметься з мінімального системного модуля STM32f103c8t6, модуля Bluetooth HC-08, датчика температури та вологості DHT11, сервоприводу SG90, OLED-дисплея, інфрачервоного модуля HC-SR505, модуля клавіш та модуля зумера [21]. Мінімальний системний модуль STM32f103c8t6 є ядром, і всі дані передаються до мікроконтролера, який потім обробляє їх та надсилає до відповідних модулів для виконання відповідної роботи.

Модуль Bluetooth HC-08 забезпечує бездротовий зв'язок, що дозволяє безперебійно передавати дані між системою та зовнішніми пристроями. OLED-дисплей забезпечує зворотний зв'язок щодо параметрів навколишнього середовища в режимі реального часу, що дозволяє користувачам миттєво контролювати рівень температури та вологості. Крім того, модуль зумера та

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		29

інфрачервоний датчик розширюють функціональність системи, надаючи сповіщення та автоматизацію на основі руху.

2.3 Вибір обладнання та проектування апаратної схеми

Мінімальний системний модуль STM32F103C8T6 служить ядром усієї системи, що проектується, керуючи такими компонентами, як модуль датчика, модуль Bluetooth, двигун постійного струму та OLED-дисплей.

На ринку існує багато поширених однокристальних мікрокомп'ютерів, таких як STC89C52, AT89C51 тощо. Під час вибору мікроконтролера враховувалися ключові фактори

- достатня кількість виводів;
- низька вартість;
- механізм переривання.

STM32F103C8T6, заснований на 32-бітному ядрі Cortex-M3, відповідає цим вимогам завдяки чудовій продуктивності та високій ефективності, розміщений у компактному корпусі LQFP48 для кращого розсіювання тепла.

Для належного функціонування STM32F103C8T6 потрібен мінімальний системний модуль, який включає такі важливі компоненти, як джерело живлення, схема скидання, зовнішній тактовий генератор та інтерфейс налагодження. Джерело живлення працює в діапазоні 2,0 В–3,6 В, з рекомендованим стабілізатором 3,3 В для забезпечення стабільності.

Крім того, для зменшення шуму використовуються фільтруючі конденсатори (100 нФ та 10 мкФ). Схема скидання забезпечує стабільний запуск шляхом підключення виводу NRST до зовнішньої схеми скидання, яка часто містить конденсатор 10 мкФ. Схема тактової частоти може використовувати або внутрішній генератор, або зовнішній кварцовий генератор (8 МГц або 12 МГц) з навантажувальними конденсаторами (15-20 пФ) для стабільності частоти.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		30

Налагодження підтримується через інтерфейси SWD або JTAG, причому SWD є кращим методом. Відкриття контактів GPIO дозволяє підключати світлодіоди, кнопки та датчики, що забезпечує взаємодію з користувачем. Мінімальна система часто включає світлодіодний індикатор та кнопку входу для налагодження та зовнішніх переривань.

STM32F103C8T6 підтримує кілька інтерфейсів зв'язку, таких як USART для послідовного зв'язку та I2C/SPI для підключення датчиків. Функції керування живленням включають розділові конденсатори (100 нФ та 10 мкФ) для стабілізації напруги та мінімізації перешкод.

Завдяки правильному налаштуванню схем живлення, тактової частоти, скидання та налагодження, мінімальний системний модуль STM32F103C8T6 служить міцною основою для вбудованих застосувань. Як частина серії STM32, він відповідає високим стандартам якості STMicroelectronics, що робить його надійним вибором для розробки.

Схема мінімального системного модуля на базі STM32F103C8T6 наведена в додатку А.

Модуль температури та вологості відіграє важливу роль у системі, оскільки він визначає умови навколишнього середовища, необхідні для керування вентилятором. Датчики температури зазвичай використовують такі матеріали, як метали або напівпровідники, тоді як датчики вологості вимірюють провідність або діелектричні константи вологого повітря. Найпоширенішим методом для обох є використання термочутливих матеріалів для визначення температури та вологості.

Для цієї конструкції обрано датчик DHT11, який вимірює як температуру, так і вологість у діапазоні 0-50°C та 20%-90% вологості відповідно. Хоча він не такий точний або стабільний, як інші датчики, такі як HDC1080 або DS18B20, DHT11 добре підходить для базової домашньої автоматизації завдяки хорошому захисту від перешкод, швидкому часу відгуку та економічній ефективності. Цей датчик використовує єдиний протокол шини для зв'язку з мікроконтролером, передаючи дані про температуру та вологість.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

DHT11 працює від джерела живлення від 3,3 В до 5 В і надсилає дані у фіксованому цифровому форматі, включаючи як цілі, так і десяткові частини температури та вологості, а також контрольну суму для перевірки даних. Його легко підключити до мікроконтролерів, таких як Arduino та STM32, що робить його ідеальним для базових застосувань, де висока точність не є критичною.

На рисунку 2.2 представлена принципова електрична підключення датчика температури та вологості DHT11 з підтягувальним резистором, а також схема підключення світлодіода через обмежувальний резистор.

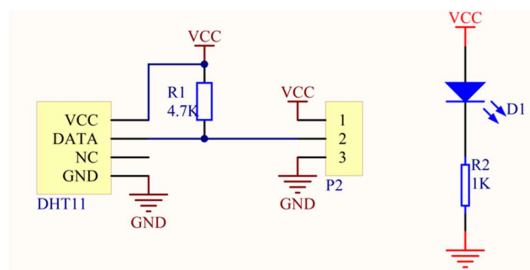


Рисунок 2.2 – Принципова електрична схема підключення датчика температури та вологості DHT11 і світлодіодного індикатора

Роботу OLED-дисплея описано нижче.

Основні технології відображення для розумних пристроїв включають РК-дисплеї, OLED та Micro-LED, кожна з яких має унікальні переваги. Хоча РК-дисплей вимагає підсвічування, OLED є самовипромінюючим, забезпечуючи яскраві кольори, швидший час відгуку та високу яскравість за нижчою ціною. Micro-LED, хоча й пропонує високу світлоєфективність та тривалий термін служби, є дорожчим. Технологія OLED, з її більш зрілим виробничим процесом, стала кращим модулем відображення завдяки своїм розширеним можливостям [22].

Модулі OLED-дисплеїв використовують органічні матеріали для випромінювання світла під час проходження струму, що пропонує такі переваги, як вища контрастність, гнучкість та нижче енергоспоживання

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

порівняно з РК-дисплеями. Вони доступні в монохромному, кольоровому та гнучкому варіантах, з поширеними роздільними здатностями, такими як 128x64 та 128x160. Ці модулі підключаються до мікроконтролерів через I2C, SPI або паралельні інтерфейси, причому SPI забезпечує вищу швидкість. Система використовує 0,96-дюймовий OLED-дисплей з робочим діапазоном 3 В-5 В, споживанням енергії 0,08 Вт та кутом огляду 160 градусів. Схема підключення OLED-дисплея за інтерфейсом I²C (лінії SDA та SCL) представлена на рисунку 2.3.

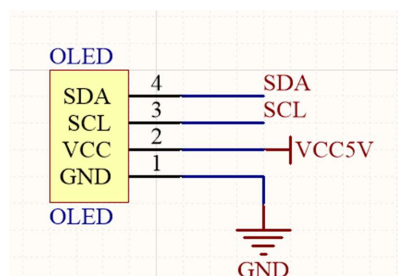


Рисунок 2.3 – Принципова електрична схема підключення OLED-дисплея

Модуль інфрачервоного датчика виявляє присутність за допомогою інфрачервоного відбиття, відіграючи ключову роль у системі, визначаючи, чи хтось знаходиться перед вентилятором. Якщо його виявлять, вентилятор автоматично вмикається. Більшість інфрачервоних датчиків виявляють як людей, так і об'єкти, але інфрачервоний датчик опалення HC-SR505 призначений для виявлення лише присутності людини. Коли людина знаходиться попереду, модуль видає високий рівень сигналу, який залишається активним, доки людина не піде, після чого він переходить на низький рівень. Це дозволяє мікроконтролеру визначити присутність людини [23].

Модуль HC-SR505 пропонує кілька переваг: низьке енергоспоживання, високу чутливість до тепла людського тіла та регульований діапазон виявлення від трьох до семи метрів. Він працює на напрузі постійного струму 5 В, що робить його сумісним з мікроконтролерами, такими як Arduino. Модуль

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

Цей датчик може виявляти в межах 3 метрів та з кутом конуса до 100 градусів, надійно функціонуючи в діапазоні температур від -20°C до 80°C. Він має функцію повторюваного спрацьовування, безперервно видаючи високий рівень сигналу при виявленні руху. Модуль має три контакти: позитивний полюс живлення, вихідний сигнал OUT та негативний полюс живлення.

PIR (Passive Infrared) – пасивний інфрачервоний датчик руху (датчик руху на основі пасивного інфрачервоного сенсора). Він виявляє рух за зміною інфрачервоного (теплого) випромінювання в зоні виявлення – наприклад, коли людина або тварина переміщується в полі зору датчика.

Пасивний – означає, що датчик нічого не випромінює сам, а лише сприймає теплове випромінювання від об'єктів.

Модуль Bluetooth описано в наступних абзацах. Система дозволяє користувачам дистанційно керувати швидкістю вентилятора, положенням передачі та іншими режимами. Звичайні варіанти бездротового зв'язку включають супергетеродинні модулі ASK для простого дистанційного керування, модулі бездротового приймача-передавача, що використовують модуляцію FSK або GFSK, та модулі бездротової передачі даних для послідовного зв'язку.

Для мобільної взаємодії Bluetooth є кращим за Wi-Fi через кращу безпеку, нижчу вартість та простоту використання. Модуль Bluetooth HC-08 – бездротовий модуль зв'язку стандарту Bluetooth Low Energy (BLE 4.0) для передачі даних між мікроконтролером і зовнішніми пристроями (смартфон, ПК тощо), зображено вигляд з лицьової та зворотної сторони на рисунку 2.5 [24]. Він працює на напрузі 3,3 В та температурі від -25°C до 75°C, базується на мікросхемі TICC25540 та підтримує програмний інтерфейс BLUE. Перед сполученням його контакт STATE видає низький сигнал, а після сполучення – високий сигнал.



Рисунок 2.5 – Модуль бездротового зв'язку HC-08 (Bluetooth BLE 4.0)

Модуль HC-08 підтримує Bluetooth 4.0 з низьким енергоспоживанням Bluetooth (BLE) для зниження енергоспоживання. Він пропонує 10-метровий радіус зв'язку у відкритих середовищах, просте налаштування AT-команд та сумісний з Arduino та смартфонами. Він підтримує як головний, так і ведений

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

режими, що забезпечує гнучку інтеграцію. Модуль зв'язується через UART з робочою напругою 3,3 В і не вимагає пароля сполучення, що робить його зручнішим для користувача, ніж традиційні модулі Bluetooth.

НС-08 працює у двох основних режимах: головному та веденому. У режимі головного він активно підключається до ведених пристроїв, тоді як у режимі веденого він очікує вхідних з'єднань. За замовчуванням він функціонує як ведений, але його можна переключити в режим головного за допомогою AT-команд. Ця гнучкість робить НС-08 придатним для застосувань розумного дому, забезпечуючи безперешкодне бездротове керування пристроями.

Модуль керування електродвигуном [25], що представлений на рисунку 2.6, описаний нижче.

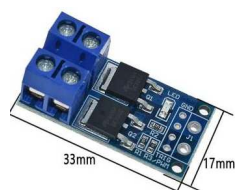


Рисунок 2.6 – Модуль керування електродвигуном

Принцип регулювання швидкості електродвигуна постійного струму в даній системі ґрунтується на зміні шпаруватості ШІМ-сигналу прямокутних імпульсів. У системі використовується електродвигун постійного струму напругою 12 В, який не може керуватися безпосередньо мікроконтролером і потребує керування через MOSFET-транзистор. Мікроконтролер керує відмиканням та замиканням MOSFET-транзистора, забезпечуючи комутацію кола живлення електродвигуна. Завдяки ефекту накопичення струму в обмотці електродвигуна зміна шпаруватості ШІМ-сигналу змінює середню напругу живлення на виводах електродвигуна, що забезпечує безступінчасте регулювання його швидкості обертання.

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

При виборі MOSFET-транзистора необхідно враховувати максимальний струм у відкритому стані, а мінімальна напруга пробою між стоком і витком повинна перевищувати робочу напругу в кілька разів – для запобігання пробою транзистора та виникненню аварійних ситуацій. Також слід враховувати опір каналу у відкритому стані: при значному його значенні зростають теплові втрати на транзисторі.

З урахуванням зазначених вимог у системі застосовано N-канальний MOSFET-транзистор IRF1010 з такими характеристиками: мінімальна напруга пробою – 60 В, максимальний струм у відкритому стані – 84 А при температурі 25 °С, порогова напруга затвор-витік – 2,0–4,0 В, опір каналу у відкритому стані – 25 мОм, що повністю відповідає вимогам системи.

Регулювання швидкості електродвигуна в системі зводиться до зміни шпаруватості ШІМ-сигналу. Оскільки мікроконтролер не може безпосередньо керувати електродвигуном, для його непрямого керування використовується MOS-транзистор. Мікроконтролер керує комутацією електродвигуна шляхом відмикання та замикання MOS-транзистора. У процесі роботи шпаруватість ШІМ-сигналу безперервно змінюється, що забезпечує безступінчасте регулювання електродвигуна постійного струму.

Застосований у даній розробці модуль керування електродвигуном забезпечує керування потужними навантаженнями та характеризується малим внутрішнім опором, великим допустимим струмом і високою потужністю. Робоча напруга модуля становить від 5 В до 36 В постійного струму, що дозволяє використовувати його з більшістю поширених пристроїв. У розробці використовується малогабаритний електродвигун постійного струму з робочою напругою від 3,3 В до 5 В, який широко застосовується у навчальних експериментах та любительських розробках з робототехніки і моделювання транспортних засобів [23].

Мікросервопривід відповідає за функцію гойдання головки вентилятора. На відміну від звичайних двигунів постійного струму, сервоприводи обертаються на певні кути, а не безперервно. Сервопривід SG90 [26-27], що

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

використовується в цій конструкції, складається з двигуна постійного струму, редукторів, датчика та схеми керування. Він працює шляхом порівняння опорного сигналу з отриманим сигналом широтно-імпульсної модуляції ШІМ для визначення напрямку та амплітуди обертання. Сервопривід SG90 був обраний замість MG996R завдяки своїм компактным розмірам, що робить його придатним для застосувань з обмеженим простором. Він працює від 3 В до 7,2 В, має кут повороту 180° та нормальну швидкість реакції 0,12–0,13 секунди для повного оберту. Мікросервопривід SG90 (на рисунку 2.7) мініатюрний сервомотор з пластиковими шестернями, разом із ним зображені змінні важелі (хрестоподібний, однопроменевий) та кріпильні гвинти.



Рисунок 2.7 – Мікросервопривід SG90

Сервопривід SG90 працює за допомогою ШІМ-сигналів, де ширина імпульсу визначає кут повороту. Він компактний, легкий і забезпечує точне керування в діапазоні від 0° до 180°. Робочий струм змінюється, максимум 650 мА під навантаженням. Сервопривід має три основні контакти: VCC (підключений до джерела живлення 5 В), GND (земля) та керуючий контакт (підключений до цифрового контакту мікроконтролера для отримання ШІМ-сигналів).

У середині сервоприводу SG90 схема керування зворотним зв'язком забезпечує точне позиціонування. Ширина імпульсу ШІМ визначає положення сервоприводу: імпульс тривалістю 1 мс переміщує його до 0°, 1,5 мс до 90° (нейтраль) та 2 мс до 180°. Внутрішній механізм зворотного зв'язку

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

безперервно регулює положення двигуна на основі вхідного сигналу, забезпечуючи стабільність під заданим кутом.

Схема підключення трьох тактових кнопок з підтягувальними резисторами до мікроконтролера представлена на рисунку 2.8. Ця конструкція передбачає можливість для користувача налаштовувати режим роботи та встановлювати температуру вентилятора за допомогою натискання кнопок. З метою економії простору та забезпечення простого режиму керування у системі не використовується велика кількість кнопок. Кожній кнопці призначено окремий контакт (вивід) порту вводу/виводу (ІО).

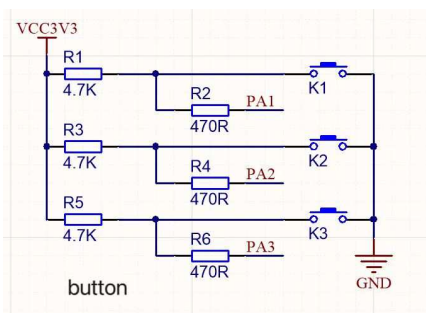


Рисунок 2.8 – Принципова електрична схема підключення кнопок до мікроконтролера

Після натискання або відпускання кнопки, через вплив механічної пружності та інших факторів, зазвичай виникає короткий період механічних коливань до моменту стабілізації контакту. Для усунення цього явища у даній розробці застосовано програмний метод усунення механічних коливань контактів кнопок.

Зокрема, щоразу, коли детектор підтверджує натискання кнопки, система виконує коротку затримку. Ця затримка дозволяє пропустити проміжок часу, у якому виникають небажані коливання контактів, що ефективно зменшує або повністю усуває помилкові спрацьовування, забезпечуючи плавну та коректну

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		39

роботу інтерфейсу користувача. Такий підхід також підвищує точність керування.

У електронних схемах зумери є невід'ємним компонентом. Схема підключення п'єзозумера через транзисторний ключ S8050, керований сигналом з мікроконтролера представлена на рисунку 2.9.

Зумери можуть генерувати звукові хвилі певної частоти та інтенсивності для нагадувань або сповіщень. Цей тип пристроїв поділяється на дві категорії: активні зумери та пасивні зумери, залежно від того, чи потрібне вбудоване джерело коливань.

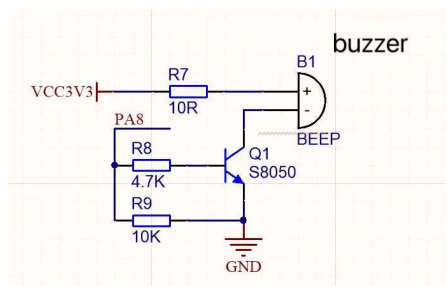


Рисунок 2.9 – Принципова електрична схема підключення зумера до мікроконтролера

Активний зумер має вбудований генератор коливань. Після подачі живлення генератор починає працювати і створює звук. Пасивні зумери відрізняються тим, що не мають вбудованого елемента генерації, тому при проходженні струму самостійно звук не створюється. Це робить їх більш придатними для простих систем сигналізації або як пристрої-нагадувачі. Для їх роботи необхідно подавати квадратні сигнали.

Перевагою активних зумерів у порівнянні з пасивними є простота керування та експлуатації, що робить їх придатними для більшості простих сценаріїв використання. У даній системі немає потреби керувати зумером для

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

відтворення звуків різної тональності, тому використовується простий активний зумер.

Коли температура навколишнього середовища перевищує 50°C, зумер автоматично подає звуковий сигнал тривоги, нагадуючи про необхідність негайно відключити живлення або вчасно перевірити стан навколишнього середовища.

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3 РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ БУДИНКУ

3.1 Реалізація вбудованого програмного забезпечення

У процесі розробки використовувалося програмне забезпечення Altium Designer та Keil 5.

Altium Designer (скорочено – AD) призначений для проєктування принципових електричних схем та розробки друкованих плат (PCB) [28].

Altium Designer – широко розповсюджене програмне забезпечення для автоматизації електронного проєктування (EDA), що застосовується для розробки друкованих плат, схемотехнічного проєктування, трасування, симуляції та генерації виробничих файлів. Програма інтегрує повний цикл розробки – від схемотехнічного проєктування та симуляції до розміщення компонентів на платі та генерації виробничої документації. Altium Designer підходить для проєктування як невеликих електронних пристроїв, так і складних вбудованих систем [28].

Основні функціональні можливості Altium Designer наведено нижче [28]:

- інтегрована платформа проєктування – надає повний набір інструментів, що підтримує схемотехніку, розміщення компонентів на PCB, тривимірне відображення та симуляцію в єдиному програмному середовищі;
- схемотехнічне проєктування – містить потужний редактор схем із вбудованою бібліотекою компонентів, що підтримує автоматичне розміщення елементів та їх з'єднання;
- проєктування топології друкованої плати – підтримується багатошарове проєктування PCB із розширеними інструментами розміщення та трасування, а також перевіркою правил проєктування (DRC);
- тривимірна візуалізація – функція тривимірного відображення PCB дозволяє в реальному часі переглядати просторове розташування компонентів та запобігати помилкам під час виробництва;

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

– симуляція та верифікація – вбудовані інструменти підтримують SPICE-симуляцію та аналіз цілісності сигналів для перевірки характеристик схеми на етапі проектування;

– інтелектуальна перевірка правил проектування – забезпечує автоматичне виявлення порушень DRC у режимі реального часу: ширини провідників, розмірів перехідних отворів, з'єднань шин живлення та заземлення;

– засоби автоматизації – інструмент автоматичного трасування виконує розведення провідників відповідно до вимог проекту, що суттєво скорочує час ручного опрацювання;

– контроль версій та командна співпраця – підтримується система контролю версій для відстеження змін у проекті та обміну файлами між учасниками розробки;

– формування документації;

– хмарна підтримка – через платформу Altium 365 забезпечується спільний доступ до файлів, контроль версій та командна співпраця.

Порядок роботи в Altium Designer був наступним:

– створення проекту – після запуску Altium Designer створюється новий проект із вибором типу розробки (принципова схема, друкована плата, симуляція тощо);

– схемотехнічне проектування – у редакторі схем виконується вибір та розміщення компонентів і їх з'єднання для завершення розробки схеми. Можна використовувати компоненти з вбудованої бібліотеки або створювати і імпортувати власні;

– проектування топології друкованої плати – після завершення схемотехнічного проектування виконується перехід до середовища розробки РСВ. На основі принципової схеми автоматично формується топологія друкованої плати, після чого виконується трасування, розміщення компонентів та оптимізація;

– симуляція та верифікація – проводиться симуляція схеми та аналіз

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

цілісності сигналів для перевірки характеристик схеми та якості сигналів;

– тестування та налагодження – після виготовлення друкованої плати проводиться фізичне тестування для перевірки відповідності розробки заданим вимогам. За необхідності виконується повернення до поставлених завдань для внесення змін.

Важливою складовою розробки системи є написання програмного забезпечення. Середовище Keil 5 використовувалося для розробки програм керування модулями системи, зокрема програми керування вентилятором.

Keil uVision 5 (скорочено – Keil 5) – інтегроване середовище розробки (IDE), що застосовується переважно для розробки вбудованих систем, особливо для мікроконтролерів на базі архітектури ARM. Воно є складовою частиною пакету Keil MDK (Microcontroller Development Kit) і широко використовується в галузі вбудованих систем, зокрема для розробки застосунків на основі мікроконтролерів серії ARM Cortex-M [29-30].

Завдяки ефективним засобам компіляції, гнучкому відлагоджувачу та розширеній підтримці бібліотек, воно є одним із пріоритетних інструментів розробників вбудованих систем [31].

Основні функціональні можливості Keil uVision 5 наведено нижче [30]:

– редактор коду – забезпечує розширені можливості редагування програмного коду, включаючи підсвічування синтаксису, автодоповнення та відображення повідомлень про помилки, що підвищує ефективність розробки. Підтримуються мови програмування C, C++ та асемблер;

– компілятор – інтегрований компілятор ARM C/C++ з високим рівнем оптимізації, що орієнтований на мікроконтролери серії ARM Cortex-M та забезпечує генерацію ефективного і компактного машинного коду;

– відлагоджувач – надає розширені засоби налагодження програм як у режимі симуляції, так і через апаратні інтерфейси налагодження (JTAG/SWD); Підтримується покрокове виконання програми, встановлення точок зупину, моніторинг змінних, перегляд вмісту пам'яті та регістрів;

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

– керування проєктом – забезпечує зручне керування вихідним кодом, бібліотечними та заголовними файлами, параметрами компіляції. Підтримується кілька конфігурацій проєкту для різних вимог до збирання;

– бібліотеки периферії та проміжне програмне забезпечення – надається розширений набір драйверів периферійних пристроїв та проміжного програмного забезпечення з підтримкою поширених вбудованих периферійних інтерфейсів (GPIO, USART, SPI, I2C тощо) та протоколів передачі даних (TCP/IP, USB, CAN тощо), що суттєво спрощує реалізацію апаратних драйверів і комунікаційних протоколів;

– підтримка операційних систем реального часу (RTOS) – вбудована підтримка RTOS, зокрема Keil RTX, що дозволяє реалізовувати багатозадачне керування, планування за часом та механізми синхронізації для застосунків із вимогами до реального часу;

– програмування флеш-пам'яті – підтримується безпосереднє завантаження програм у флеш-пам'ять мікроконтролера через інтерфейс налагодження, а також програмування та налагодження широкого спектру мікроконтролерів, що спрощує оновлення та перевірку мікропрограмного забезпечення;

– сумісність із апаратними платформами – підтримується широкий спектр мікроконтролерів на базі архітектури ARM.

– інтегрований інструментальний ланцюжок – компілятор, асемблер, компоновальник та відлагоджувач об'єднані в єдиному інтерфейсі, що забезпечує зручне середовище розробки.

Для взаємодії із модулем Bluetooth HC-08 використовується фірмовий додаток виробника – програма HBLE Serial Port Assistant, за допомогою якої встановлюється з'єднання з модулем HC-08 та передається задане значення швидкості обертання.

На початку виконання програми здійснюється ініціалізація всіх модулів системи. Модуль температури та вологості DHT11 виконує вимірювання відповідних параметрів навколишнього середовища з відображенням

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

результатів на OLED-дисплеї. Керування системою здійснюється за допомогою кнопок: кнопка K1 – перемикання режиму роботи, кнопка K2 – вибір швидкості обертання (низька, середня, висока), кнопка K3 – зупинка вентилятора. У режимі 2 здійснюється підключення смартфона через Bluetooth із можливістю безпроводного регулювання швидкості обертання вентилятора до необхідного значення.

Робота підпрограми OLED описано нижче.

Безпосередньо необхідно викликати функцію I2C OLED-дисплея, ініціалізуйте контакти та налаштуйте контакти SCL та SDA на GPIOB_8 та GPIOB_9. Інтерфейс відображає температуру (Temp), вологість (Hum), встановлену температуру (SetTemp) та режим (zs). Код підпрограми OLED показано нижче:

```
DHT11_Read_Data(&Temp, &Hum);
OLED_ShowString(1, 1, "Temp:");
OLED_ShowNum(1, 7, Temp, 3);
OLED_ShowString(2, 1, "Hum:");
OLED_ShowNum(2, 7, Hum, 3);
OLED_ShowString(3, 1, "SetTemp:");
OLED_ShowNum(3, 10, setTemp, 3);
OLED_ShowString(4, 1, "zs:");
OLED_ShowNum(4, 7, zs, 3);
OLED_ShowNum(4, 11, Mode, 1);
```

Рисунок 3.1 – Код підпрограми OLED

Основні кроки модуля OLED-дисплея:

- ініціалізація дисплея: встановлення основних параметрів дисплея, включаючи напрямок відображення, режим відображення (увімкнено/вимкнено), контрастність тощо;
- надсилання команд даних: надсилання команд або даних на OLED-дисплей через I2C або SPI;
- вивід символів;
- оновлення дисплея.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

Робота підпрограми ключового модуля описано нижче.

Коли клавіша натискається або відпускається через механічну пружність та інші ефекти, зазвичай спостерігається період механічної вібрації, перш ніж контактор стабілізується. Щоб подолати це механічне тремтіння, використовується програмна обробка затримки, щоб пропустити період тремтіння. Коли виявляється, що клавіша натиснута, виконується затримка 50 мс, щоб ще раз перевірити, чи клавіша дійсно натиснута, і чекати на її відпускання. Схема алгоритму обробки натискання кнопки з усуненням механічної вібрації контактів представлена на рисунку 3.2.

Кроки кнопкового модуля такі:

- сканування кнопок: зчитування стану кнопки через GPIO, щоб визначити, чи вона натиснута;
- усунення механічної вібрації контактів: фізичні характеристики кнопки можуть спричинити коливання рівня сигналу, тому для запобігання багаторазовому спрацюванню необхідна програмна обробка дребезгу контактів;
- подія кнопки: запустити відповідну операцію відповідно до стану натискання та відпускання кнопки.

Нижче описано роботу підпрограми інфрачервоного модуля. У роботі використовується інфрачервоний модуль HC-SR505. Спочатку ініціалізовується інфрачервоний модуль, потім вмикається тактовий генератор GPIOA, встановлюється режим GPIO на плаваючий вхід, встановлюється для виводу GPIO значення PA7, встановлюється швидкість GPIO на 50 МГц, зчитується стан GPIOA_7. Він має високий рівень, коли хтось присутній, і низький, коли нікого немає. Вентилятор вмикається, коли виявляється наростаючий фронт сигналу, і вимикається, коли виявляється спадаючий фронт.

Схема алгоритму керування вентилятором (роботи інфрачервоного модуля) представлена на рисунку 3.3.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		47

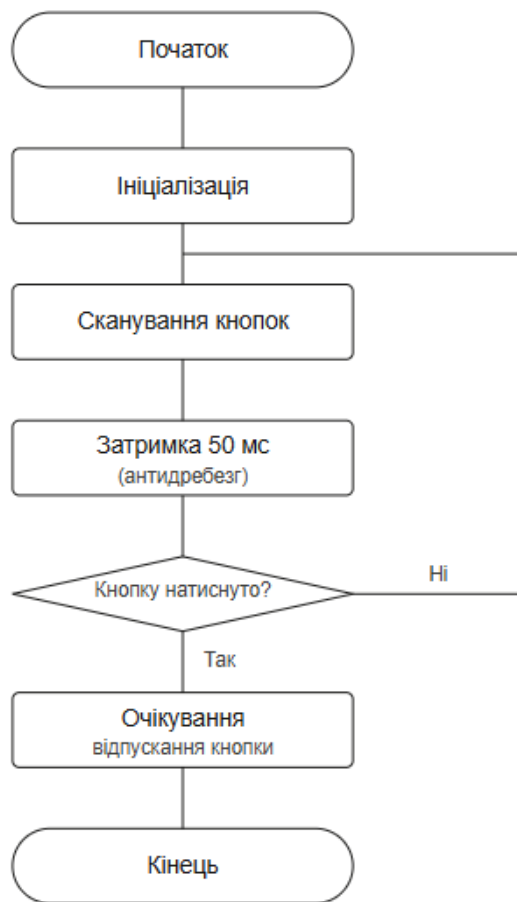


Рисунок 3.2 – Схема алгоритму обробки натискання кнопки з усуненням механічної вібрації контактів

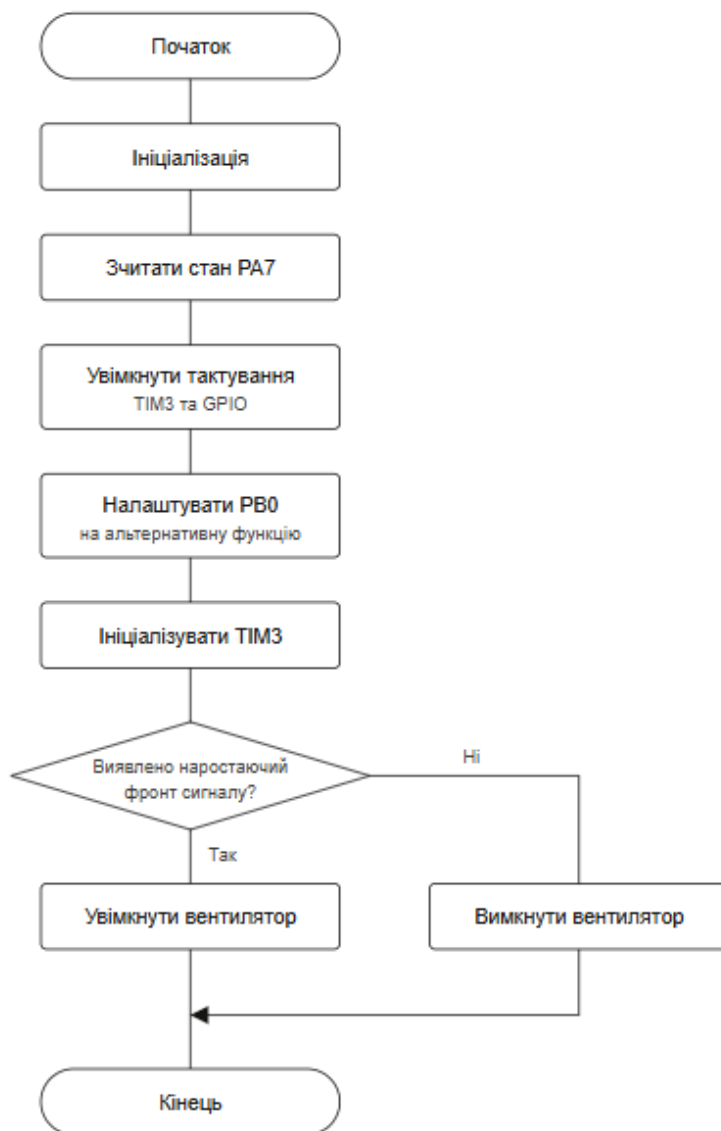


Рисунок 3.3 – Схема алгоритму керування вентилятором

Нижче описано підпрограму модуля Bluetooth.

Модуль Bluetooth HC-08 налаштовується за допомогою контролера переривань NVIC. Спочатку він приймає прапорець стану, ініціалізує та встановлює GPIO_10 та GPIO_11, налаштовує NVIC, ініціалізує USART і, нарешті, виконує проектування обслуговування переривань послідовного порту 3. Схема алгоритму налаштування послідовного порту (схема алгоритму роботи модуля Bluetooth) показана на рисунку 3.4.

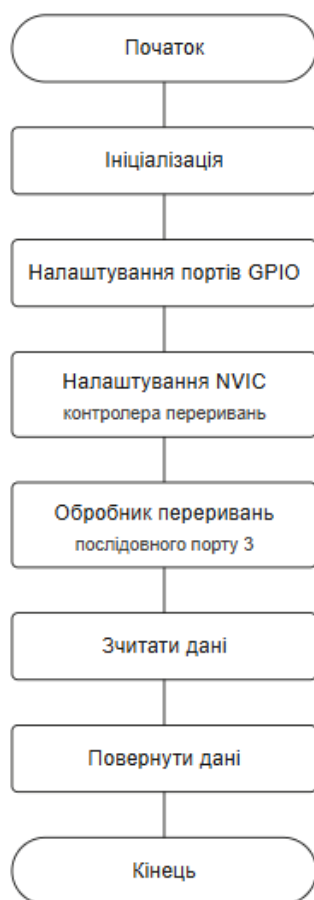


Рисунок 3.4 – Схема алгоритму роботи модуля Bluetooth

3.2 Загальна схема пристрою

Для кращого завершення проектування роботи, принципова схема малюється в програмному забезпеченні AD, а також визначаються вимоги до проектування та параметри кожного модуля. Під час процесу креслення необхідно звернути увагу на малювання принципової схеми кожного модуля, щоб схема кожного модуля була зрозумілою з першого погляду. Водночас, це також може допомогти людям чіткіше та швидше зрозуміти загальну принципову схему, а також краще знайти схему, де є проблема під час налагодження та обслуговування. Деякі модулі не мають принципових схем, тому необхідно вручну намалювати бібліотеку схем, намалювати розмір модуля та номери контактів. Необхідно позначити параметри кожного компонента, щоб полегшити модифікацію схеми та знайти проблеми. Правильне використання мережевих міток може покращити естетику принципової схеми та уникнути різних проблем, спричинених прямим підключенням. Водночас, деякі резервні схеми також можна використовувати для підвищення відмовостійкості всієї плати. Також необхідно вибрати різні відповідні корпуси для пристрою.

Загальна принципова електрична схема пристрою [32] на базі мікроконтролера STM32F103C8T6 з підключеними периферійними модулями зображена на рисунку 3.5.

Етапи проектування схеми пристрою такі:

- 1) визначити функцію схеми кожного модуля, таку як вхід (кнопка), вихід (світлодіод, OLED), зв'язок (I2C, SPI) тощо, та уточнити компоненти з'єднання схеми;
- 2) вибрати відповідні компоненти відповідно до функції. Наприклад, вибрати відповідні мікроконтролери, модулі дисплея, кнопки, резистори, конденсатори, кварцові генератори, діоди тощо;
- 3) з'єднати контакти різних компонентів за допомогою символів електричних з'єднань (ліній, точок з'єднання тощо), щоб забезпечити правильну ро-

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		51

боту схеми;

4) забезпечити відповідну напругу живлення для кожного модуля, наприклад, 5 В, 3,3 В, або забезпечити стабільне живлення через перетворювачі постійного струму;

5) забезпечити окреме розташування сигналів та джерела живлення: зазвичай джерело живлення та сигнальна проводка розділені, щоб уникнути впливу шуму джерела живлення на передачу сигналу;

6) провести перевірку конструкції: підтвердження правильності підключення компонентів, перевірка відповідності напруги живлення та правильності підключення порту введення/виведення.

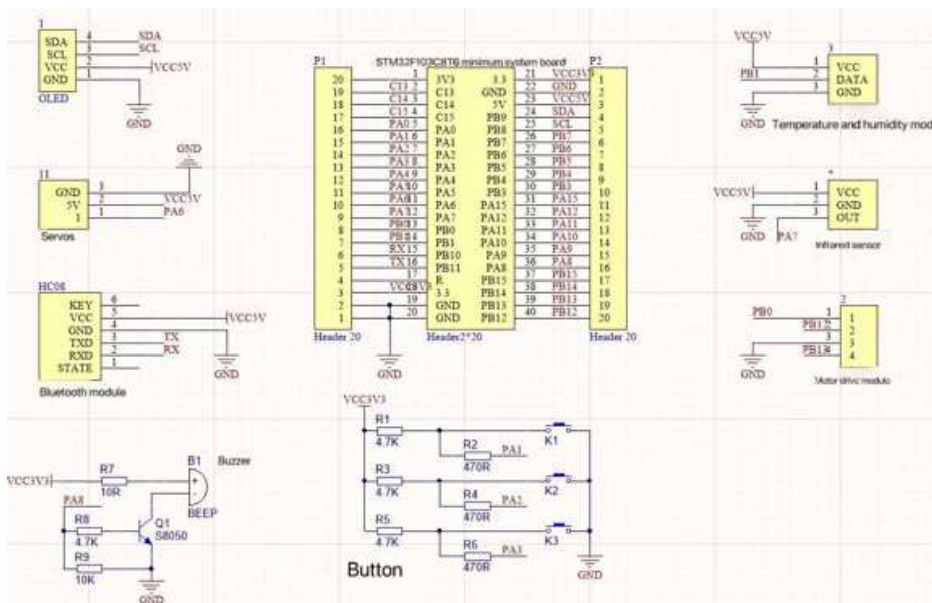


Рисунок 3.5 – Принципова електрична схема пристрою на базі мікроконтролера STM32F103C8T6

Схематичне проектування – це початковий етап розробки електронних виробів. Добре структуроване та чітке проектування схеми полегшує

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		52

компонування друкованих плат, паяння та налагодження. Виходячи з конкретних вимог, можна вибрати відповідні інструменти проектування для детального побудови схем та перевірки за допомогою моделювання.

Друкована плата є ключовим компонентом для реалізації проектування системи. Друкована плата містить різні електронні компоненти та з'єднує їх лініями. Дизайн компонентів електронних компонентів є важливим фактором, що впливає на загальну продуктивність та стабільність друкованої плати. Схема друкованої плати, необхідна для системи, також малюється в програмному забезпеченні AD.

Під час процесу монтажу слід максимально уникати перешкод та перехресних з'єднань. Під час процесу проектування також слід враховувати кількість шарів та розмір друкованої плати, які впливають на її продуктивність.

У таблиці 3.1 наведено основні характеристики розробленої друкованої плати. Проектування виконано у середовищі Altium Designer. Плата є двошаровою: верхній шар призначений для розміщення компонентів та трасування сигнальних ліній, нижній – для розведення ліній живлення та заземлення.

Таблиця 3.1 – Характеристики друкованої плати системи

Параметр	Значення
Кількість шарів	2 (двошарова плата)
Верхній шар (Top Layer)	Розміщення компонентів та трасування сигнальних ліній
Нижній шар (Bottom Layer)	Трасування ліній живлення та заземлення
Програмне забезпечення	Altium Designer
Основні компоненти	STM32F103C8T6, роз'єми P1, P2, модуль HC-08, зумер B1, B2
Тип монтажу	Змішаний (SMD та наскрізний монтаж)

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

Ключові моменти щодо проектування друкованих плат:

– компонування компонентів – компоненти повинні бути розташовані логічно, щоб зменшити складність підключення та мінімізувати перехресні з'єднання. Ключові принципи включають:

- 1) лінії живлення та заземлення повинні бути спроектовані якомога простіше, щоб запобігти заплутаним шляхам проходження струму;
- 2) високошвидкісні сигнальні лінії повинні бути короткими та прямими для забезпечення цілісності сигналу;
- 3) модулі введення та виведення, блоки відображення та датчики повинні бути розташовані для легкого доступу;

– правила електропроводки:

- 1) ширина проводки: ширину проводки слід вибирати виходячи з струмового навантаження, оскільки надмірний струм може призвести до перегріву;
- 2) відстань між проводами: відстань між проводами має бути достатньою для запобігання перешкодам сигналу, дотримуючись рекомендацій виробників щодо мінімальної ширини та відстані;
- 3) узгодження імпедансу: для високошвидкісних сигналів належне узгодження імпедансу є важливим для запобігання відбиттю сигналу;
- 4) цілісність сигналу: високочастотні сигнали потребують ретельної трасування, щоб мінімізувати довжину, перехрещення та надмірні вигини, зменшуючи ризик затухання та відбиття сигналу;

– проектування живлення та заземлення:

- 1) підтримувати стабільність ліній живлення та заземлення, щоб запобігти перешкодам живлення сигналів. Використання заземлювальної площини допомагає мінімізувати перешкоди та ефективно розділяє шари живлення та заземлення;
- 2) роздільний конденсатор: треба розташовувати роздільний конденсатор близько до контакту живлення, щоб придушити шум живлення та забезпечити стабільну роботу;

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		54

– тепловий дизайн: забезпечити ефективне розсіювання тепла для потужних компонентів;

– перехідні отвори та кількість шарів:

1) перехідні отвори: треба мінімізовувати кількість перехідних отворів;

2) багатошарові плати: у складних схемах можуть знадобитися багатошарові друковані плати для розділення шарів живлення, сигналу та заземлення, що підвищує стабільність сигналу та зменшує шум.

Ключові кроки проектування друкованих плат:

– визначення розміру друкованої плати та шарів – встановлення розмірів та кількості шарів відповідно до вимог проекту. Прості схеми можуть використовувати одно- або двосторонні плати, тоді як складні конструкції часто вимагають багатошарових плат;

– імпорт схеми – після завершення проектування схеми можна скористатися програмним забезпеченням для проектування друкованих плат (наприклад, Altium, KiCad, Eagle), щоб імпортувати схему та створити початкове розташування компонентів;

– розміщення компонентів – розташування компонент має бути логічним на основі функції схеми та розміру плати.;

– трасування – з'єднання компонент має бути з урахуванням струмової потужності, електричної відстані та цілісності сигналу;

– перевірка правил проектування (DRC);

– моделювання та верифікація. Запуск моделювання допомагає виявити потенційні проблеми.

Проектування друкованих плат відіграє вирішальну роль у розробці електронних продуктів, безпосередньо впливаючи на продуктивність, стабільність та виробничі витрати. Забезпечення оптимізованого компонування, дотримання правил трасування та ефективне управління розподілом живлення є важливими.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3.3 Функціональне тестування системи

Після завершення побудови схеми обладнання, було записано програму з Keil5 у мікроконтролер. Необхідно звертати увагу на проблеми з підключенням схеми, щоб уникнути помилок підключення, які призводять до перегорання плати. Після запису програми було перевірено відповідність стану системи очікуванням.

Після виготовлення друкованої плати виконується монтаж компонентів методом паяння. Після завершення паяльних робіт за допомогою мультиметра здійснюється контроль якості паяних з'єднань для виявлення можливих дефектів, зокрема холодного паяння.

У процесі налагодження системи програмне забезпечення завантажується до мінімальної системної плати STM32F103C8T6 за допомогою програматора ST-Link. При цьому особлива увага приділяється правильності підключення ліній живлення та заземлення. Налаштування виконується послідовно для кожного модуля з метою виявлення відхилень від проєктних вимог та внесення відповідних коректив до програмного забезпечення.

У процесі налагодження системи щодо керування вентилятором виконується точне налаштування шпаруватості ШІМ-сигналу до досягнення оптимального режиму роботи.

На OLED-дисплеї, окрім показників температури та вологості, відображається додаткова діагностична інформація. У рядку «00X Y» символ X позначає режим швидкості вентилятора у режимі 0, а символ Y – поточний режим роботи системи. У рядку «Set Temp 00Z» символ Z відповідає коефіцієнту швидкості вентилятора у режимі керування через Bluetooth. Значення швидкості електродвигуна для різних режимів роботи наведено у таблиці 3.2.

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		56

Таблиця 3.2 – Швидкість двигуна в різних режимах

Модель	Низький	Середній	Високий
Робочий цикл	50%	75%	100%
Швидкість (об/хв)	10000	15000	20000

У таблиці 3.3 наведено список пристроїв, виявлених програмою HCBLE Serial Port Assistant під час тестування бездротового з'єднання. Модуль HC-08 визначається з найвищим рівнем сигналу RSSI = -45 дБм, що підтверджує стабільність з'єднання в межах зони тестування.

Таблиця 3.3 – Параметри виявлених Bluetooth-пристроїв у програмі HCBLE Serial Port Assistant

Назва пристрою	Device ID	UUID	RSSI, дБм
25DFF2BD	3DB8957B-6B62-53D4-B30A-84C847DB6F07	—	-92
LS Band 5S	A446BD3C-F75D-8390-2C87-FAE9DCC5AC8C	0000A500-0000-1000-8000-00B05F9B34FB	-77
HC-08	1EE34B51-677E-09D0-EED1-CFDB4E874824	0000FFF0-0000-1000-8000-00B05F9B34FB	-45

Ця конструкція використовує мінімальну системну плату STM32F103C8T6 як основу, створюючи бездротову систему керування вентиляторами, яка взаємодіє через модуль Bluetooth HC-08. Вона інтегрує датчик DHT11 та OLED-дисплей для відображення показників температури та вологості в режимі реального часу, а також стану режиму. Система керує двигуном вентилятора з різною швидкістю за допомогою плати STM32 та виявляє присутність людини за допомогою датчика руху HC-SR505.

Система реалізує такі функціональні можливості:

- відображає температуру та вологість на OLED-екрані;

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		57

- активує автоматичний режим, коли перед вентилятором виявляється людина, і вимикається, коли нікого немає;
- спрацьовує звуковий сигнал, якщо температура перевищує встановлений поріг;
- динамічно регулює швидкість вентилятора в автоматичному режимі;
- дозволяє ручне керування швидкістю для низьких, середніх та високих налаштувань;
- дозволяє налаштування швидкості в режимі налаштування за допомогою модифікації робочого циклу ШІМ;
- підтримує команди Bluetooth, де введення "SXXXT" встановлює цільову температуру.

Області для покращення:

- зовнішній вигляд дизайну ще не оптимізований, а його структура потребує доопрацювання;
- 0,96-дюймовий OLED-екран відносно невеликий; більший дисплей може бути більш підходящим для побутового використання;
- система працює через Bluetooth; додавання підключення Wi-Fi може підвищити зручність використання;
- розробка спеціального мобільного додатку покращить контроль та взаємодію з користувачем.

Розроблена система керування мікрокліматом має потенціал для інтеграції з Інтернетом речей, що дозволить користувачам керувати ним дистанційно, постійно навчаючись на основі своїх уподобань. Аналізуючи поведінку користувачів, вентилятор може оптимізувати свою стратегію охолодження на основі історичних налаштувань температури, забезпечуючи персоналізований та ефективний досвід.

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		58

ВИСНОВКИ

В результаті кваліфікаційної роботи було:

1. Проведено огляд автоматизованих систем керування мікрокліматом розумного будинку, які сприяють покращенню якості клімату, керуючи енергоефективністю, регулюючи температуру в приміщеннях. Ці досягнення, у свою чергу, підвищують рівень життя, забезпечуючи комфорт, знижуючи витрати на комунальні послуги та сприяючи сталому розвитку.
2. Було проведено аналіз існуючих рішень та здійснено постановку задачі дослідження.
3. Представлено концепцію побудови автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку та структурну схему автоматизованої системи керування мікрокліматом розумного будинку.
4. Здійснено вибір обладнання та проектування апаратної схеми.
5. Реалізовано вбудоване програмне забезпечення.
6. Реалізовано систему керування мікрокліматом розумного будинку, проведено функціональне тестування.
7. Запропонований підхід до керування мікрокліматом в розумному будинку на основі бездротової системи Інтернету речей може бути застосований у різних сферах, зокрема для забезпечення комфортних умов проживання та енергоефективності
8. Систему можна інтегрувати в сучасні екосистеми Інтернету речей та налаштувати під конкретні потреби користувачів, забезпечуючи ефективний клімат-контроль у різних середовищах.
9. У перспективі система може бути доповнена можливістю прогнозування на основі штучного інтелекту та інтеграції додаткових функцій розумного будинку, що зрештою сприятиме розвитку інтелектуальних та саморегульованих рішень для клімат-контролю.

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ : Мінрегіон України, 2013. 149 с.
2. ДСТУ EN 16798-1:2022. Енергоефективність будівель. Вентиляція будівель. Вхідні параметри мікроклімату приміщень для проєктування та оцінювання енергетичних характеристик будівель. Київ : УкрНДНЦ, 2022
3. ISO 17772-1:2017. Energy Performance of Buildings – Indoor Environmental Quality — Part 1: Indoor Environmental Input Parameters for the Design and Assessment of Energy Performance of Buildings. Geneva : International Organization for Standardization, 2017. 104 p.
4. Åström K. J., Murray R. M. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers. Princeton : Princeton University Press, 2021. 408 p.
5. Федіков В.О., Николайчук Я.М. Особливості побудови систем керування мікрокліматом розумного будинку. Scientific Progress: Theories, Applications and Global Impact: матеріали 4-ї Міжнародної науково-практичної конференції (Брага, Португалія, 8–10 червня 2026 р.). Брага, 2026. С. 72-74.
6. Nest Thermostat. URL: <https://store.google.com>
7. Google. How Nest thermostats learn [Electronic resource]. URL: <https://support.google.com/googlehome/answer/9247510>
8. ecobee Inc. Smart Thermostat Premium [Electronic resource]. URL: <https://www.ecobee.com>
9. Dyson Air Purifiers. URL: <https://www.dyson.com>
10. AI in Smart Climate Control. IEEE Xplore. 2023. URL: <https://ieeexplore.ieee.org>
11. Google. How Nest thermostats learn [Electronic resource]. URL: <https://support.google.com/googlehome/answer/9247510>
12. Google. How a Nest thermostat helps save energy [Electronic resource]. URL: <https://support.google.com/googlenest/answer/9254386>

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

13. Merabet G. H., Essaaidi M., Ben Haddou M., Qolomany B., Qadir J., Anan M., Al-Fuqaha A., Abid M. R., Benhaddou D. Intelligent building control systems for thermal comfort and energy-efficiency: a systematic review of artificial intelligence-assisted techniques. arXiv. 2021. URL: <https://arxiv.org/abs/2104.02214>

14. Zigbee Smart HVAC Solutions. (2024). URL: <https://zigbeealliance.org>

15. Carli R., Cavone G., Ben Othman S., Dotoli M. (2020). IoT Based Architecture for Model Predictive Control of HVAC Systems in Smart Buildings. Sensors, 20(3), 781. <https://doi.org/10.3390/s20030781>

16. Amin Moazami, Salvatore Carlucci, Vahid M. Nik, Stig Geving, Towards climate robust buildings: An innovative method for designing buildings with robust energy performance under climate change, Energy and Buildings, Volume 202, 2019, 109378, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109378>

17. Kychkin A.V., Deryabin A.I., Vikentyeva O.L., Shestakova L.V. (2020). Adaptive IoT-Based HVAC Control System for Smart Buildings. In: Silhavy, R. (eds) Applied Informatics and Cybernetics in Intelligent Systems. CSOC 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1226. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51974-2_46

18. Honeywell Home. T9 Smart Thermostat with Sensor. URL: <https://www.honeywellhome.com/us/en/products/air/thermostats/wifi-thermostats/t9-smart-thermostat-rcht9510wfw2001-u/>

19. Google. Nest thermostat settings. URL: <https://support.google.com/googlehome/answer/9244728>

20. ecobee Inc. SmartSensor for doors and windows and SmartSensor for rooms. URL: <https://www.ecobee.com/en-us/sensors/smartsensor/>

21. Qin H. Smart home climate control system based on STM32F103C8T6: multi-sensor integration and AI-driven optimization. Modern Problems of Science and Technology: materials of the Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Tallinn, Estonia, March 17-19, 2025). Tallinn, 2025. P. 118-121.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		61

22. Huang Y, Haiang E L, Deng M Y, et al. Mini LED, Micro LED and OLED displays: present status and future perspectives. Light Sci Appl, 2020, 9(01):105(1-16).

23. Lin Zaiping, Li Boyang, Li Miao, et al. Lightweight infrared small target detection network combining cross-scale feature fusion and bottleneck attention module. Journal of Infrared and Millimeter Waves, 2022, 41(06):1102-1112.

24. Bluetooth module. URL: <https://www.indiamart.com/proddetail/hc-08-bluetooth-module-4-0bl-wireless-serial-port-20716607397.html>

25. Driver module. URL: <https://ims.dp.ua/?product=%D0%BC%D0%BE%D0%B4%D1%83%D0%BB%D1%8C-%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE-%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%B5-15a-400w-mos-fet-trigger-swit>

26. TowerPro. SG90 Micro Servo 9g Data Sheet. URL: https://components101.com/sites/default/files/component_datasheet/SG90%20Servo%20Motor%20Datasheet.pdf

27. Components101. SG90 Servo Motor – Technical Specifications and Pin Diagram. URL: <https://components101.com/motors/servo-motor-basics-pinout-datasheet>

28. Altium Designer. Офіційна документація. URL: <https://www.altium.com>

29. Arm Ltd. Keil MDK – The Complete Software Development Environment for Cortex-M and Cortex-R Based Devices. URL: <https://www.keil.com/mdk5/>

30. Arm Ltd. μ Vision IDE User's Guide. URL: <https://www.keil.com/support/man/docs/uv4/>

31. Yang Xuecun, Liu Fei. Application of the concept of "from virtual to real" based on Proteus+Keil5 in embedded system teaching. Electronic Test, 2020, (16): 120-122. DOI: 10.16520/j.cnki.1000-8519.2020.16.050.

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		62

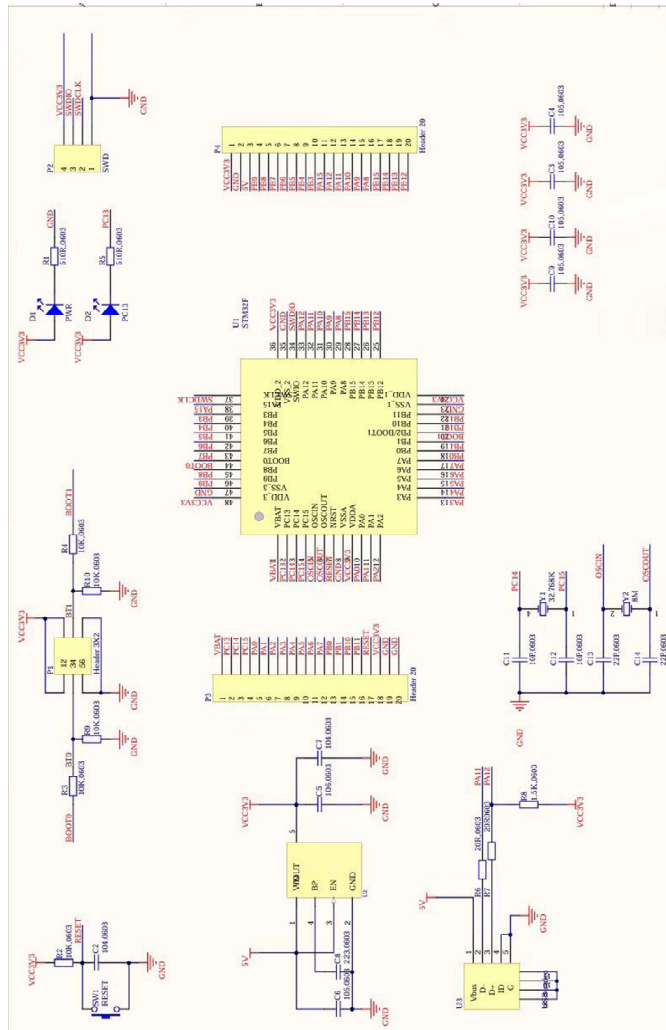
32. Qin Hai. Overall circuit design for smart home climate control system. The Future of Science, Technology and Economy: Collection of Scientific Papers “International Scientific Unity” with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. March 19-21, 2025. Sofia, Bulgaria. 71-74 p.

33. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи за освітнім ступенем “бакалавр” спеціальності 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології / Під ред. А.І. Сегіна – Тернопіль: ЗУНУ, 2021. – 36 с.

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		63

ДОДАТОК А

Принципова електрична схема системи керування мікрокліматом розумного будинку



Додано примітку [IT1]:

ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ

Змн.	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата	Принципова електрична схема системи керування мікрокліматом розумного будинку		
Розроб.	Федіков В.О.						
Перевірів.	Николайчук Я.М.				ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-42		
Консульт.	Николайчук Я.М.						
Н. Контр.	Заставний О.М.				Літ.		
Затверд.	Сегін А.І.						
					Арк.	Акрушів	

Програмний код

```

led
#ifndef __LED_H
#define __LED_H
void led_init(void);
void led_on(void);
void led_off(void);
#endif
#include "led.h"
#include "stm32f10x.h" // Device header

void led_init(){
    GPIO_InitTypeDef led_init;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOC,ENABLE);
    led_init.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    led_init.GPIO_Pin = GPIO_Pin_13;
    led_init.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOC,&led_init);
    GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_13);
}

void led_on(){
    GPIO_ResetBits(GPIOC,GPIO_Pin_13);
}

void led_off(){
    GPIO_SetBits(GPIOC,GPIO_Pin_13);
}

DHT11
#include "DHT11.h"
#include "stm32f10x.h"
#include "delay.h"
void DHT11_GPIO_Config(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure; //GPIO
    RCC_APB2PeriphClockCmd(DHT11_CLK, ENABLE);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = DHT11_PIN;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(DHT11_PORT, &GPIO_InitStructure);
    DHT11_DQ_OUT_High;
}

void DHT11_Mode_In(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure; //GPIO
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = DHT11_PIN; //SPI CS

```

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

GPIO_InitStruct.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IPU;
GPIO_Init(DHT11_PORT, &GPIO_InitStruct);
}
void DHT11_Mode_Out(void)
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct; //GPIO
    GPIO_InitStruct.GPIO_Pin = DHT11_PIN; //SPICS
    GPIO_InitStruct.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    GPIO_InitStruct.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(DHT11_PORT, &GPIO_InitStruct);
}
void DHT11_Restart(void)
{
    DHT11_Mode_Out();
    DHT11_DQ_OUT_Low;
    delay_ms(20);
    DHT11_DQ_OUT_High;
    delay_us(30);
}
uint8_t DHT11_Answer_Check(void)
{
    uint8_t retry = 0;
    DHT11_Mode_In();
    while(DHT11_DQ_IN && retry < 100)
    {
        retry++;
        delay_us(1);
    }
    if(retry >= 100) return 1;
    else retry = 0;
    while(!DHT11_DQ_IN && retry < 100)
    {
        retry++;
        delay_us(1);
    }
    if(retry >= 100) return 1;
    return 0;
}
uint8_t DHT11_Read_Bit(void) // read one bit
{
    uint8_t retry;
    while(DHT11_DQ_IN && retry < 100)
    {
        retry++;
        delay_us(1);
    }
    retry = 0;
    while(!DHT11_DQ_IN && retry < 100)
    {
        retry++;
        delay_us(1);
    }
    delay_us(40);
    if(DHT11_DQ_IN) return 1;
    else return 0;
}
uint8_t DHT11_Read_Byte(void) // read one byte
{
    u16 i; dat=0;
    for(i=0; i<8; i++)
    {
        dat <<= 1;
        dat |= DHT11_Read_Bit();
    }
    return dat;
}

```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		66

```

uint8_t DHT11_Init(void)
{
    DHT11_GPIO_Config();
    DHT11_Restart();
    return DHT11_Answer_Check();
}

uint8_t DHT11_Read_Data(uint8_t *temp, uint8_t *humi)
{
    uint8_t buff[5], i;
    DHT11_Restart();
    if(DHT11_Answer_Check() == 0) // Якщо DHT11 виводить
    {
        for(i = 0; i < 5; i++) // Читаємо 5 байт
            buff[i] = DHT11_Read_Byte();
        if((buff[0]+buff[1]+buff[2]+buff[3]) == buff[4])
        {
            *humi = buff[0]+buff[1];
            *temp = buff[2]+buff[3];
        }
    }
    else return 1;
    return 0;
}

#ifdef __DHT11_H
#define __DHT11_H
#include "stm32f10x.h"

#define DHT11_DQ_OUT_Low  GPIO_ResetBits(GPIOB, GPIO_Pin_1)
#define DHT11_DQ_OUT_High GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_1)
#define DHT11_DQ_IN      GPIO_ReadInputDataBit(GPIOB, GPIO_Pin_1)
#define DHT11_CLK        RCC_APB2Periph_GPIOB
#define DHT11_PIN         GPIO_Pin_1
#define DHT11_PORT        GPIOB

void DHT11_GPIO_Config(void);
void DHT11_Mode_In(void);
void DHT11_Mode_Out(void);
uint8_t DHT11_Init(void);
uint8_t DHT11_Read_Data(uint8_t *temp, uint8_t *humi);
uint8_t DHT11_Read_Byte(void);
uint8_t DHT11_Read_Bit(void);
uint8_t DHT11_Answer_Check(void);
void DHT11_Restart(void);

```

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		67

OLED

```
#include "stm32f10x.h"
#include "OLED_Font.h"
```

```
#define OLED_W_SCL(x)      GPIO_WriteBit(GPIOB, GPIO_Pin_8, (BitAction)(x))
#define OLED_W_SDA(x)      GPIO_WriteBit(GPIOB, GPIO_Pin_9, (BitAction)(x))
```

```
void OLED_I2C_Init(void)
```

```
{
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB, ENABLE);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_OD;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_8;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_9;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    OLED_W_SCL(1);
    OLED_W_SDA(1);
}
```

```
void OLED_I2C_Start(void)
```

```
{
    OLED_W_SDA(1);
    OLED_W_SCL(1);
    OLED_W_SDA(0);
    OLED_W_SCL(0);
}
```

```
void OLED_I2C_Stop(void)
```

```
{
    OLED_W_SDA(0);
    OLED_W_SCL(1);
    OLED_W_SDA(1);
}
```

```
}void OLED_I2C_SendByte(uint8_t Byte)
```

```
{
    uint8_t i;
    for (i = 0; i < 8; i++)
    {
        OLED_W_SDA(Byte & (0x80 >> i));
        OLED_W_SCL(1);
        OLED_W_SCL(0);
    }
    OLED_W_SCL(1);
    OLED_W_SCL(0);
}
```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

```

void OLED_WriteCommand(uint8_t Command)
{
    OLED_I2C_Start();
    OLED_I2C_SendByte(0x78);
    OLED_I2C_SendByte(0x00);
    OLED_I2C_SendByte(Command);
    OLED_I2C_Stop();
}

void OLED_WriteData(uint8_t Data)
{
    OLED_I2C_Start();
    OLED_I2C_SendByte(0x78);
    OLED_I2C_SendByte(0x40);
    OLED_I2C_SendByte(Data);
    OLED_I2C_Stop();
}

void OLED_SetCursor(uint8_t Y, uint8_t X)
{
    OLED_WriteCommand(0xB0 | Y);
    OLED_WriteCommand(0x10 | ((X & 0xF0) >> 4));
    OLED_WriteCommand(0x00 | (X & 0x0F));
}

void OLED_Clear(void)
{
    uint8_t i, j;
    for (j = 0; j < 8; j++)
    {
        OLED_SetCursor(j, 0);
        for (i = 0; i < 128; i++)
        {
            OLED_WriteData(0x00);
        }
    }
}

void OLED_ShowChar(uint8_t Line, uint8_t Column, char Char)
{
    uint8_t i;
    OLED_SetCursor((Line - 1) * 2, (Column - 1) * 8);
    for (i = 0; i < 8; i++)
    {
        OLED_WriteData(OLED_F8x16[Char - ' ')[i]);
    }
    OLED_SetCursor((Line - 1) * 2 + 1, (Column - 1) * 8);
    for (i = 0; i < 8; i++)
    {
        OLED_WriteData(OLED_F8x16[Char - ' ')[i + 8]);
    }
}

```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		69

```

void OLED_ShowString(uint8_t Line, uint8_t Column, char *String)
{
    uint8_t i;
    for (i = 0; String[i] != '\0'; i++)
    {
        OLED_ShowChar(Line, Column + i, String[i]);
    }
}

uint32_t OLED_Pow(uint32_t X, uint32_t Y)
{
    uint32_t Result = 1;
    while (Y--)
    {
        Result *= X;
    }
    return Result;
}

void OLED_ShowNum(uint8_t Line, uint8_t Column, uint32_t Number, uint8_t Length)
{
    uint8_t i;
    for (i = 0; i < Length; i++)
    {
        OLED_ShowChar(Line, Column + i, Number / OLED_Pow(10, Length - i - 1) % 10 +
'0');
    }
}

void OLED_ShowSignedNum(uint8_t Line, uint8_t Column, int32_t Number, uint8_t Length)
{
    uint8_t i;
    uint32_t Number1;
    if (Number >= 0)
    {
        OLED_ShowChar(Line, Column, '+');
        Number1 = Number;
    }
    else
    {
        OLED_ShowChar(Line, Column, '-');
        Number1 = -Number;
    }
    for (i = 0; i < Length; i++)
    {
        OLED_ShowChar(Line, Column + i + 1, Number1 / OLED_Pow(10, Length - i - 1) %
10 + '0');
    }
}

```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		70

```

    }
}
void OLED_ShowHexNum(uint8_t Line, uint8_t Column, uint32_t Number, uint8_t Length)
{
    uint8_t i, SingleNumber;
    for (i = 0; i < Length; i++)
    {
        SingleNumber = Number / OLED_Pow(16, Length - i - 1) % 16;
        if (SingleNumber < 10)
        {
            OLED_ShowChar(Line, Column + i, SingleNumber + '0');
        }
        else
        {
            OLED_ShowChar(Line, Column + i, SingleNumber - 10 + 'A');
        }
    }
}
void OLED_ShowBinNum(uint8_t Line, uint8_t Column, uint32_t Number, uint8_t Length)
{
    uint8_t i;
    for (i = 0; i < Length; i++)
    {
        OLED_ShowChar(Line, Column + i, Number / OLED_Pow(2, Length - i - 1) % 2 + '0');
    }
}
void OLED_Init(void)
{
    uint32_t i, j;

    for (i = 0; i < 1000; i++)
    {
        for (j = 0; j < 1000; j++);
    }

    OLED_I2C_Init();
    OLED_WriteCommand(0xAE);
    OLED_WriteCommand(0xD5);
    OLED_WriteCommand(0x80);
    OLED_WriteCommand(0xA8);
    OLED_WriteCommand(0x3F);
    OLED_WriteCommand(0xD3);
    OLED_WriteCommand(0x00);

```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		71

```

    OLED_WriteCommand(0x40);
    OLED_WriteCommand(0xA1);
    OLED_WriteCommand(0xC8);
    OLED_WriteCommand(0xDA);
    OLED_WriteCommand(0x12);
    OLED_WriteCommand(0x81);
    OLED_WriteCommand(0xCF);
    OLED_WriteCommand(0xD9);
    OLED_WriteCommand(0xF1);
    OLED_WriteCommand(0xDB);
    OLED_WriteCommand(0x30);
    OLED_WriteCommand(0xA4);
    OLED_WriteCommand(0xA6);
    OLED_WriteCommand(0x8D);
    OLED_WriteCommand(0x14);
    OLED_WriteCommand(0xAF);
    OLED_Clear();
}

```

HAL

```

#include "stm32f10x.h"
#include "HAL.h"
#include "delay.h"
uint8_t Serial3_RxFlag;
void HC08_Init(void){
    NVIC_InitTypeDef NVIC_InitStructure;
    USART_InitTypeDef USART_InitStructure;
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_USART3, ENABLE);
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB, ENABLE);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_10;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IPU;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_11;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    USART_InitStructure.USART_BaudRate = 9600;
    USART_InitStructure.USART_HardwareFlowControl
    USART_HardwareFlowControl_None;
    USART_InitStructure.USART_Mode = USART_Mode_Tx | USART_Mode_Rx;
    USART_InitStructure.USART_Parity = USART_Parity_No;
    USART_InitStructure.USART_StopBits = USART_StopBits_1;
}

```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		72

```

USART_InitStructure.USART_WordLength = USART_WordLength_8b;
USART_Init(USART3, &USART_InitStructure);
USART_ITConfig(USART3, USART_IT_RXNE, ENABLE);
NVIC_PriorityGroupConfig(NVIC_PriorityGroup_2);
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannel = USART3_IRQn;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelCmd = ENABLE;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelPreemptionPriority = 1;
NVIC_InitStructure.NVIC_IRQChannelSubPriority = 1;
NVIC_Init(&NVIC_InitStructure);
USART_Cmd(USART3, ENABLE);
}

uint8_t Serial3_GetRxFlag(void)
{
    if (Serial3_RxFlag == 1)
    {
        Serial3_RxFlag = 0;
        return 1;
    }
    return 0;
}

void USART3_IRQHandler(void)
{
    static u8 RxState = 0;
    if (USART_GetITStatus(USART3, USART_IT_RXNE) == SET)
    {
        uint8_t RxData = USART_ReceiveData(USART3);
        if(RxData == 'S' && RxState == 0){
            RxState++;
        }else if(RxState == 1){
            tempp[0] = RxData;
            RxState++;
        }else if(RxState == 2){
            tempp[1] = RxData;
            RxState++;
        }else if(RxState == 3){
            tempp[2] = RxData;
            RxState++;
        }else if(RxState == 4 && RxData == 'T'){
            RxState = 0;
            Serial3_RxFlag = 1;
        }
        USART_ClearITPendingBit(USART3, USART_IT_RXNE);
    }
}

```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		73

```

void Key_Init(void){
    GPIO_InitTypeDef Key;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA,ENABLE);
    Key.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IPU;
    Key.GPIO_Pin = GPIO_Pin_1 | GPIO_Pin_2 | GPIO_Pin_3;
    Key.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOA,&Key);
}
uint8_t Key_num1 = 0;
uint8_t Key_Read(void){
    uint8_t Key_num1 = 0;
    if (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_1) == 0)
    {
        delay_ms(50);
        if (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_1) == 0) {
            while (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_1) == 0);
            Key_num1 = 1;
        }
    }
    else if (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_2) == 0){
        delay_ms(50); //
        if (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_2) == 0) {
            while (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_2) == 0);
            Key_num1 = 2;
        }
    }
    else if (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_3) == 0){
        delay_ms(50); //
        if (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_3) == 0) {
            while (GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_3) == 0);
            Key_num1 = 3;
        }
    }
    return Key_num1; //
}
void HCSR_Init(void){
    GPIO_InitTypeDef HCSR; //
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA,ENABLE); //
    HCSR.GPIO_Mode = GPIO_Mode_IN_FLOATING; //
    HCSR.GPIO_Pin = GPIO_Pin_7; //
    HCSR.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz; //
    GPIO_Init(GPIOA,&HCSR); //
}

```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		74

```

uint8_t HCSR_Read(void){
    return GPIO_ReadInputDataBit(GPIOA, GPIO_Pin_7);
}

void Servo_Init(void){
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    TIM_TimeBaseInitTypeDef TIM_TimeBaseInitStructure;
    TIM_OCInitTypeDef TIM_OCInitStructure;
    RCC_APB1PeriphClockCmd(RCC_APB1Periph_TIM3, ENABLE);
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB, ENABLE)

    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_0;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    TIM_TimeBaseInitStructure.TIM_Period = 20000 - 1;
    TIM_TimeBaseInitStructure.TIM_Prescaler = 72 - 1;
    TIM_TimeBaseInitStructure.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up;
    TIM_TimeBaseInit(TIM3, &TIM_TimeBaseInitStructure);

    TIM_OCInitStructure.TIM_OCMode = TIM_OCMode_PWM1;
    TIM_OCInitStructure.TIM_OutputState = TIM_OutputState_Enable;
    TIM_OCInitStructure.TIM_OCPolarity = TIM_OCPolarity_High;
    TIM_OCInitStructure.TIM_Pulse = 0; // CCR
    TIM_OC3Init(TIM3, &TIM_OCInitStructure);
    TIM_OC1Init(TIM3, &TIM_OCInitStructure);
    TIM_Cmd(TIM3, ENABLE);
}

void M_Init(){
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOB, ENABLE);
    GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AF_PP;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_12;
    GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOB, &GPIO_InitStructure);
    GPIO_SetBits(GPIOB, GPIO_Pin_12);
}

void Servo_Input(uint16_t num){
    TIM_SetCompare3(TIM3, num);
}

void dj(uint16_t num){
    float dutyCycle1 = ((float)num / 180.0f) * 2000.0f + 500.0f;
    TIM_SetCompare3(TIM3, dutyCycle1);
}

```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		75

```

void Beez_Init(void){
    GPIO_InitTypeDef Beez;
    RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_GPIOA,ENABLE);
    Beez.GPIO_Mode = GPIO_Mode_Out_PP;
    Beez.GPIO_Pin = GPIO_Pin_8;
    Beez.GPIO_Speed = GPIO_Speed_50MHz;
    GPIO_Init(GPIOA,&Beez);
}
void Beez_ON(void){
    GPIO_SetBits(GPIOA,GPIO_Pin_8);
}
void Beez_OFF(void){
    GPIO_ResetBits(GPIOA,GPIO_Pin_8);
}
#ifdef __HAL_H
#define __HAL_H
extern char HCDData;
extern char temp[3];
void HC08_Init(void);
uint8_t Serial3_GetRxFlag(void);
void Key_Init(void);
uint8_t Key_Read(void);
void HCSR_Init(void);
uint8_t HCSR_Read(void);
void Servo_Init(void);
void Servo_Input(uint16_t num);
void M_Init(void);
void dj(uint16_t num);
void Beez_Init(void);
void Beez_ON(void);
void Beez_OFF(void);

Delay
#include "stm32f10x.h" // Device header
#define uint unsigned int
void delay_us(uint time)
{
    uint i=0;
    while(time-->0)
    {
        i=10;
        while(i-->0);
    }
}

```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		76

```

void delay_ms(uint time)
{
    uint i=0;
    while(time-->0)
    {
        i=12000;
        while(i-->0);
    }
}

```

Main

```

#include "stm32f10x.h" // Device header
#include "HAL.h"
#include "OLED.h"
#include "DTH11.h"
#include "delay.h"
char HCDData = 0;
char temp[3] = {'0','5','0'};
uint8_t Mode = 1;
u8 Key_num;
uint8_t Temp = 0;

uint8_t Hum = 0;
uint8_t zs = 1;
uint8_t setTemp = 50;
u8 temp11;
u8 tttt;
int zkb;
int peo = 0;
void zszs(){
    if(zs == 1)
        Servo_Input(10000);
    else if(zs == 2)
        Servo_Input(15000);
    else if(zs == 3)
        Servo_Input(20000);
}
uint8_t atioo(void){
    int a = (temp[0] - '0') * 100;
    int b = (temp[1] - '0') * 10;
    int c = temp[2] - '0';
    char d = a + b + c;
    return d;
}

```

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		77

```

int main(void)
{
    HC08_Init();
    Key_Init();
    Servo_Init();
    DHT11_Init();
    OLED_Init();
    Beez_Init();
    while(1){
        DHT11_Read_Data(&Temp,&Hum);
        OLED_ShowString(1,1,"Temp:");
        OLED_ShowNum(1,7,Temp,3);
        OLED_ShowString(2,1,"Hum:");
        OLED_ShowNum(2,7,Hum,3);
        OLED_ShowString(3,1,"SetTemp:");
        OLED_ShowNum(3,10,setTemp,3);
        OLED_ShowString(4,1,"ZS:");
        OLED_ShowNum(4,7,zs,3);
        OLED_ShowNum(4,11,Mode,1);

        Key_num = Key_Read();

        if(Key_num == 1){
            Key_num = 0;
            Mode = Mode + 1;
            if(Mode == 3){
                Mode = 0;
            }
        }

        if(Mode == 0){
            if(Key_num == 2){
                Key_num = 0;
                zs++;
                if(zs == 5)
                    zs = 1;
                zszs();
            }else if(Key_num == 3){
                Key_num = 0;
                Servo_Input(0);
            }
        }

        if(Mode == 1){
            if(HCSR_Read() == 1){
                //dj(180);
                if(Serial3_GetRxFlag() == 1){
                    setTemp = atioo();
                }
                temp11 = Temp - 20;
                tttt = temp11*666 + 15000;
                Servo_Input(tttt);
                peo = 1;
                if(Temp > setTemp){
                    Beez_ON();
                }else{
                    Beez_OFF();
                }
            }else{
                peo = 0;
                Servo_Input(0);
            }
        }

        if(Mode == 2){
            if(Serial3_GetRxFlag() == 0){
                zkb = atioo();
            }
        }

        Servo_Input(zkb * 200);
    }
}

```

					ДП.АКИТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		78

ДОДАТОК В

Копія опублікованих результатів

					ДП.АКІТ.10658699.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		79