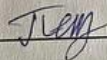


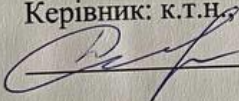
Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки

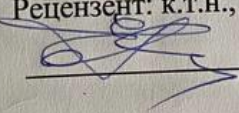
Бакалаврський дипломний проект на тему
Мікропроцесорна система для управління температурним режимом у будівлі

Виконав: студент 4 курсу, групи ІСП-206
спеціальності

123 Комп'ютерна інженерія,
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)
освітня програма
«Комп'ютерна інженерія»

 Петришен О. Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ОТ
 Добровольська Н. В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. каф. ПЗ
 Коваленко О. О.
(прізвище та ініціали)

ДОПУЩЕНО

Завідувач кафедри ОТ
д.т.н., проф. Азаров О. Д.
“14” 06 2024р.

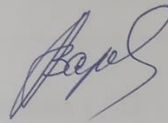
Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Галузь знань – 12 – Інформаційні технології
Спеціальність – 123 – Комп'ютерна інженерія
Освітньо-професійна програма – Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ

д.т.н., проф. Азаров О. Д.



“23” 04 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКИЙ ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Петришену Олегу Руслановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Мікропроцесорна система для управління температурним режимом у будівлі», керівник роботи Добровольська Н. В. затверджені наказом ВНТУ від «11» березня 2024 року №80.

2 Термін подання студентом роботи: 20.06.2024

3 Вихідні дані до роботи: призначення — автоматизоване управління температурним режимом у будівлі, організація контролю — збір даних про температуру з використанням датчиків, розташованих у різних приміщеннях, управління — мікропроцесор обробляє дані від датчиків і регулює роботу систем опалення, надання даних — виведення інформації про поточний температурний режим на дисплей, керування — системи опалення, вентиляції та кондиціонування, струм керування — не менше 1 А для керування реле, живлення — зовнішнє джерело постійної напруги 5 В.

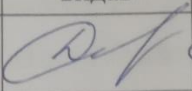
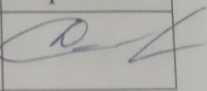
4 Зміст пояснювальної записки включає: обґрунтування необхідності розробки, аналіз сучасних технологій бездротової ідентифікації, створення

структурної схеми, вибір елементної бази, розробка електричної функціональної схеми, розробка оптичної функціональної схеми.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
схема електрична структурна.

6 Консультанти розділів роботи наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 — Консультанти проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1-3	Добровольська Н. В.		

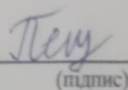
7 Дата видачі завдання « 12 » березня 2024 р.

8 Календарний план наведений диплоного проекту наведений у таблиці 2

Таблиця 2 — Календарний план

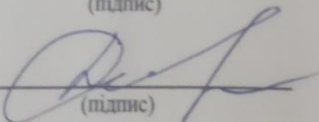
№ з/п	Назва етапів бакалаврської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів	Примітка
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДП)	11.03.2024	Виконано
2	Формування та видача завдання БДП	12.03.2024 — 26.03.2024	Виконано
3	Виконання оглядової частини БДП. Перший рубіжний контроль виконання БДП	27.03.2024 — 08.04.2024	Виконано
3	Виконання спеціальної частини БДП. Другий рубіжний контроль виконання БДП	09.04.2024 — 19.05.2024	Виконано
5	Попередній захист БДП	20.05.2024	Виконано
6	Нормоконтроль БДП	21.05.2024 — 05.06.2024	Виконано
7	Рецензування БДП	05.06.2024 — 07.06.2024	Виконано

Студент


(підпис)

Петришен О. Р.

Керівник роботи


(підпис)

Добровольська Н. В.

АНОТАЦІЯ

УДК 621.3

Петришен О. Р. Мікропроцесорна система для управління температурним режимом у будівлі. Бакалаврська кваліфікаційна робота зі спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», освітня програма «Системне програмування». Вінниця: ВНТУ, 2024. 68 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 20 рис.: 29; табл. 5.

Дипломний проект розроблено для управління температурним режимом у будівлі з допомогою мікропроцесорної системи. Система, що розглядається в роботі, призначена для підтримання температури повітря у будівлі на заданому значенні. Актуальність теми обумовлена необхідністю підвищення енергоефективності будівель та забезпечення комфортних умов проживання і роботи. Основна мета роботи полягає у створенні автоматизованої системи, яка дозволить оптимізувати споживання енергії за рахунок підтримання оптимальної температури в приміщеннях. Робота складається з трьох розділів. Перший присвячено аналізу та огляду існуючих систем керування температурним режимом, другий містить огляд методів та засобів проектування системи, а третій присвячено проектуванню та практичній реалізації мікропроцесорної системи управління температурним режимом.

Ключові слова: мікропроцесорна система, управління температурою, температурний режим, енергоефективність, автоматизація, мікроклімат.

ABSTRACT

Petryshen O. R. Microprocessor system for temperature control in the building. Bachelor's thesis on specialty 123 "Computer engineering", educational program "System programming". Vinnytsia: VNTU, 2024. 68 p.

In Ukrainian language. Bibliogr.: 20 fig.: 29; table 5.

The diploma project is devoted to the development of a microprocessor system for controlling the temperature regime in the building. The system considered in the work is designed to maintain the air temperature in the building at a given value. The topicality of the topic is due to the need to increase the energy efficiency of buildings and ensure comfortable living and working conditions. The main goal of the work is to create an automated system that will optimize energy consumption by maintaining the optimal temperature in the premises. The work consists of three sections. The first is devoted to the analysis and review of existing temperature control systems, the second contains an overview of methods and means of system design, and the third is devoted to the design and practical implementation of a microprocessor temperature control system.

Key words: microprocessor system, temperature control, temperature regime, energy efficiency, automation, microclimate.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Огляд і аналіз існуючих систем контролю температури	9
1.1 Огляд і аналіз систем контролю	9
1.2 Аналіз мікропроцесорних систем управління температурним режимом	13
1.3 Типи та різновиди датчиків.....	19
2 Методи та засоби проектування мікропроцесорних систем для управління температурним режимом.....	24
2.1 Вибір та порівняння апаратної платформи	24
2.2 Використання датчиків для збору даних про температуру	29
2.3 Вибір середовища розробки та мови програмування.....	35
3 Проектування та реалізація мікропроцесорних систем управління температурним режимом.....	39
3.1 Розробка апаратної частини.....	39
3.2 Розробка алгоритмів управління температурою.....	45
3.3 Написання програмного забезпечення.....	49
3.4 Тестування та відлагодження системи	53
Висновки	55
Перелік джерел посилання.....	56
Додаток А Технічне завдання.....	58
Додаток Б Структурна схема мікропроцесорної системи для управління температурним режимом у будівлі.....	62
Додаток В Схема моделі Proteus.....	63
Додаток Г Блок-схема алгоритму керування.....	64
Додаток Д Вихідний код програми мікропроцесорного контролера.....	65
Додаток Е Протокол перевірки на наявність текстових запозичень.....	68

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Мікропроцесорна система для управління температурним режимом у будівлі. Пояснювальна записка			
Розробив		Петришен О.Р.						
Перевірив		Добровольська Н.В.						
Рецензент		Коваленко О. О						
Н. Контр.		Швець С. І						
Затвердив		Азаров О. Д			Літ. Аркуш Аркушів			
					6			
					ВНТУ, гр. 1СП-206			

Вступ

У сучасному світі динамічний розвиток технологій у всіх сферах життя постійно ставить перед суспільством нові виклики та завдання. Одним з таких завдань є ефективне управління температурним режимом у будівлях. Безперервний розвиток мікропроцесорної техніки та її застосування у сфері автоматизації і управління дозволило значно поліпшити комфорт життя.

Сучасні будівлі стають все більш енергоефективними завдяки впровадженню різноманітних систем управління температурою, які використовуються для оптимізації споживання енергії та забезпечення комфортних умов для мешканців або працівників. Мікропроцесорні системи управління температурним режимом надають можливість точного контролю за температурним режимом в будівлях.

Питання енергоефективності стає дедалі пріоритетнішим та актуальнішим у сучасному світі, оскільки постійний зріст споживання енергії породжує серйозні екологічні, економічні та соціальні виклики. Ефективне використання енергії є не лише ключовим фактором у зменшенні викидів парникових газів та збереженні природних ресурсів, але й важливим елементом забезпечення стабільності економіки. Щодо управління температурним режимом у будівлях, енергоефективність є особливо важливою, оскільки велика частина енергії споживається на опалення та кондиціювання повітря.

Задачу управління енергоефективністю частково дозволяє вирішити запровадження систем автоматичного контролю температури в будівлях, що дозволяє підтримувати комфортне середовище у приміщенні і контролювати споживання електроенергії для нагріву або охолодження повітря.

Основними функціями систем управління температурою в будівлях є підтримка температури на заданому рівні, захист від виходу температури за певні межі (наприклад, нижче 1°C або вище 40°C), включення та виключення системи за розкладом, дистанційне керування з комп'ютера або телефону.

Також такі системи значно спрощують керування температурним режимом у приміщення, оскільки можуть працювати без втручання людини.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, враховуючи очевидні переваги таких систем, можна зробити висновок про доцільність розробки автоматизованої системи управління температурним режимом у будівлі.

Актуальність теми полягає у зростаючій потребі автоматичного контролю температури у приміщеннях з метою підвищення комфорту та ефективності споживання електроенергії.

В рамках виконання дипломного проекту буде проаналізовано різноманітні аспекти, включаючи технічні можливості мікропроцесорних систем, методи оптимізації температурного режиму, вплив системи на енергоефективність будівлі та комфорт користувачів, а також аналіз можливостей подальшого розвитку та вдосконалення системи.

Мета роботи — розробка мікропроцесорної системи для управління температурним режимом у будівлі з метою підвищення комфорту та зменшення енерговитрат. Досягнення цієї мети потребує дослідження інтеграції сучасних технологій управління температурою з використанням мікроконтролерів та датчиків для створення ефективної та економічно доцільної системи.

Для досягнення мети потрібно виконати такі **задачі**:

- огляд та аналіз існуючих систем управління температурою, визначення їхніх переваг і недоліків;
- розробка структурної схеми мікропроцесорної системи, вибір елементарної бази та датчиків;
- створення програмного забезпечення для збору та контролю температури у будівлі, обробки та візуалізації отриманих даних.

Об'єктом дослідження — процес управління температурою в будівлі з використанням мікропроцесорних систем.

Предметом дослідження — методи та засоби обробки цифрових сигналів.

Робота складається з трьох основних розділів. У першому проводиться аналіз існуючих автоматизованих систем контролю температури в будівлях. Другий розділ присвячено розгляду методів та засобів проектування системи. Третій розділ присвячено розробці апаратного та програмного забезпечення.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Огляд і аналіз існуючих систем контролю температури

1.1 Огляд і аналіз систем контролю

Управління температурним режимом відіграє важливу роль у забезпеченні комфортних умов та оптимізації енергоефективності будівель. В сучасних будівлях дедалі частіше застосовують різноманітні системи автоматизації, що значно впливають на їх зручність. Серед них можна виділити мікропроцесорні системи управління температурою, які набувають дедалі більшого поширення, стають досконалішими та пропонують дедалі більший рівень автоматизації.

Технічна проблема, яку вирішує система управління температурним режимом будівлі, може бути описана як керування мікрокліматом, що передбачає автоматичну підтримку заданої температури у приміщенні. Вирішення цієї задачі включає автоматизацію процесу ввімкнення та вимкнення систем опалення або кондиціонування, якщо температура починає виходити за задані межі.

Керування мікрокліматом включає в себе наступні складові: опалення, вентиляцію і кондиціонування (ОВК) — технології підтримки в певних заданих межах параметрів повітря: температури, вологості і хімічного складу у внутрішніх приміщеннях чи салоні автомобіля або іншого транспортного пасажирського засобу (клімат-контроль). Система ОВК — важливий компонент розробки промислових і адміністративних будівель і є неодмінним атрибутом сучасного розумного будинку.

В рамках даного проекту розглядатиметься виключно контроль температури, але при цьому важливо враховувати також можливості щодо контролю інших параметрів мікроклімату. Це важливо тому, що для забезпечення комфортних умов перебування у приміщенні недостатньо контролювати лише один з багатьох параметрів, якими визначається мікроклімат. Сучасні системи керування мікрокліматом можуть включати багато підсистем, кожна з яких може підтримувати певний чинник мікроклімату.

Чинники, що впливають на мікроклімат:

— температура повітря;

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відносна вологість повітря;
- рухливість (швидкість руху) повітря;
- концентрації шкідливостей в повітрі.

Наведені вище чинники, що впливають на мікроклімат, залежать від певних параметрів мікроклімату. Існують два діапазони значень для кожного параметра мікроклімату – допустимі параметри і оптимальні параметри. Значення, що виходять за межі обох діапазонів є неприпустимими. Отже, можна зробити висновок, що контроль мікроклімату має на меті підтримання певних параметрів мікроклімату в оптимальних межах.

Для вирішення задачі контролю мікроклімату необхідно розглянути його параметри, які мають підтримуватись в заданому діапазоні. Основними параметрами мікроклімату є:

- теплота (впливає на зміну температури повітря і відносної вологості);
- волога (впливає на зміну температури повітря і відносної вологості);
- вуглекислий газ (необхідно видаляти з повітря, оскільки він є шкідливим для здоров'я);
- інші (як правило, технологічні) шкідливості.

Кожен з пунктів наведеного вище переліку параметрів впливає на мікроклімат, проте найважливішими показниками є теплота і волога. Отже, можна зробити висновок, що саме контроль температури у приміщенні є найважливішим для забезпечення оптимальних умов мікроклімату.

Комфортний клімат у будівлях може забезпечувати ціла група приладів: котли, радіатори, кондиціонери, системи підігріву підлоги, системи нагріву води тощо. Ручне управління всіма цими елементами є достатньо складним. Необхідно щоразу налаштовувати їхню роботу відповідно до погодних умов, бажаннями мешканців або працівників, часом доби тощо. Саме в цьому полягає основна проблема підтримки мікроклімату у будівлях.

Для вирішення цієї проблеми використовуються системи автоматизованого контролю температури у приміщеннях. Вони здатні

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірювати температуру повітря у приміщенні та приймати рішення про необхідність включення або виключення приладів для нагрівання або охолодження повітря. Завдяки цьому у приміщеннях постійно підтримується комфортна температура на заданому рівні.

В рамках даного проекту необхідно виконати наступну задачу: спроектувати мікропроцесорну систему контролю температури повітря у будівлях, яка допоможе підтримувати комфортні умови у приміщенні. Система має відстежувати такі параметри мікроклімату як теплота та волога, тобто вимірювати температуру та вологість повітря. Важливою функцією системи є зручне відображення фактичних показників температури та вологості повітря, а також заданого значення температури, яке може встановлюватись користувачем вручну за допомогою кнопок. При цьому варто також приділити увагу можливості системи взаємодіяти з комп'ютером.

Для вирішення поставленої задачі необхідно в першу чергу дослідити сучасні мікропроцесорні системи управління температурним режимом, їхні можливості, функціональність, переваги та недоліки. В результаті аналізу можна буде зробити висновки про стан сучасних технологій в області автоматизованих систем управління мікрокліматом, а також визначити тенденції та перспективи їх подальшого розвитку.

Перш за все, необхідно провести огляд існуючих систем управління температурою. Пропонується провести порівняльний аналіз мікропроцесорних систем, що включають контроль температури повітря, визначити їхні переваги та недоліки, а також оцінити потенційні можливості для впровадження в різних типах будівельних об'єктів.

Проведення такого аналізу дозволить краще зрозуміти сучасні технології керування температурним режимом, виявити найбільш ефективні та перспективні рішення, а також оцінити можливості подальшого розвитку та впровадження таких систем.

Всі існуючі мікропроцесорні системи для управління температурним режимом у будівлях можна розділити на декілька основних типів.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Системи «розумних» термостатів. Такі системи являють собою позиційні регулятори, які працюють наступним чином: коли температура виходить за задані межі, включається система кондиціонування або опалення. Сучасні «розумні» термостати здатні автоматично регулювати температуру в будинку відповідно до графіку, налаштувань користувача та вимог енергоефективності. Вони можуть бути підключені до Інтернету, що дозволяє користувачам керувати такими системами віддалено за допомогою смартфонів або інших пристроїв. Недоліком таких термостатів можна вважати те, що більшість із них може працювати тільки на опалення або тільки на кондиціонування.

Системи «розумного» клімат-контролю в будівлях. Ці системи є більш складними і включають в себе не лише управління температурою, але підтримують також керування вентиляцією, очищенням повітря та здійснюють контроль інших параметрів мікроклімату. До складу таких систем можуть входити різні датчики, призначені для вимірювання рівня температури, вологості повітря, концентрації різноманітних газів, освітленості, а також присутності людей у приміщенні. Недоліком таких систем є їхня порівняно висока ринкова вартість, обумовлена більш високою складністю.

Системи «розумних» котлів та опалювання. Як можна зрозуміти з назви, такі системи призначені виключно для використання у системах опалення. Вони застосовуються у холодний період року для обігріву будівель. Мікропроцесорні системи управління опаленням можуть автоматично регулювати роботу котлів, радіаторів та інших опалювальних пристроїв в будівлях. Вони здатні оптимізувати розподіл тепла залежно від зон та графіку активності мешканців. Їхнім недоліком є те, що такі системи можливо застосовувати виключно для обігріву приміщень, в теплу пору року вони не працюють.

Системи «розумного» кондиціонування повітря. Такі системи є протилежними аналогами систем «розумного» опалення. Вони працюють тільки в теплу пору року для забезпечення комфортних умов за рахунок охолодження повітря у приміщеннях. Ці системи можуть автоматично регулювати роботу кондиціонерів залежно від зовнішніх умов та заданих налаштувань. Вони можуть

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати адаптивні алгоритми для оптимізації енергоспоживання та комфортності. Їхнім недоліком є те, що такі системи працюють тільки для охолодження повітря і не підтримують обігрів, необхідний в холодну пору року. Проте варто відмітити, що такі системи можуть бути ефективними у поєднанні з системами «розумного» опалення. Проте таке рішення часто є невиправданим.

«Розумні» системи керування енергопостачанням. Ці системи є доволі специфічними і виконують функцію контролю енергоспоживання, проте їх використання також може мати певний вплив на підтримку температури у будівлі. Деякі системи управління температурою можуть взаємодіяти з системами енергопостачання, такими як сонячні панелі, акумулятори енергії та інші джерела альтернативної енергії. Системи керування енергопостачанням можуть оптимізувати використання енергоресурсів з метою зниження витрат. Недоліком таких систем є те, що вони мають на меті контроль енергоспоживання, а не температури у приміщенні, у зв'язку з чим перебування у приміщенні може бути недостатньо комфортним.

З проведеного вище аналізу можна зробити висновок, що найбільш ефективними автоматизованими системами контролю температури у будівлях є термостати та системи клімат-контролю. Варто зазначити, що перші є найефективнішими у тих випадках, коли термостат підтримує як контроль опалення, так і контроль кондиціонування. Системи клімат-контролю, в свою чергу, виконують обидві функції, але включають також інший функціонал, у зв'язку з чим їхнє використання виключно для контролю температури у приміщенні може стати невиправдано дорогим. Отже, оглянувши та проаналізувавши системи контролю температури в будівлях, доцільно проаналізувати існуючі мікропроцесорні системи, представлені на ринку.

1.2 Аналіз мікропроцесорних систем управління температурним режимом

Аналіз існуючих мікропроцесорних систем управління температурним режимом у будівлях передбачає порівняння різних систем за їхніми характеристиками, функціональністю, ефективністю та іншими параметрами. До

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аналізу включаються різні параметри, проте ключову роль серед них відіграє відповідність тієї чи іншої системи поставленій задачі.

Під час аналізу існуючих систем необхідно враховувати такі показники, як функціональність, інтеграція з іншими системами, енергоефективність, надійність та безпека, зручність, вартість та можливість до масштабування.

Огляд функціональності існуючих систем включає порівняння можливостей різних систем управління температурою, таких як особливості регулювання температури, точність контролю, наявність режимів роботи (наприклад, режим економії енергії або режим підтримки сталої температури).

Інтеграція з іншими системами передбачає оцінку можливостей інтеграції мікропроцесорних систем управління температурою з іншими системами автоматизації, що використовуються у будівлі, такими як системи освітлення, вентиляції та безпеки. Можливість використання системи контролю температури спільно з іншими системами дозволяє включати її до більш складної системи клімат-контролю.

Оцінка енергоефективності систем включає визначення споживання електроенергії в режимі очікування та роботи – під час активного регулювання температури повітря у приміщенні. Оскільки однією з цілей контролю температури у будівлях є підвищення енергоефективності, врахування цього параметра є особливо важливим в умовах, коли економія енергії стає основною метою впровадження системи контролю температури.

Аналіз надійності різних систем управління температурою, включаючи їхню стійкість до відмов та захист від небезпечних ситуацій, таких як перегрів або коротке замикання є надзвичайно важливим, оскільки ці системи працюють у будівлях, де перебувають люди.

Не менш важливим є порівняння вартості впровадження та експлуатації різних систем, включаючи витрати на обладнання, інсталяцію та підтримку. Проте для розгляду цього критерію необхідно порівнювати аналогічні системи, що мають подібні функції, обов'язково враховуючи їхні показники якості.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оптимальним вибором може стати система, яка відповідає найнижчій ціні при достатній якості.

Оцінка зручності системи передбачає серед іншого аналіз зручності та доступності користувацького інтерфейсу системи для налаштування та моніторингу температурного режиму. Інтерфейс може бути представлений як апаратно, так і програмно. Оптимальною є наявність обох версій інтерфейсу, що надає користувачу можливості як апаратного, так і програмного керування.

Крім всього переліченого вище, важливим є визначення можливості масштабування системи для використання спільно з різними типами обладнання у різних типах будівель або промислових об'єктів. Проте у більшості випадків системи контролю температури призначені для житлових приміщень, отже в даному випадку важливішу роль відіграє саме можливість інтеграції у системи розумного будинку або роботи спільно з іншими системами, такими як, наприклад, системи контролю енергоспоживання.

Отже, враховуючи кожен з розглянутих критеріїв, розглянемо існуючі автоматизовані системи контролю температури повітря у будівлях. При цьому необхідно надати їхній короткий опис, назву та особливості, що відрізняють один пристрій від іншого. Розгляд існуючих пристроїв для контролю температури у приміщеннях необхідний для визначення потреб та існуючих рішень. Враховуючи особливості кожного з пристроїв, можна визначити, яким чином краще розробити нову систему, який функціонал необхідно реалізувати. Отже, для створення нових пристроїв важливо мати чітке уявлення про існуючі.

На сьогодні відома достатньо велика кількість систем автоматизованого контролю температури в будівлях. Для порівняння існуючих аналогів пропонується звернутись до інтернет-ресурсів та онлайн-магазинів. Розглянемо далі деякі з них.

В першу чергу пропонується розглянути один з найпопулярніших розумних термостатів, що часто використовується в системах розумного будинку — ecobee3 lite Smart Wi-Fi Thermostat (рисунок 1.1).

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 — Ecobee3 lite Smart Wi-Fi Thermostat [1]

Цей термостат дозволяє регулювати температуру повітря у приміщенні, використовуючи для взаємодії з користувачем сенсорну панель або дистанційне керування через Wi-Fi.

Завдяки зручному сенсорному дисплею і щорічній економії в 23% на опалення та охолодження, ecobee3 lite – це один з найбільш розумних термостатів. Він також може працювати разом кімнатними датчиками, які допоможуть контролювати температуру в окремих кімнатах. Термостат працює разом з Amazon echo, Apple HomeKit, Samsung SmartThings, Wink і IFTTT [1]. До недоліків термостату можна віднести його порівняно високу ціну.

Проте часто використовуються більш дешеві аналоги розумних термостатів, в основі яких лежить механічне керування. Прикладом такої системи автоматизації контролю температури у приміщенні може бути терморегулятор Grand Meyer (рисунок 1.2).

В даному випадку користувач вручну встановлює задане значення температури у приміщенні, яке має автоматично підтримуватись за допомогою механічної системи регулювання температури, принцип дії якої заснований на температурних властивостях металів.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 — Терморегулятор механічний Grand Meyer [2]

Головним недоліком таких систем є можливість застосування тільки для обігріву або тільки для охолодження, а також низький рівень інтелектуальності та порівняно обмежені можливості. При цьому беззаперечна перевага – найнижча ціна серед аналогів, завдяки примітивності або навіть відсутності у складі мікроконтролерних систем.

Існують також системи, що являють собою прості мікропроцесорні регулятори температури, де задана температура встановлюється вручну безпосередньо на пристрої з використанням кнопок, а контроль здійснює мікропроцесорний контролер. До таких систем можна віднести терморегулятор Terneo st (рисунок 1.3)

Такі регулятори температури, як і в попередньому випадку, часто здатні працювати або тільки для нагрівання, або тільки для охолодження. При цьому вони мають порівняно невисоку ціну і в деяких випадках можуть мати додаткові функції, такі як захист від виходу температури за певні межі.



Рисунок 1.3 — Терморегулятор Terneo st [3]

Розглянувши існуючі аналоги, можна зробити висновок, що більшість пристроїв не підтримує смарт-функції і є відносно простими пристроями регулювання температури. Всі вони мають у своєму складі датчики температури та мікроконтролерні системи керування, що здійснюють включення та виключення приладів для обігріву або охолодження, коли температура відхиляється від заданого значення.

Отже, враховуючи особливості існуючих систем контролю температури повітря у приміщеннях, можна зробити висновок про необхідність розробки системи, яка надавала б можливість контролювати одночасно систему палення та кондиціонування, а також реалізувати можливість передачі даних на комп'ютер для можливостей подальшого масштабування.

1.3 Типи та різновиди датчиків

Сучасні системи автоматизованого управління використовують у своєму складі різноманітні датчики, які використовуються для збору інформації про поточні показники контрольованих параметрів. Більшість існуючих автоматизованих систем використовують датчики для здійснення зворотного зв'язку: визначення зміни регульованих параметрів.

У системах розумного будинку, до яких відносяться і системи клімат-контролю, використовуються різноманітні типи датчиків, кожен з яких призначений для вимірювання того чи іншого параметру. Системи автоматизованого контролю мікроклімату найчастіше використовують у своєму складі датчики температури повітря, вологості повітря, атмосферного тиску, датчики газів тощо. Вимірювання великої кількості параметрів дозволяє ефективніше підтримувати комфортні умови у приміщенні.

На даний момент датчики є такими ж невід'ємними складовими автоматизованих систем керування, як і мікропроцесорні контролери. Вони знаходяться в будинках, офісах, автомобілях та електроніці, працюючи для забезпечення комфорту. Завдяки їм спеціалізовані системи керування включаються, коли потрібно світло, виявляють присутність людей, контролюють температуру та вологість у приміщенні, реагують на дим або вогонь, вмикають побутові електроприлади або відкривають гаражні ворота при наближенні машини. Все це стає можливим завдяки використанню в автоматизованих системах датчиків, що забезпечують автоматизацію цих процесів. Перш ніж перейти до детального опису датчиків, необхідно навести визначення датчика та розглянути простий приклад автоматизованої системи керування, що працює завдяки їхній роботі.

Датчик — це пристрій, який перетворює фізичні величини, такі як температура, вологість, освітлення, положення в просторі тощо, в електричні сигнали. Наприклад, фоторезистор є одним з простих прикладів датчика, опір якого змінюється в залежності від інтенсивності освітлення. Датчики можуть бути цифровими та аналоговими. Цифрові датчики передають та обробляють

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дані у цифровому форматі (дані передаються у вигляді дискретного сигналу, що являє собою комбінації одиниць та нулів, представлених верхнім та нижнім рівнем сигналу), тоді як аналогові надають аналогові вихідні сигнали (дані передаються у вигляді неперервного у часі електричного сигналу, що може плавно змінюватись від нижнього до верхнього рівня).

Розглянути роботу датчиків можна на прикладі системи клімат-контролю. У таких системах може використовуватись велика кількість різноманітних датчиків. Датчик температури повітря дозволяє вмикати опалення, коли у приміщенні стає холодно та кондиціонування, коли у приміщенні стає спекотно. Для контролю витoku води використовуються датчики вологості, що встановлюються біля поверхонь, де може витікати вода. Завдяки використанню датчиків горючих газів можна вчасно отримувати сповіщення про небезпеку або навіть автоматично перекривати джерело витoku газу. Датчик освітленості дозволяє налаштувати оптимальну яскравість освітлення у приміщенні. У таких системах інформацію, отриману від датчиків, обробляє мікроконтролер. Він, використовуючи програмні алгоритми, приймає рішення про виконання тих або інших операцій та передає керуючі сигнали до регулюючих органів, якими у системах розумного будинку найчастіше є реле, що можуть вмикати або вимикати пристрої великої потужності.

Взагалі у системах автоматизації використовується велика кількість різноманітних датчиків, багато з яких можуть бути застосовані в тому числі і у системах розумного будинку. Оскільки система автоматизованого контролю мікроклімату в будівлях для функціонування повинна мати датчики, розглянемо деякі існуючі види датчиків, що використовуються у сучасних системах автоматизованого керування. Часто датчики бувають представлені у вигляді модулів, які зручно використовувати з мікроконтролерними платформами. Модулі датчиків особливо зручні для макетування, що виконується під час розробки систем автоматизованого керування, тому в даному розділі пропонується приділити увагу саме модулям датчиків для макетування, а в процесі подальшої розробки системи виконати вибір безпосередньо датчика.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В першу чергу пропонується розглянути датчики температури, оскільки саме вони є найважливішими в даній системі. Ці датчики вимірюють температуру навколишнього середовища або об'єкту і перетворюють її в електричний сигнал. Вони широко використовуються в опалювальних системах, промислових процесах, кліматичному обладнанні та інших сферах.

Датчики температури можуть бути різних типів та виконані у різних формах. Вони можуть бути побудовані на базі термісторів (термометри опору), термопар або деяких інших чутливих елементів. Проте найчастіше використовуються датчики на основі термісторів та термопар. Модуль термістора наведено на рисунку 1.4.

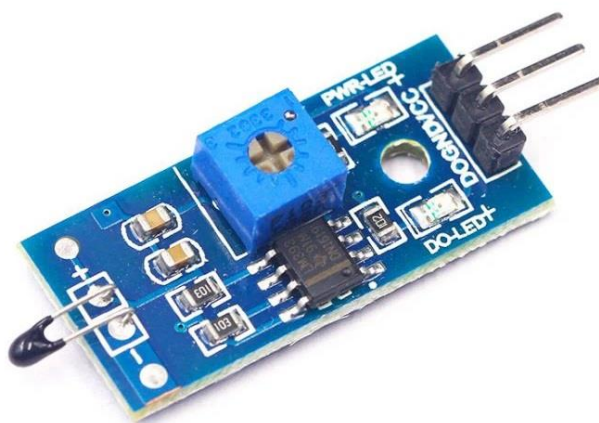


Рисунок 1.4 — Модуль датчика температури на базі термістора

Наступний тип датчиків, що використовуються у системах розумного будинку і можуть бути застосовані для систем контролю температури – датчики наближення. Вони можуть бути застосовані у системах, які дозволяють вмикати обігрів тільки під час наближення до певних зон у приміщенні. Такі датчики можуть бути інфрачервоними або ультразвуковими. Найчастіше у системах розумного будинку використовуються інфрачервоні датчики, проте і ультразвукові є не менш розповсюдженими. Датчики наближення також називають датчиками відстані, оскільки їхня робота заснована на вимірюванні відстані до об'єкта, що наближається до датчика, інфрачервоним або ультразвуковим методом. Модуль ультразвукового датчика відстані наведено на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 — Модуль ультразвукового датчика відстані HC-SR04

Інфрачервоні датчики можуть використовуватись для отримання даних про зміни у інфрачервоному випромінюванні. Їх часто застосовують для розпізнавання руху, появи перешкод або виявлення випромінювання від вогню. Остання функція може бути важливою для систем контролю температури у приміщеннях, оскільки дозволить забезпечити сигналізацію про можливу пожежу від використання обігрівачів або інших електроприладів, сповістити про це користувача та припинити роботу системи, що вийшла з ладу. Проте найчастіше для систем контролю температури можуть застосовуватись датчики руху (рисунок 1.6), за допомогою яких система може визначати присутність людей у приміщенні і вмикати опалення тільки тоді, коли в цьому є потреба.



Рисунок 1.6 — Інфрачервоний датчик руху

Також системи розумного будинку часто використовують датчики освітленості. Вони дозволяють регулювати освітленість у приміщенні. Ця

інформація може використовуватись в тому числі і спільно з системою контролю температури у будівлі, визначаючи вплив світла на температуру у приміщенні. Модуль датчика освітленості наведено на рисунку 1.7.

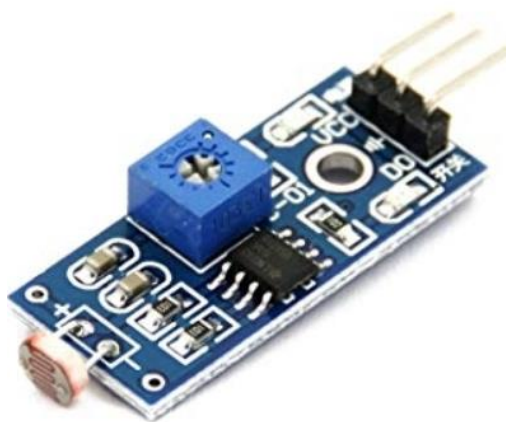


Рисунок 1.7 — Модуль датчика освітленості LM393

Також у системі керування температурою у будівлі може бути використаний датчик горючих газів. Такий датчик дозволить системі автоматично вимикати електроприлади, що можуть загорітись від присутності горючого газу у повітрі. Модуль датчика газу наведений на рисунку 1.8.



Рисунок 1.8 — Модуль датчика газу MQ-4

Отже, у системі автоматизованого контролю температури повітря у приміщенні можливе використання різноманітних датчиків. Проте основним є саме датчик температури.

2 Методи та засоби проектування мікропроцесорних систем для управління температурним режимом

2.1 Вибір та порівняння апаратної платформи

Сучасні системи автоматичного керування найчастіше будуються на основі однієї з мікропроцесорних платформ: Arduino, STM або ESP. Остання підтримує роботу з Wi-Fi, що робить її особливою, порівняно з іншими аналогами, проте у більшості випадків її зручно використовувати у поєднанні з двома попередніми.

Почнемо розгляд з платформи Arduino. Це найрозповсюдженіша і найлегша у вивченні мікропроцесорна платформа, в основі якої лежать контролери з архітектурою AVR.

Arduino — апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Інформація про плату (малюнок друкованої плати, специфікації елементів, програмне забезпечення) знаходяться у відкритому доступі і можуть бути використані тими, хто воліє створювати плати власноруч.

Arduino представлена у вигляді великої кількості плат, серед яких найбільшого розповсюдження набули Uno, Nano та Mega. Кожна з них має свої особливості, проте в цілому вони всі мають однакову архітектуру і є сумісними за більшістю параметрів.

Arduino Uno (рисунок 2.1) побудована на базі контролера ATmega328P. Ця плата є популярною та найбільш використовуваною тому, що дає можливість використовувати велику кількість різних датчиків та модулів. Робоча напруга 5 В. Розробник може обирати тип живлення під час проектування системи на базі плати і використовувати або USB або зовнішнє джерело напругою до 9 В.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.1 — Плата Arudino Uno

Arduino Nano (рисунок 2.2) також побудована на основі мікроконтролера ATmega328. Контролер випускається з прошитим завантажувачем. Автоматичне скидання відбувається за допомогою програми з підключеного комп'ютера. Джерела живлення 5В.



Рисунок 2.2 — Плата Arduino Nano

Arduino Mega (рисунок 2.3) побудована на мікроконтролері ATmega2560. Має 54 цифрових входів/виходів. Для роботи потрібно підключитись до комп'ютера через USB, або подати живлення за допомогою адаптера AC/DC, або акумуляторною батареєю. Робоча напруга становить 5В.

Крім плат Arduino, відомі також плати на базі інших контролерів, серед яких найбільшого поширення набули ESP8266, ESP32, STM32 та Raspberry Pi. Розглянемо далі деякі з них.

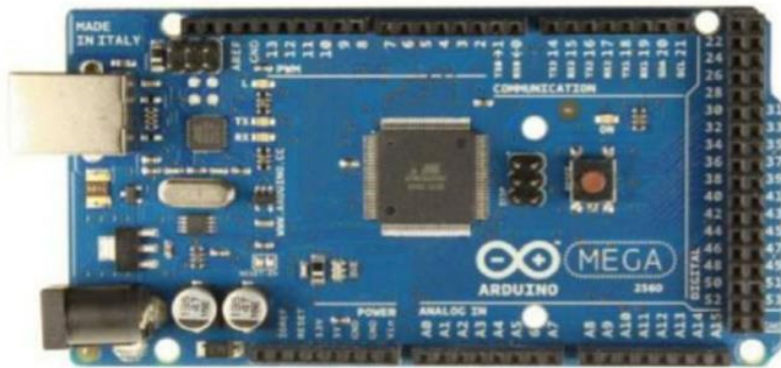


Рисунок 2.3 — Плата Arduino Mega

Плати на базі мікроконтролера ESP8266 мають вбудований Wi-Fi, що дозволяє підключати систему до Інтернету. Це може бути корисним для віддаленого моніторингу та керування температурним режимом. Зовнішній вигляд плати наведено на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 — Плата на базі ESP8266

Raspberry Pi (рисунок 2.5) — це одноплатний комп'ютер, що має значно більші можливості, ніж Arduino або ESP8266. Цей мікрокомп'ютер має багато можливостей, включаючи підтримку багатьох мов програмування та операційних систем. Може використатися Raspberry Pi як центральний контролер для системи управління температурою в будівлі.

Для розробки системи контролю температури у будівлі нема потреби використовувати складні та дорогі мікрокомп'ютери. Їхній функціонал не буде використаний у повній мірі, тому доцільніше розглядати більш прості

мікроконтролери. Цим обумовлено рішення відмовитись від використання Raspberry Pi.



Рисунок 2.5 — Raspberry Pi

Використання контролера ESP8266 дозволить підключати систему контролю температури повітря до Wi-Fi, проте недоліком такої системи може стати її підвищена вартість та відносна складність реалізації інтерфейсу користувача.

В якості мікроконтролерної платформи прийнято рішення використовувати Arduino Nano 3.0 (рисунок 2.6) на базі мікроконтролера ATmega328.

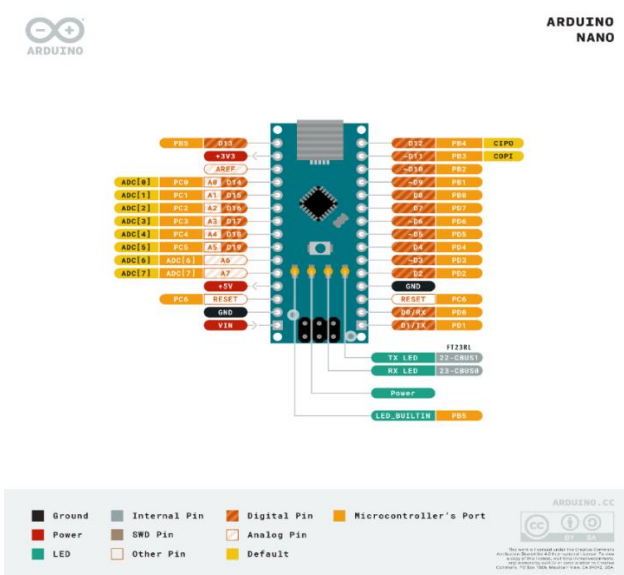


Рисунок 2.6 — Плата Arduino Nano

На наведеному рисунку виводи «земля» позначено чорним кольором, живлення – червоним, світлодіоди – зеленим, а іншими виводи контролера за призначенням. Як видно з наведеної схеми, контролер має достатню кількість виводів для виконання всіх операцій, пов’язаних з регулюванням температури.

Таблиця 2.1 — Технічні характеристики плати Arduino Nano

Характеристика	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга (логічний рівень)	5В
Напруга живлення (рекомендована)	Від 7 до 12В
Напруга живлення (гранична)	Від 6 до 20В
Цифрові входи / виходи	14 (з яких 6 можуть використовуватися як ШІМ-виходи)
Аналогові входи	8
Максимальний струм одного виводу	40 мА
Flash-пам'ять	32 КБ з яких 2 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Тактова частота	16 МГц
Розміри плати	1.85 см × 4.3 см

2.2 Використання датчиків для збору даних про температуру

Мікропроцесорні системи, призначені для управління тим чи іншим регульованим параметром, використовують для роботи датчики, мікропроцесорні контролери та регулюючі органи. Датчики дозволяють системам визначати поточні значення величин регульованих параметрів, мікропроцесорні контролери приймають рішення щодо керування та забезпечують комунікацію з оператором, відповідно до заданого алгоритму, а регулюючі органи забезпечують безпосередньо регулювання. Наприклад, в автоматизованих системах регулювання температури датчик здійснює вимірювання температури, мікропроцесорний контролер приймає рішення щодо необхідності її підвищення або пониження та передає керуючий сигнал до регулюючого органу, що впливає безпосередньо на джерело збільшення або зменшення температури.

Основним датчиком, що використовує мікропроцесорна система управління температурним режимом у будівлі, є датчик температури. Він призначений для точного визначення фактичної температури у приміщенні. Дані з датчика обробляються мікропроцесорним контролером, на основі чого формується певний керуючий вплив — приймається рішення про включення або виключення системи опалення або кондиціонування, залежно від того, наскільки поточне значення температури відповідає заданому.

На сьогодні відома велика кількість датчиків температури. Серед них найбільше розповсюдження отримали термометри опору та термопари. Принцип роботи перших полягає в тому, що опір металу може збільшуватись при нагріванні та зменшуватись при охолодженні. Другі працюють інакше. Їхня робота заснована на термоелектричному ефекті, коли в результаті спаювання різномірних металів виникає певна електрорушійна сила (ЕРС), що змінюється залежно від температури навколишнього середовища. Такі чутливі елементи, як термоперетворювачі опору та термопари складають основу більшості сучасних датчиків температури.

Точність вимірювання того чи іншого датчика є важливою характеристикою під час вибору датчика вимірювання температури для системи управління температурним режимом у будівлі. Від цього параметра залежить, наскільки температура буде відповідати заданому значенню і наскільки швидко система реагуватиме на зміни температури навколишнього середовища. При цьому важливо розуміти, що певна похибка може бути внесена внаслідок перерегулювання — випадку, коли регульований параметр незначно перевищує задане значення у відповідності з алгоритмом регулювання.

Іншим важливим параметром, який необхідно враховувати під час вибору датчика температури є його призначення. У системах автоматизованого регулювання температури в приміщеннях доцільно вимірювати температуру повітря, тому під час вибору датчика температури можливо розглядати не тільки версії для рідин, але і для газоподібних середовищ, що можуть відрізнятись виконанням корпусів.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також, як було визначено у попередніх розділах, для систем регулювання температури у приміщенні бажано враховувати і вологість повітря, оскільки від цього параметру також може залежати те, як змінюватиметься температура з часом та як вона відчуватиметься людьми. На сьогодні відомі датчики температури, здатні вимірювати як температуру, так і вологість повітря. Отже, доцільно розглянути також ці датчики на рівні зі звичайними датчиками температури.

В автоматизованих системах контролю температури у будівлях може використовуватись не один, а декілька датчиків температури, що розташовуються у різних приміщеннях. При цьому важливо, щоб ці датчики були однаковими або взаємозамінними, мали однаковий інтерфейс підключення до мікропроцесорного контролера та однаковий алгоритм читання даних. Ця умова необхідна для того, щоб вимірювані показники температури повітря в кожному приміщенні вимірювались однаково і рішення можна було приймати за однаковим алгоритмом.

Для вибору оптимального датчика температури повітря у приміщенні розглянемо декілька найбільш широко використовуваних датчиків. Кожен з них є сумісним з більшістю мікропроцесорних платформ, включаючи Arduino, STM та ESP. Отже, перейдемо до огляду існуючих датчиків температури.

В першу чергу пропонується розглянути цифровий датчик температури DS18B20. Він отримав широке застосування у сучасних мікропроцесорних системах, завдяки можливості роботи в цифровому режимі, а також достатньо високій точності вимірювань.

DS18B20 — цифровий температурний датчик, що має багато функцій. По суті, DS18B20 — це цілий мікроконтролер, який може зберігати значення вимірювань, сигналізувати про вихід температури за встановлені межі (самі границі можливо встановлювати і змінювати), міняти точність вимірювань, спосіб взаємодії з контролером і багато іншого. Все це в дуже невеликому корпусі, який, до того ж, може бути у водонепроникному виконанні. Зовнішній вигляд та розташування виводів датчика наведено на рисунку 2.7 [5].

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

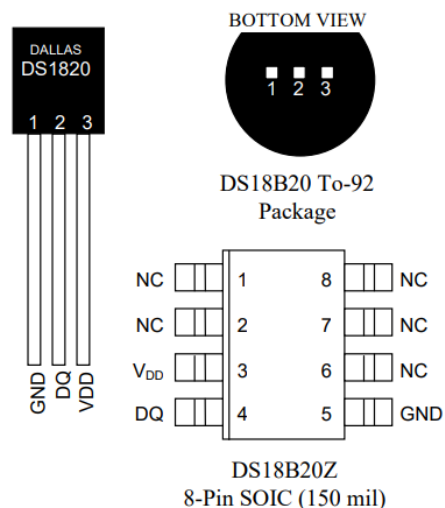


Рисунок 2.7 — Розташування виводів датчика DS18B20 [5]

На рисунку виводи позначено наступним чином:

- GND – земля;
- DQ – введення/виведення даних;
- VDD – живлення;
- NC – не використовується.

Як видно, мікросхема має щонайменше три виводи, з яких для даних використовується тільки один, а два інших – це живлення і земля. Число дротів, необхідних для підключення датчика до контролера, можна скоротити до двох, якщо використовувати схему з паразитним живленням і з'єднати VDD з землею.

Крім цього, особливістю датчика є те, що до одного проводу з даними можна підключити відразу декілька датчиків DS18B20 і в мікропроцесорному контролері при цьому буде задіяний лише один пін.

Розглянемо детальніше технічні характеристики датчика DS18B20 і наведемо їх у таблиці 2.2.

Датчик DS18B20 здатен вимірювати виключно температуру, а у випадку необхідності вимірювання температури та вологості доводиться використовувати додаткові датчики. Як відомо, вимірювання вологості повітря є більш складним процесом, ніж вимірювання температури. Датчики вологості повітря представлені на ринку у значно меншій кількості, порівняно з датчиками температури.

Таблиця 2.2 — Технічні характеристики датчика DS18B20 [5]

Характеристика	Значення
Напруга живлення	Від 3,0 до 5,5 В
Споживаний струм	1,5 мА (робочий режим) 1 мкА (сплячий режим)
Діапазон вимірюваних температур	Від мінус 55 до 125 °С
Роздільна здатність АЦП	Від 9 до 12 біт
Абсолютна похибка	±0,5 °С (в діапазоні від -10 до +85 °С) ±2 °С (в діапазоні від -55 до +125 °С)
Максимальний час повного 12-розрядного перетворення	~750 мс
Інтерфейс	1-Wire

Датчики вологості повітря представлені на ринку у значно меншій кількості, порівняно з датчиками температури. Одним з можливих рішень є застосування датчика роси HDS10, але його недоліком є те, що він реагує на доволі високий рівень вологості, що значно ускладнює його застосування для точного вимірювання вологості повітря в режимі реального часу.

Цю проблему можна вирішити шляхом застосування таких датчиків, що поєднують в собі одночасно і датчик температури, і датчик вологості. Найбільш широкого застосування серед них набули датчики температури та вологості DHT. Вони випускаються у декількох різних версіях, що мають незначні відмінності у точності вимірювань та форм-факторі, проте найбільш широкого застосування набули датчики DHT11 та DHT22. Розглянемо нижче характеристики обох датчиків більш детально.

Датчик температури та вологості DHT11 є цифровим датчиком, що дозволяє, за необхідності, калібрувати вихідний сигнал. Основу датчика складають термістор для вимірювання температури та ємнісний датчик для вимірювання вологості повітря. Крім того, датчик також оснащений аналого-цифровим перетворювачем (АЦП), що дозволяє перетворювати аналоговий вихідний сигнал на цифровий. Зовнішній вигляд датчика DHT11 наведено на рисунку 2.8 [6].



Рисунок 2.8 — Зовнішній вигляд датчика DHT11 [6]

З рисунку видно, що датчик має чотири виводи. Вони мають наступне призначення [6]:

- VCC – живлення;
- Data Out – виведення даних;
- NC – не використовується;
- GND – земля.

Для підключенні датчика DHT11 до мікропроцесорного контролера рекомендується встановити між виводами VCC і Data Out резистор, номіналом 10 кОм. Таке рішення дозволяє підвищити точність вимірювань температури та вологості, завдяки зменшенню електромагнітних наведень. У випадку підключення датчика до плат Arduino це робити не обов’язково, оскільки вони вже містять вбудовані підтягуючі резистори, проте через їх відносно малий опір все одно рекомендується встановлення додаткового резистора 10 кОм [6].

Технічні характеристики цифрового датчика температури та вологості DHT11 наведено у таблиці 2.3 [6].

Таблиця 2.3 — Технічні характеристики датчика DHT11 [6]

Характеристика	Значення
Модель виробника	ASAIR DHT11
Напруга живлення	Від 3,5 до 5,5 В
Діапазон вимірювання температури	Від мінус 20 до 60 °C ± 2%
Діапазон вимірювання вологості	Від 5 до 95% RH ± 5%
Частота опитування (не більше)	1 Гц
Габарити	(15,5×12×5,5) мм

Датчик температури та вологості DHT22 є аналогом DHT11, що відрізняється підвищеною точністю вимірювань [7]. Зовнішньо датчик є аналогічним до DHT11, але його корпус відрізняється більшим розміром, білим кольором і наявністю монтажного отвору у верхній частині. Датчик за замовчуванням має заводське калібрування та відрізняється низьким споживанням енергії. Розташування виводів та схема підключення датчика DHT22 до мікропроцесорного контролера аналогічні до менш точного аналогу – DHT11. Технічні характеристики цифрового датчика температури та вологості DHT22 наведено у таблиці 2.4 [7].

Таблиця 2.4 — Технічні характеристики датчика DHT22 [7]

Характеристика	Значення
Модель виробника	AOSONG DHT22
Напруга живлення	Від 3,6 до 6,0 В
Діапазон вимірювання температури	Від мінус 40 до 80 °C $\pm 0,5\%$
Діапазон вимірювання вологості	Від 0 до 100% RH $\pm 2\%$

До недоліків DHT22 можна віднести його більшу вартість, порівняно з DHT11. Відомі також інші аналоги розглянутих датчиків DHT, які вони не отримали такого широкого практичного застосування. При цьому, кількість наявної документації та зразків електричних схем та коду програмного забезпечення для датчиків DHT11 та DHT22 значно перевищує будь-який існуючий аналог, виходячи з чого можна зробити висновок про використання саме таких датчиків у більшості проектів на базі мікропроцесорної платформи Arduino, пов'язаних з вимірюванням температури та вологості повітря.

Виходячи з характеристик розглянутих вище датчиків температури, що можуть використовуватись у системах автоматизованого регулювання температури у приміщеннях, можна зробити висновок про використання певного датчика. Як було зазначено вище, сучасні інтелектуальні системи клімат-контролю часто вимірюють вологість повітря, оскільки вона має певний вплив на теплоту, на рівні з температурою повітря. Отже, доцільно розглядати використання датчиків температури та вологості. Таке рішення дозволить

отримувати більше даних про поточний стан повітря у приміщенні, підвищити точність контролю температури та зробить можливим розширення системи системами зволоження або осушення повітря.

Таким чином, можна дійти висновку про доцільність застосування одного з двох датчиків: DHT11 або DHT22. Вони дозволяють вимірювати температуру та вологість повітря, добре задокументовані та часто застосовуються у поєднанні з мікропроцесорною платформою Arduino. Датчики мають однакову схему підключення і використовують одну бібліотеку для розробки програмного забезпечення, що дозволяє легко замінити один датчик іншим.

Прийнято рішення про доцільність використання датчика DHT11, що має нижчу вартість, порівняно з DHT22. За технічними характеристиками, можна зробити висновок, що такого датчика достатньо для оптимального керування температурою у будівлі. У випадку застосування декількох датчиків, більш дешевий DHT11 дозволить знизити собівартість системи. При цьому залишається можливість подальшого доопрацювання та модернізації системи шляхом заміни датчика DHT11 на більш точний DHT22.

Отже, основу мікропроцесорної системи управління температурним режимом у будівлі складатиме датчик температури та вологості DHT11.

2.3 Вибір середовища розробки та мови програмування

Для розробки програмного забезпечення для мікропроцесорної платформи Arduino використовується Arduino IDE. Це програмне забезпечення, що включає в себе інтегроване середовище розробки.

Arduino IDE призначена для написання, компіляції та завантаження власних програм в пам'ять мікроконтролера, встановленого на платі Arduino. Існують версії для операційних систем Windows, MacOS і Linux.

Для того щоб завантажити Arduino IDE для Windows, необхідно перейти на сайт, обрати версію, яка підходить до операційної системи розробника і завантажити інсталяційний файл. Всі необхідні драйвери будуть встановлені автоматично після інсталяції.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програма, написана в середовищі Arduino, називається скетч. Скетч пишеться в текстовому редакторі, який підсвічує кольором створений код. Під час збереження і експорту проекту в області повідомлень з'являється інформація та пояснення помилок. Кнопки панелі інструментів дозволяють перевірити та записати програму, створити відкрити та зберегти скетч. Але не обов'язково встановлювати програму. Можна завантажити ZIP-архів з офіційного сайту і розпакувати його в директорію на жорсткому диску.

Прийнято рішення про використання в якості середовища розробки Arduino IDE версії 2. В цьому інтегрованому середовищі розробки нової версії було введено багато покращень, порівняно з попередньою класичною версією. Arduino IDE 2 є вдосконаленою версією класичної Arduino IDE з підвищеною продуктивністю, покращеним інтерфейсом користувача та багатьма новими функціями, такими як автозавершення, вбудований відлагоджувач (працює не з усіма платами Arduino) і синхронізація ескізів з Arduino Cloud. Arduino IDE 2 є універсальним редактором із багатьма функціями, що надає можливості безпосередньо встановлювати бібліотеки, синхронізувати свої скетчі з Arduino Cloud, відлагоджувати скетчі та багато іншого [8].

Скетчі в Arduino IDE будь-якої версії зберігаються у файлах формату .ino. Назва папки, у якій зберігається скетч, має співпадати з його назвою [8].

Розглянемо графічний інтерфейс користувача Arduino IDE 2 (рисунок 2.9) [8].

Verify/Upload (Перевірити/завантажити) — скомпілювати та завантажити код на плату Arduino.

Select Board & Port (Вибрати плату та порт) — тут автоматично відображаються знайдені плати Arduino разом із номером порту.

Sketchbook (Скетчбук) — тут знаходяться всі скетчі, які локально зберігаються на комп'ютері. Крім того, можливою є синхронізація з Arduino Cloud і отримання скетчів з онлайн-середовища.

Library Manager (Менеджер бібліотек) — перегляд всіх доступних бібліотек Arduino, створених Arduino та її спільнотою.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

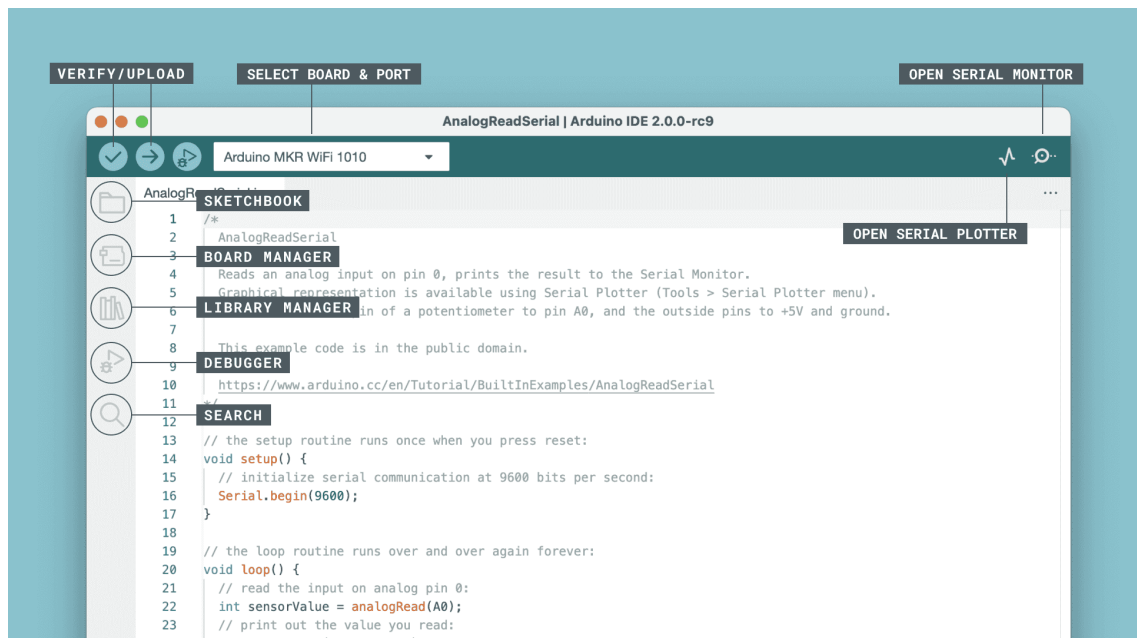


Рисунок 2.9 — Графічний інтерфейс Arduino IDE 2 [8]

Board Manager (Менеджер плат) — перегляд плат Arduino та сторонніх розробників, підтримку яких можна встановити. Наприклад, використання плати MKR WiFi 1010 вимагає встановленого пакету Arduino SAMD Boards.

Debugger (Відлагоджувач) — тестування та відлагодження програм в режимі реального часу.

Search (Пошук) — пошук ключових слів у коді.

Open Serial Monitor (Відкрити серійний монітор) — відкриває інструмент серійного монітора як нову вкладку на консолі.

Середовище розробки Arduino IDE є проектом з відкритим вихідним кодом і може бути безкоштовно завантажене з офіційного сайту або з офіційного репозиторію GitHub.

Вибір мови програмування в даному випадку залежить від середовища розробки. В Arduino IDE використовується мова розробки Wiring, заснована на об'єктно-орієнтованій мові програмування C++.

Мова програмування C++ розроблена в 1979 році Б'ярном Страуструпом у підрозділі Bell Laboratories компанії AT&T. Метою створення C++ було доповнення функціональної мови програмування C можливостями, зручними для більш глобальної розробки ПО, зі збереженням при цьому гнучкості,

швидкості та портативності мови С. Разом з тим творці мови С++ прагнули зберегти сумісність цієї мови програмування з мовою С. Зараз мова С++ широко використовується для розробки програмного забезпечення, будучи однією з найпопулярніших мов програмування. З використанням цієї мови можлива розробка операційних систем, різноманітних прикладних програм, драйверів пристроїв, ігор тощо [9].

Wiring являє собою розширену версію С++, призначену для розробки програмного забезпечення для мікропроцесорних контролерів, зокрема для плат Arduino. Мова дозволяє використовувати як бібліотеки, розроблені спеціально для Arduino, так і стандартні функції мови С++. При цьому розробка програмного забезпечення для Arduino є простою і не потребує обов'язкового глибокого вивчення мови С++. Також, за потреби, можливо використовувати асемблерні вставки, що робить код ближчим до низького рівня.

Оскільки мова програмування Wiring підтримується середовищем розробки Arduino IDE за замовчуванням, її застосування є оптимальним для розробки програмного забезпечення для автоматизованої мікропроцесорної системи управління температурним режимом у будівлі.

3 Проектування та реалізація мікропроцесорних систем управління температурним режимом

3.1 Розробка апаратної частини

Розробка апаратної частини системи управління температурним режимом у будівлі передбачає розробку структурної схеми, вибір оптимального апаратного забезпечення та розробку електричної схеми пристрою. В першу чергу необхідно визначити структуру системи, відповідно до її функціоналу. Разом з цим розробляється структурна схема, що відображає основні елементи системи та зв'язок між ними.

Розроблювана система управління температурним режимом у будівлі розглядатиметься у вигляді пристрою, до якого підключається пристрій для нагрівання повітря (опалення) та пристрій для охолодження повітря (кондиціонування). При цьому доцільно реалізувати можливість відображення інформації про поточну температуру та вологість повітря у вигляді, зручному для користувача. Доцільно також додати можливість підключення пристрою до комп'ютера і передачі даних через послідовний порт. Це дозволить відлагоджувати пристрій в процесі розробки та в подальшому доповнити систему графічним інтерфейсом користувача.

Отже, визначимо наступні задачі системи управління температурним режимом у будівлі:

- вимірювання температури повітря;
- вимірювання вологості повітря;
- відображення даних про температуру та вологість;
- включення/виключення опалення;
- включення/виключення кондиціонування;
- відображення даних про режим роботи (опалення/кондиціонування);
- встановлення заданої температури повітря;
- відображення заданої температури повітря;
- передача даних у послідовний порт.

Для реалізації системи управління температурним режимом у будівлі, відповідно до поставлених задач, необхідно в першу чергу розробити структурну схему системи. Вона відображає структуру і взаємозв'язок між основними елементами системи. При цьому кожен елемент представляється у вигляді блоку, а їхня взаємодія позначається стрілками. Структурну схему автоматизованої системи управління температурним режимом у будівлі наведено на рисунку 3.1.

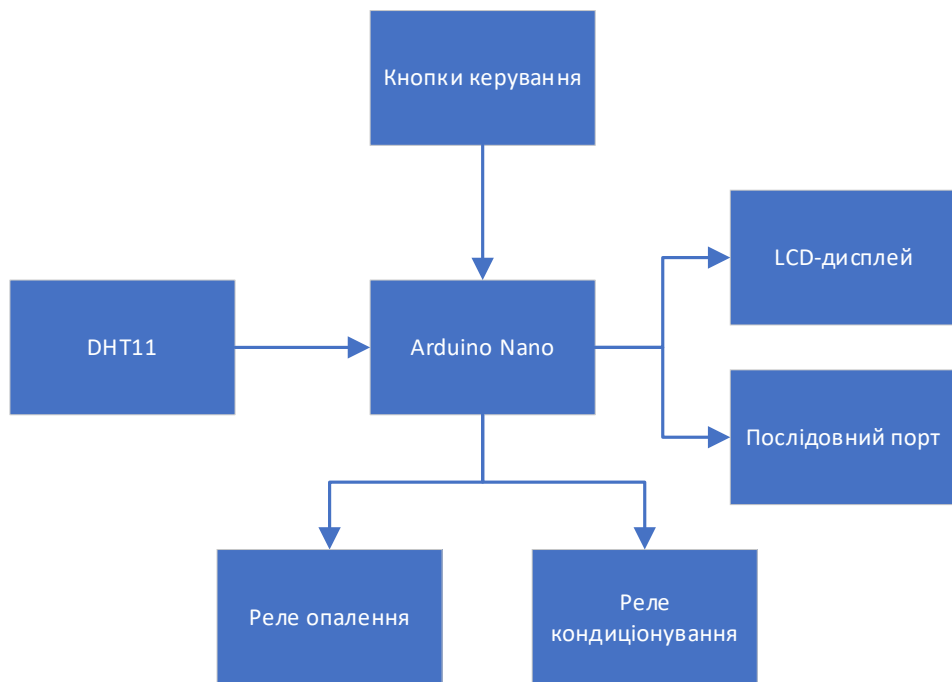


Рисунок 3.1 — Структурна схема

З розробленої структурної схеми видно, що плата Arduino отримує значення поточної температури та вологості повітря від датчика DHT11, а задане значення температури може бути встановлено користувачем за допомогою кнопок. Виміряні параметри та інші повідомлення щодо роботи системи виводяться на LCD-дисплей. Регулювання температури здійснюється переключенням реле для обігрівача та кондиціонера. При цьому кількість датчиків температури може бути збільшена, відповідно до кількості приміщень, але разом з цим має бути збільшена і кількість реле, що керують системами опалення та кондиціонування. Кнопки дозволяють підвищувати або понижувати задану температуру повітря. Отже, кількість кнопок має бути не менше двох.

Відповідно до розробленої структурної схеми, деталізуємо елементи електричної схеми, необхідні для функціонування системи управління температурним режимом у будівлі. Одразу з описом пристрою розглянемо схему його підключення до плати Arduino Nano.

Як було визначено раніше, температура та вологість повітря вимірюватиметься за допомогою датчика DHT11. Це цифровий датчик, який зручно використовувати для одночасного вимірювання температури та вологості повітря. Для його підключення до плати Arduino необхідно з'єднати елементи схеми, відповідно до рисунку 3.2.

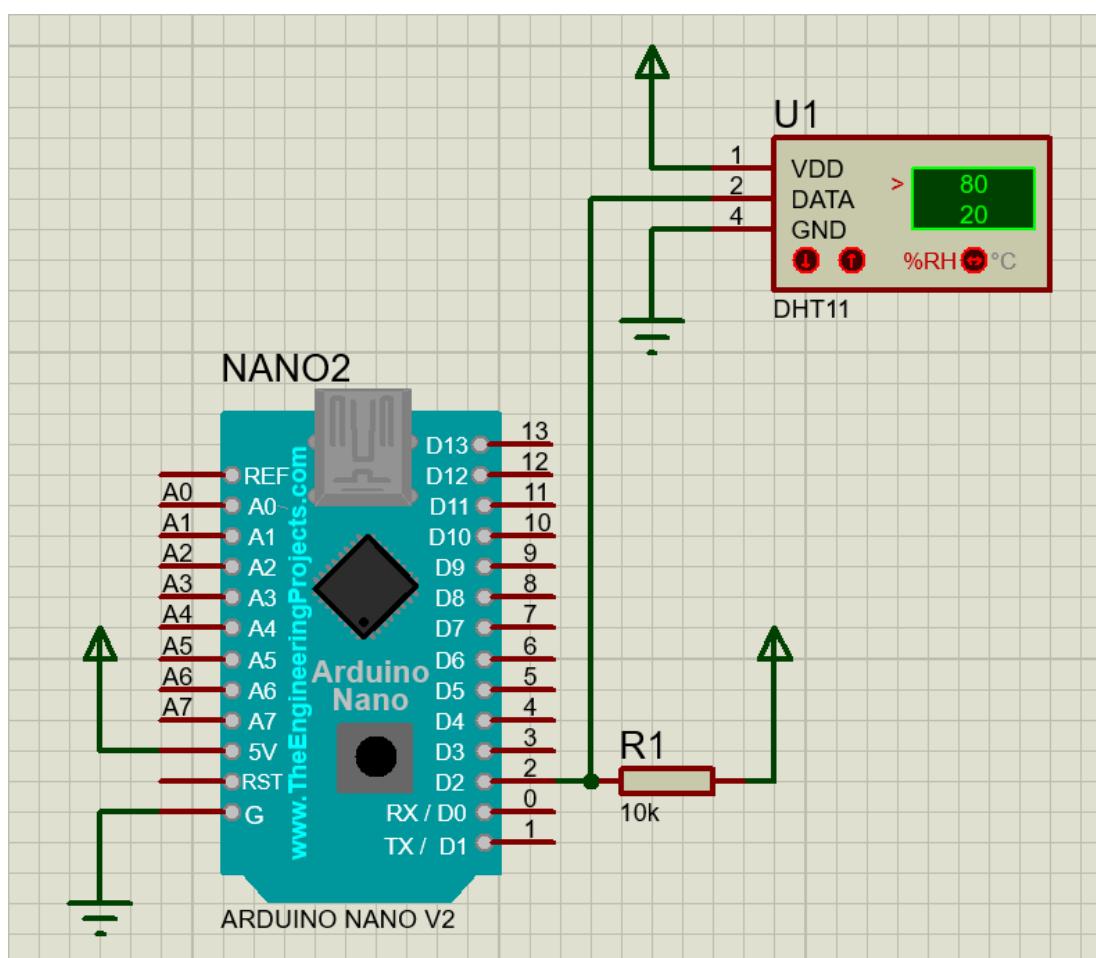


Рисунок 3.2 — Підключення DHT11 до Arduino Nano

Як видно зі схеми, датчик температури та вологості DHT11 (на схемі позначений U1) підключається до Arduino Nano (на схемі NANO2) з використанням трьох виводів: VDD, DATA та GND. До першого підключається живлення (+5 В), другий використовується для передачі даних про поточні

показники температури та відносної вологості повітря, а третій підключається до землі. При цьому до виводу DATA необхідно під'єднати підтягуючий резистор (позначений на схемі R1) номіналом 10 кОм.

У випадку, якби для вимірювання показників температури та вологості повітря використовувався більш точний датчик DHT22, підключення виглядало б аналогічно.

Варто відзначити, що вимірювання температури та вологості в даній схемі є основною задачею, необхідною для ефективного управління температурою.

Для відображення інформації про задану температуру, поточні значення температури та вологості повітря, а також режим роботи системи, у схемі передбачено LCD-дисплей. Було прийнято рішення про доцільність використання дисплею, що має два рядки для виведення тексту та світлодіодне підсвічування. Через велику кількість виводів дисплею, для його підключення до плати Arduino Nano зручно використовувати I2C-драйвер. I2C — це послідовна асиметрична шина зв'язку між інтегральними схемами електронних пристроїв, що використовує дві двонаправлені лінії зв'язку (SDA і SCL) та застосовується для з'єднання низькошвидкісних периферійних компонентів з процесорами та мікропроцесорними контролерами. Тому для розробки системи управління температурним режимом у будівлі було обрано дисплей LCD1602 з I2C-драйвером на базі мікросхеми PCF8574 та світлодіодним підсвічуванням. Дисплей дозволяє виводити текст у два рядки по шістнадцять символів у кожному (відображення до 32 символів одночасно). Напруга живлення дисплею становить 5 В [10]. Схема підключення LCD-дисплею з I2C-драйвером наведена на рисунку 3.3.

З рисунку видно, що вивід SCL необхідно підключити до виводу A5, а вивід SDA — до виводу A4 плати Arduino. Це обумовлено розташуванням виводів SDA та SCL на платі Arduino Nano.

Для здійснення керування температурним режимом система має вмикати або вимикати відповідні електроприлади, призначені для нагрівання або охолодження повітря у приміщеннях.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

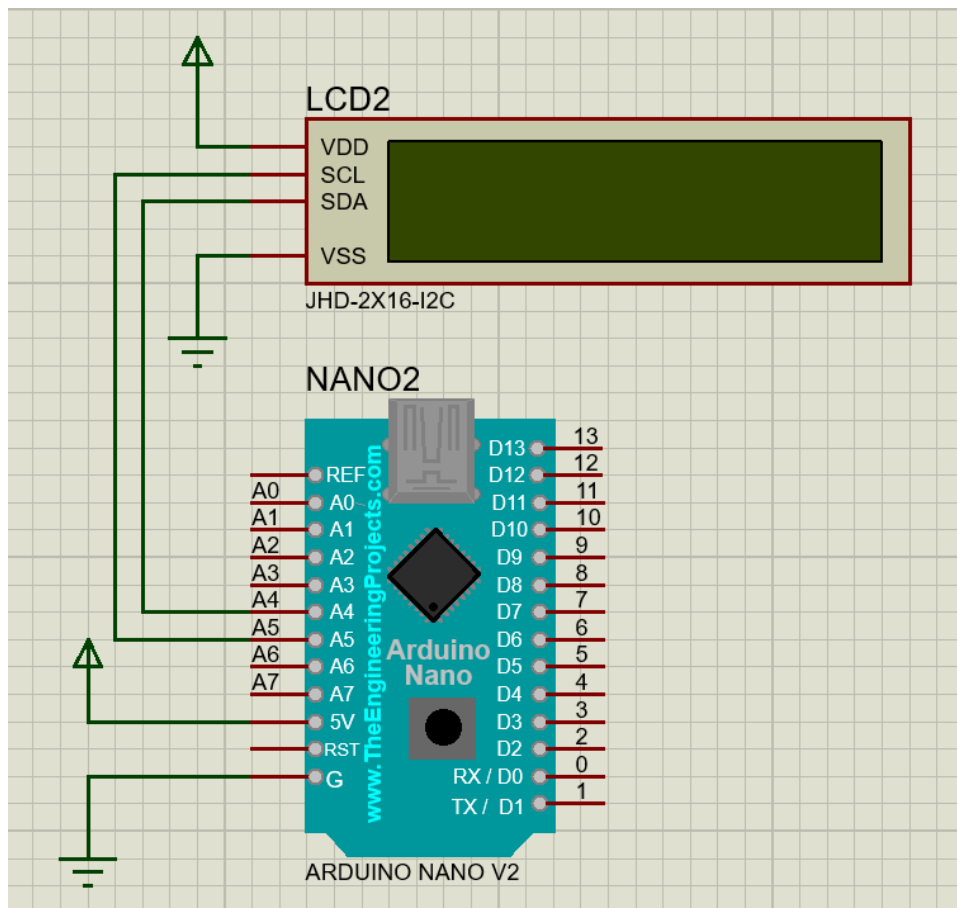


Рисунок 3.3 — Підключення LCD-дисплею до Arduino Nano

Для цього у схемі необхідно застосовувати реле, що дозволяє керувати потужним навантаженням. У схемі має бути передбачено реле для системи опалення та для системи кондиціонування, які вмикатимуться відповідно до заданого алгоритму. Схема підключення реле до плати Arduino Nano наведена на рисунку 3.4.

Зі схеми видно, що для керування включенням або виключенням навантаження використовуються дискретні виводи плати Arduino. Схема підключення призначена для модулю реле для Arduino, на вхід якого подається дискретний сигнал 5 В, а на виході підключається навантаження 220 В. При цьому максимальна сила струму, з якою працює реле, має відповідати потужності навантаження. Наприклад, у випадку, коли електричний обігрівач має потужність 1 кВт, максимально допустима сила струму має становити 5 А і більше.

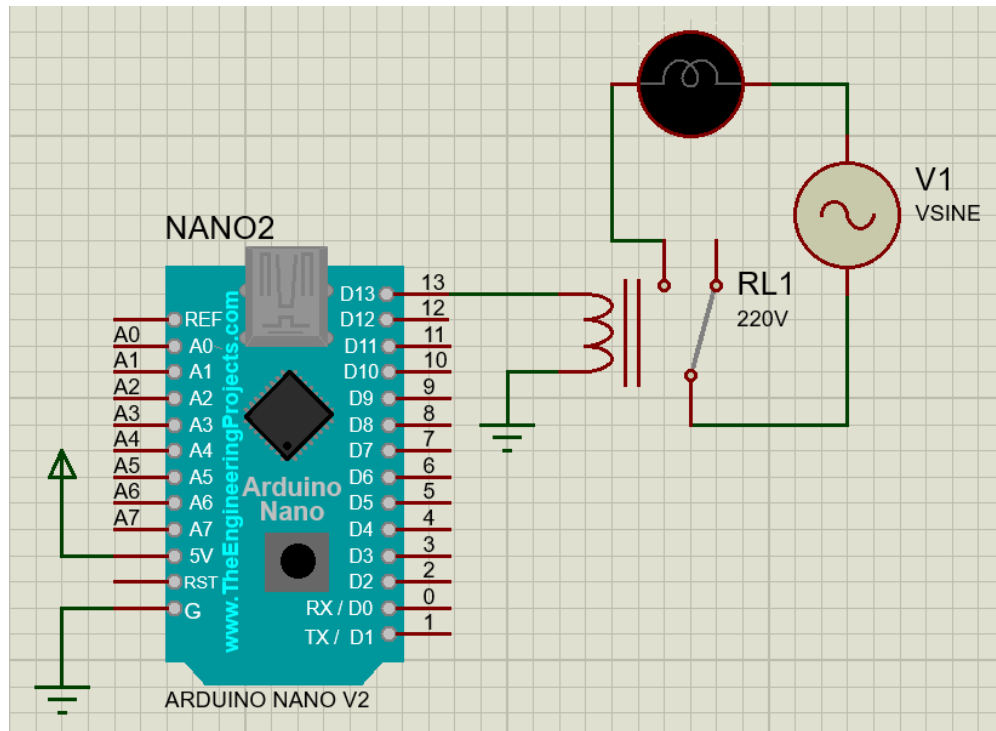


Рисунок 3.4 — Підключення реле до Arduino Nano

На схемі, наведеній на рисунку 3.4, реле позначено RL1 і підключено до дискретного виводу D13. V1 — джерело живлення 220 В, призначене для живлення системи опалення (обігрівача) або системи кондиціонування (кондиціонера). Коли на 13 виводі плати Arduino буде високий рівень сигналу, реле замикатиметься і система опалення або кондиціонування почне працювати.

Для управління системою користувач може використовувати кнопки. Прийнято рішення включити до схеми три кнопки: дві для підвищення та пониження рівня заданої температури та одну функціональну. Підключення кнопок потребує використання підтягуючих резисторів для уникнення хибних спрацьовувань.

Отже, визначивши структуру схеми, підібравши елементи та розглянувши їх підключення до плати Arduino Nano, можна перейти до розробки електричної схеми автоматизованої системи управління температурним режимом у будівлі. Для цього необхідно з'єднати всі елементи схеми між собою, враховуючи особливості підключення кожного з них, розглянуті вище.

Таким чином, розроблена апаратна частина системи складатиметься з плати Arduino Nano на базі мікропроцесорного контролера ATmega328,

цифрового датчика температури та відносної вологості повітря DHT11, LCD-дисплею LCD1602 з I2C-інтерфейсом на базі мікросхеми PCF8574, двох реле для напруги навантаження 220 В і сили струму до 10 А, трьох тактових кнопок, що дозволяють здійснювати керування системою, в тому числі підвищувати або понижувати задану температуру повітря у приміщенні. Апаратна реалізація системи регулювання температури у будівлі наведена на рисунку 3.5.

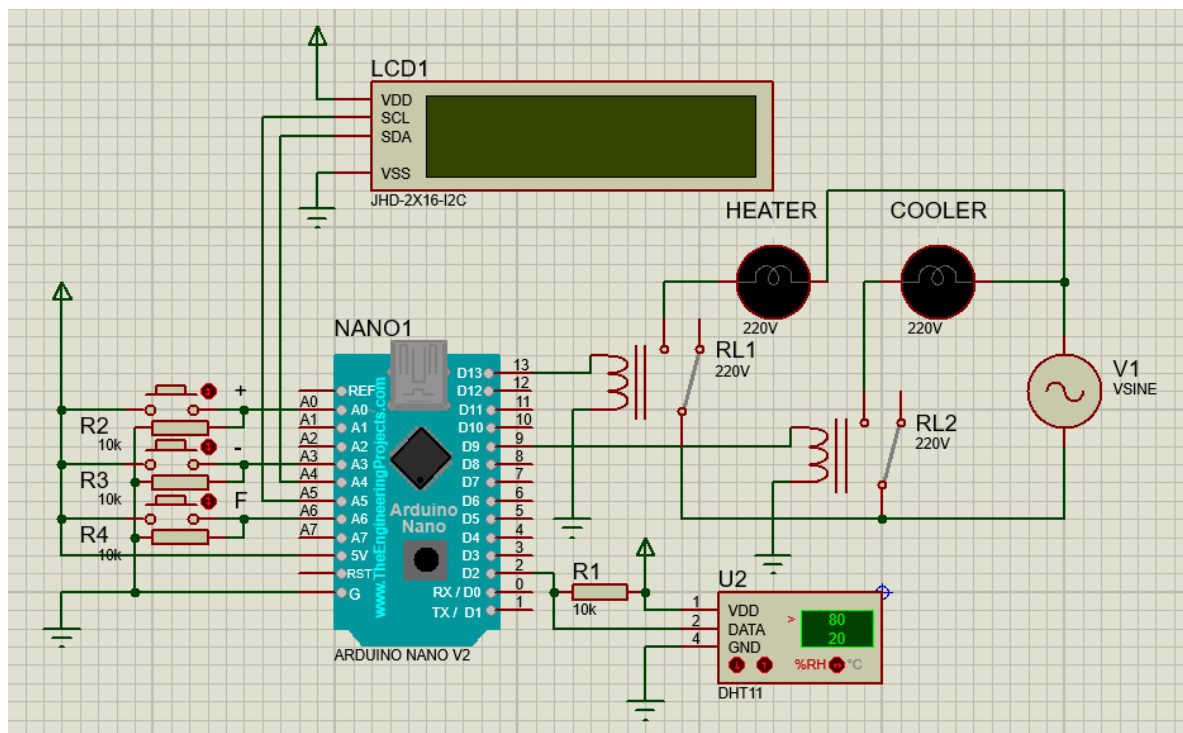


Рисунок 3.5 — Апаратна реалізація системи управління температурним режимом у будівлі

3.2 Розробка алгоритмів управління температурою

Спроектувавши апаратне забезпечення системи управління температурним режимом у будівлі, необхідно розробити програмне забезпечення для мікропроцесорного контролера, за допомогою якого здійснюватиметься керування. Це програмне забезпечення визначає, як саме буде здійснюватися вимірювання поточної температури та вологості повітря, та в яких випадках буде вмикатись опалення, а в яких кондиціонування. Роботу програмного забезпечення можна описати різними способами. Найчастіше

використовуються текстові описи алгоритмів та діаграми. До діаграм відносяться як звичайні блок-схеми, так і різноманітні UML-діаграми.

Спираючись на визначений раніше функціонал автоматизованої мікропроцесорної системи управління температурним режимом у будівлі, розглянемо UML-діаграму прецедентів використання (Use-case). Ця діаграма відображає можливості використання апаратного або програмного забезпечення системи, візуалізуючи їх у вигляді блоків. Такий підхід дозволяє спростити визначення алгоритму роботи системи та подальшу розробку програмного забезпечення. Розроблена діаграма Use-case наведена на рисунку 3.6.

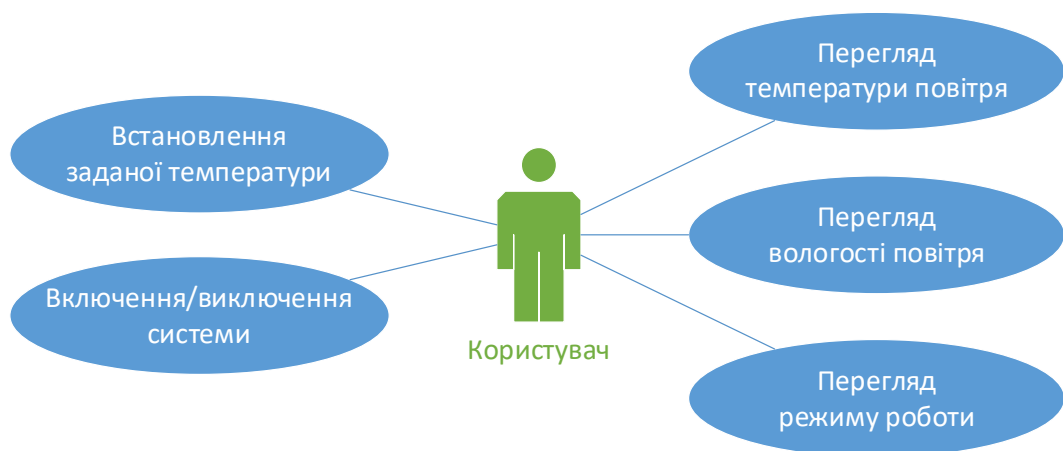


Рисунок 3.6 — діаграма прецедентів використання

Як видно з діаграми, користувач має можливість включати або виключати систему, встановлювати значення заданої температури та переглядати інформацію про роботу системи, таку як поточна температура повітря, відносна вологість повітря та режим роботи системи (опалення, кондиціонування або очікування). При цьому передбачається, що перегляд може здійснюватися двома способами: на дисплеї або шляхом виведення у послідовний порт.

Для розробки програмного забезпечення для конкретної апаратної платформи в першу чергу потрібно створити алгоритм, який буде визначати послідовність дій та функцій, що будуть виконуватись в процесі роботи системи. Розробляти алгоритм зручно, спираючись на створену раніше діаграму прецедентів використання, що дозволяє врахувати всі потреби користувача.

Алгоритми є важливим елементом програмування, оскільки вони дозволяють розбивати складні задачі на більш прості послідовні кроки. Це дозволяє спростити процес програмування та забезпечити більш точну та ефективну роботу програмного забезпечення. Використання алгоритмів дозволяє розробникам більш чітко розуміти процес вирішення тієї чи іншої задачі та забезпечити його ефективність.

В рамках роботи програмне забезпечення розробляється виключно для мікропроцесорного контролера, проте припускається можливість модернізації. Алгоритм роботи системи можна описати наступним чином:

- Ініціалізація портів введення/виведення.
- Ініціалізація датчика DHT11.
- Ініціалізація LCD-дисплею.
- Ініціалізація послідовного порту.
- Отримання значення заданої температури.
- Отримання значення поточної температури у приміщенні.
- Обчислення різниці температур та прийняття рішення про обігрів або охолодження.
- Виведення показників температури та вологості повітря, а також обраного режиму роботи на дисплей.
- Відправлення показників температури та вологості повітря, а також обраного режиму роботи системи у послідовний порт.
- Включення або виключення відповідного реле.

При цьому операції з ініціалізації (пункти 1–4) виконуються лише один раз під час запуску системи, а всі наступні операції (пункти 5–10) виконуються циклічно протягом всього часу роботи системи управління температурним режимом у будівлі.

Алгоритми зручно представляти у вигляді блок-схем, що більш чітко та наочно відображають виконання програми. Блок-схеми дозволяють розглянути роботу системи більш детально, відображаючи умови, цикли, введення та виведення інформації тощо. Розроблена блок-схема алгоритму роботи

мікропроцесорної системи управління температурним режимом у будівлі наведена на рисунку 3.7.

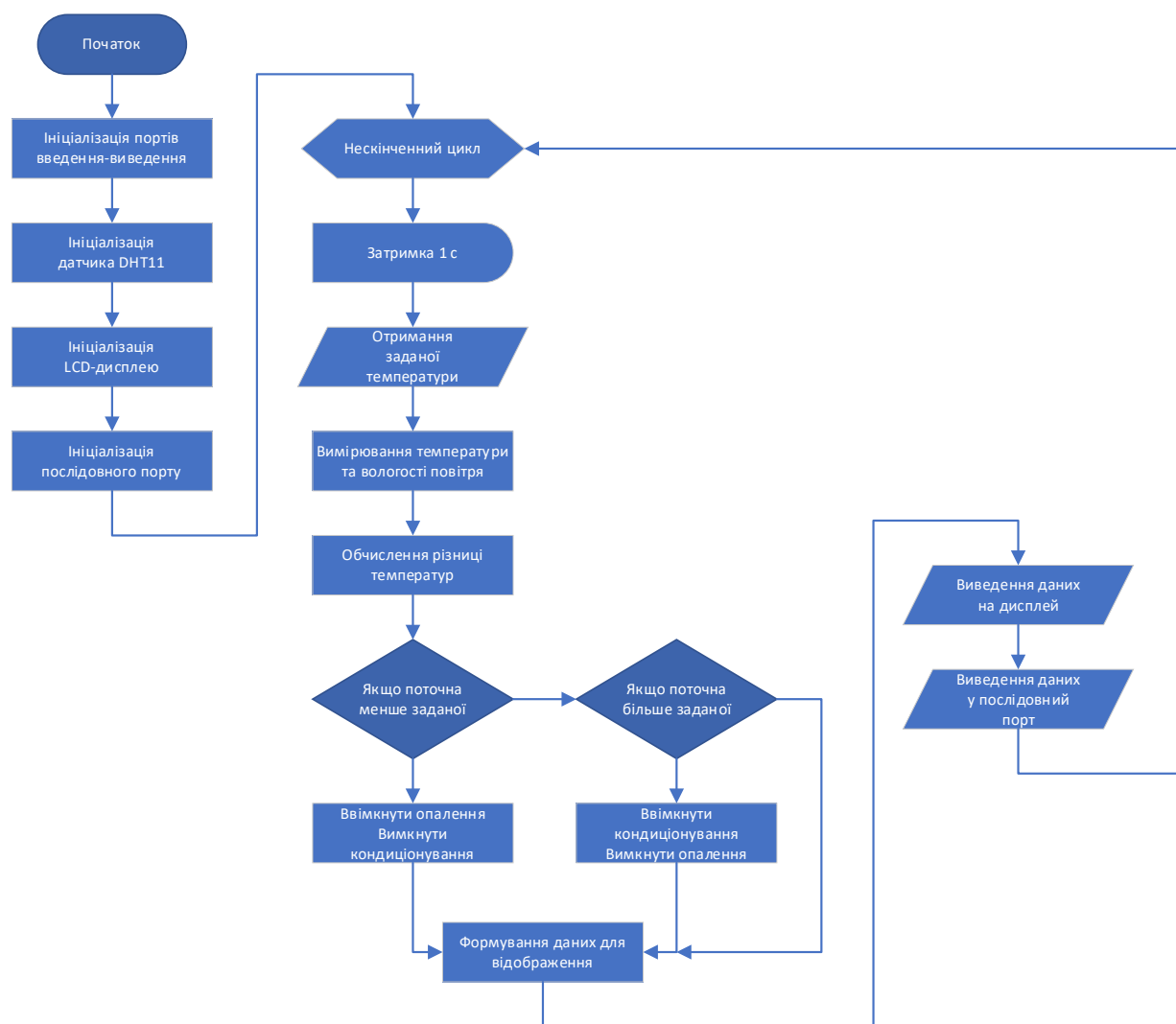


Рисунок 3.7 — Блок-схема алгоритму роботи системи

Як видно з наведеної блок-схеми, система управління температурним режимом одноразово виконує ініціалізацію портів введення виведення, датчика температури та вологості повітря DHT11, дисплею та послідовного порту, після чого у нескінченному циклі із затримкою в 1 секунду виконує вимірювання показників температури та вологості повітря, приймає від користувача задане значення температури та порівнює поточну температуру із заданою. Якщо задана температура менша – вмикається кондиціювання, якщо вища – опалення.

3.3 Написання програмного забезпечення

Програмне забезпечення для системи управління температурним режимом у будівлі розробляється у середовищі Arduino IDE з використанням стандартної для Arduino мови програмування, заснованої на Wiring та C++. З метою спрощення процесу розробки програмного забезпечення для Arduino, існує дуже велика кількість як стандартних, так і сторонніх бібліотек, що реалізують класи, набори функцій тощо. Підключення бібліотек так само, як і в мові програмування C++, здійснюється шляхом підключення файлу з розширенням «.h».

Датчик DHT11 та LCD-дисплей в даному випадку можна розглядати як модулі, що підключаються до плати Arduino Nano. Для роботи з модулями в Arduino IDE передбачений набір бібліотек. В тих випадках, коли стандартних бібліотек стає недостатньо, можливо встановлювати сторонні бібліотеки. Їхнім джерелом може бути як вбудований в IDE менеджер бібліотек, так і сторонні ресурси, наприклад, GitHub. У більшості випадків можливостей вбудованого менеджера бібліотек достатньо для того, щоб знайти всі необхідні для розробки програмного забезпечення Arduino компоненти.

Для роботи з датчиком температури та вологості повітря DHT11 та LCD-дисплеєм LCD1602 через I2C необхідно використовувати спеціальні бібліотеки, що підключаються у вигляді заголовкових файлів.

```
#include "DHT.h"
```

```
#include "DFRobot_RGBLCD1602.h"
```

Після підключення бібліотек необхідно ввести константи та глобальні змінні, що будуть використовуватись системою в процесі роботи. Ці константи використовуватимуться для ініціалізації датчика температури та вологості, а також LCD-дисплею. У глобальних змінних зберігатимуться значення заданої температури повітря та вологості.

```
#define DHTPIN 2 // Пін, до якого підключений модуль DHT22
```

```
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
```

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
// Константи, необхідні для коректної роботи бібліотеки LCD
const int colorR = 255;
const int colorG = 0;
const int colorB = 0;
int tc = 20; // Задана температура за замовчуванням
int tt = 1; // Допустиме перерегулювання (градуси)
int work = 0; // Режим роботи (0 - очікування, 1 - опалення, -1 -
кондиціонування)
```

Після введення констант та глобальних змінних виконаємо ініціалізацію датчика DHT11 та LCD-дисплею, після чого оголосимо режим роботи портів та ініціалізуємо роботу з послідовним портом. Для ініціалізації в Arduino використовується функція `setup()`. Вона виконується лише один раз, під час запуску системи.

```
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Ініціалізація DHT11
DFRobot_RGBLCD1602 lcd(16, 2); // Ініціалізація дисплею
void setup() {
    pinMode(A0, INPUT); // Збільшення температури
    pinMode(A3, INPUT); // Зменшення температури
    pinMode(A6, INPUT); // Функціональна кнопка
    pinMode(13, OUTPUT); // Керування опаленням
    pinMode(9, OUTPUT); // Керування кондиціонуванням
    Serial.begin(9600);
    dht.begin(); // Початок роботи з датчиком DHT11
    lcd.init(); // Ініціалізація дисплею
    lcd.setRGB(colorR, colorG, colorB); // Налаштування дисплею
    Serial.println("START"); // Повідомлення про запуск системи
}
```

Після виконання ініціалізації описується функція `loop()`, що являє обою нескінченний цикл, що постійно виконується під час роботи системи. В цій

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

функції здійснюватиметься вимірювання температури та вологості повітря, визначення керуючого впливу та виведення даних на дисплей та у послідовний порт.

```
void loop() {  
    delay(1000); // Оновлення даних здійснюється кожену секунду  
    // Визначення показників температури та вологості повітря  
    float t = dht.readTemperature();  
    float f = dht.readHumidity();  
    if(digitalRead(A0) == HIGH) { // Якщо натиснули кнопку +  
        tc++;  
    } else if(digitalRead(A3) == HIGH) { // Якщо натиснули кнопку -  
        tc--;  
    } else if(digitalRead(A6) == HIGH) { // Якщо натиснули кнопку F  
        tc = 20;  
    }  
    if(t > (tc + tt)) { // Якщо температура більше заданої  
        work = 1;  
        digitalWrite(9, HIGH);  
        digitalWrite(13, LOW);  
    } else if(t < (tc - tt)) { // Якщо температура менше заданої  
        work = -1;  
        digitalWrite(13, HIGH);  
        digitalWrite(9, LOW);  
    } else { // Інші випадки (температура в допустимих межах)  
        work = 0;  
        digitalWrite(9, LOW);  
        digitalWrite(13, LOW);  
    }  
    // Формування тексту про режим роботи  
    String txt = "0";
```

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

if(work > 0)
    txt = "-";
else if(work < 0)
    txt = "+";
// Встановлення курсору у перший рядок
lcd.setCursor(0, 0);
// Перевірка
if (!isnan(t) && !isnan(f)) {
    lcd.print(String("Air: ") + t + String(" C ") + f + String(" %")); // Виведення
значення температури
}
// Встановлення курсору у другий рядок
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(String("Ctrl: ") + tc + String(" C ") + txt); // Виведення даних про
роботу
// Формування рядку
String port = String("Air: ") + t + String(" C ") + f + String(" %");
// Передача даних у послідовний порт
Serial.println(port);
}

```

Як видно з наведеного програмного коду, система робить затримку в одну секунду для коректної роботи датчика DHT11, отримує значення заданої температури: кнопка + збільшує температуру, кнопка – зменшує, а кнопка F встановлює значення температури за замовчуванням. При цьому введено додаткову константу, що визначає допустиме перерегулювання – тимчасовий вихід за межі регульованого параметра, необхідний для коректної роботи системи та зменшення енерговитрат на часті переключення електроприладів, якими здійснюється опалення та кондиціонування у приміщенні.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

У випадку використання декількох датчиків (робота в декількох приміщеннях), було б необхідно розширити програмний код обробкою даних від кожного датчика DHT11 окремо та додати керування більшою кількістю реле.

Після завершення розробки програмного забезпечення необхідно виконати компіляцію та завантажити програму в мікропроцесорний контролер. Для цього також використовується Arduino IDE.

3.4 Тестування та відлагодження системи

Після розробки апаратного та програмного забезпечення системи управління температурним режимом у будівлі необхідно провести її тестування. Для цього можна використовувати як реальні пристрої, так і імітаційні моделі. Найзручніше використовувати останні, оскільки це не потребує витрат ресурсів та часу на збирання реальних пристроїв. При цьому спеціалізоване програмне забезпечення дозволяє відстежувати всі параметри електричної схеми в режимі реального часу та спостерігати за зміною їх станів. Проте існує також інший варіант — використання макетних плат і відлагодження з використанням послідовного порту. Це стає можливим завдяки реалізації у системі виведення даних про показники температури та відносної вологості повітря у послідовний порт.

Для зручного виконання процесу тестування та відлагодження системи прийнято рішення скористатись середовищем комп'ютерного моделювання Proteus. В першу чергу необхідно обрати стандартний порожній проект, без жодних додаткових опцій під час початкового налаштування. Одразу після створення проекту необхідно перевірити наявність необхідних модулів. Для цього треба відкрити стандартну бібліотеку і, користуючись пошуком, знайти необхідні модулі. У Proteus за замовчуванням відсутні плати Arduino, тому перш ніж перейти до створення моделі, необхідно встановити всі необхідні компоненти. Для цього необхідно знайти їх на рекомендованих або сторонніх сайтах. Плату Arduino Nano вдалося знайти на неофіційному ресурсі. Для встановлення необхідно перейти в меню «Libraries» та обрати пункт «Import

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Parts». Одразу після встановлення всі компоненти мають стати доступними у стандартній бібліотеці компонентів Proteus. Проте варто пам'ятати, що використання нестандартних компонентів в деяких випадках може призвести до некоректної роботи моделі або навіть повної її непрацездатності.

Для тестування системи необхідно скласти її електричну схему (рисунок 3.5) та прошити контролер. Прошивка формується у форматі .hex під час компіляції вихідного коду в Arduino IDE.

Після збирання електричної схеми та прошивки мікропроцесорного контролера стає можливим виконання моделі. Для цього використовується відповідна кнопка у нижній частині вікна Proteus. В результаті роботи моделі дані виводяться як на LCD-дисплей, так і у послідовний порт. Процес тестування системи наведено на рисунку 3.8.

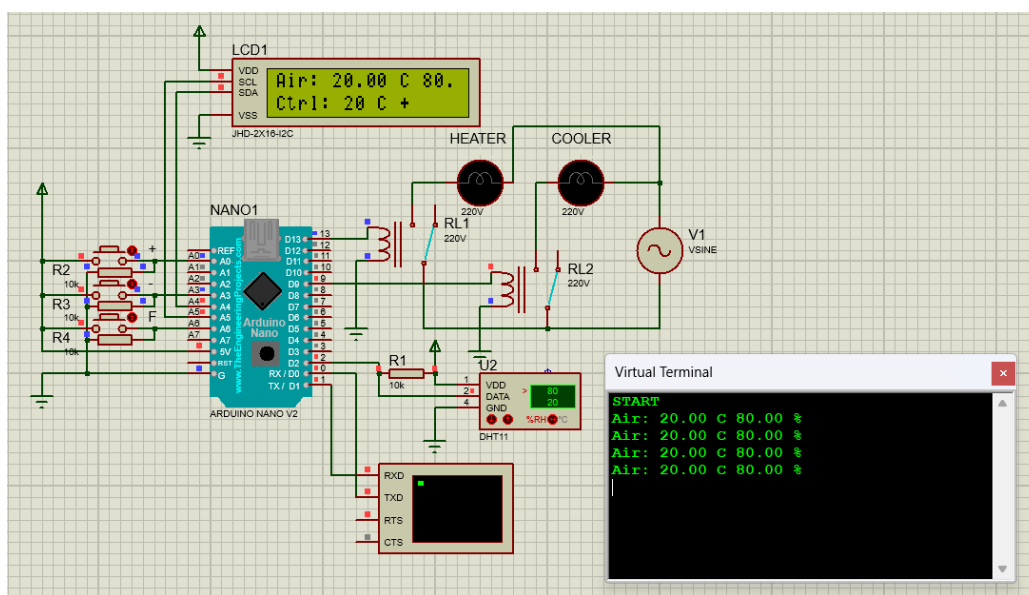


Рисунок 3.8 — Тестування роботи системи у середовищі Proteus

В результаті проведення тестування було встановлено, що система працює коректно, відповідно до всіх вимог. Всі дані виводяться на дисплей та у послідовний порт. Реле спрацьовують під час виконання умов для переключення.

Висновки

В результаті виконання бакалаврського дипломного проекту було розроблено ефективну систему управління температурним режимом у будівлі на базі мікроконтролерної платформи Arduino, використовуючи плату Arduino Nano. Проведено детальний аналіз існуючих аналогічних систем, визначено основні задачі та вимоги до розроблюваної системи, що включало ретельний підбір апаратного та програмного забезпечення. На основі цього було створено комплексне рішення, яке включає електронну схему та програмне забезпечення, що забезпечують надійне та точне керування температурними параметрами у приміщеннях. Завдяки реалізації даної системи, вдалося підвищити енергоефективність та комфортність середовища, демонструючи високий рівень інтеграції сучасних технологій у повсякденне життя.

Ключовим елементом розробки стало використання Arduino Nano, який забезпечив необхідну обчислювальну потужність та гнучкість для адаптації системи під різні вимоги. Особлива увага була приділена зручності користувацького інтерфейсу, що дозволяє легко налаштовувати та контролювати температурні режими навіть користувачам без спеціальних технічних знань.

Окрім цього, була розроблена модульна структура системи, яка дозволяє легко додавати нові датчики та компоненти, забезпечуючи масштабованість та адаптивність до змінних умов експлуатації.

Результати випробувань системи показали її високу ефективність та надійність, а також значне зниження енергоспоживання у порівнянні з традиційними методами управління температурою. Це підтверджує, що впроваджена система має потенціал для широкого використання в умовах сучасного міського середовища, сприяючи підвищенню енергоефективності будівель та створенню комфортних умов для їхніх мешканців і користувачів.

Перелік джерел посилання

1. Розумний термостат Ecobee 3 Lite Smart Wi-Fi Thermostat. NeoSmart Ukraine. URL: <https://neosmart.com.ua/umnoe-upravlenie-klimatom-uk/umnye-termostaty-uk/nastennye-termostaty-uk/umnyy-termostat-ecobee-3-lite-smart-wi-fi-termostat-uk.html>.
2. Механічний терморегулятор MST-1. Grand Meyer. URL: <https://grandmeyer.ua/produktsiya/mechanichnij-termoregulyator-mst-1>.
3. Терморегулятор Terneo st цифровий для теплої підлоги. ТОВ «Епіцентр К». URL: <https://epicentrk.ua/ua/shop/termoregulyator-terneo-st.html>.
4. Nano | Arduino Documentation. Arduino Docs. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>.
5. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer. DALLAS semiconductor. Sparkfun. URL: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temp/DS18B20.pdf>.
6. Датчик вологості та температури DHT11 (V2). Arduino.ua. URL: <https://arduino.ua/prod185-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht11>.
7. Датчик вологості та температури DHT22. Arduino.ua. URL: <https://arduino.ua/prod301-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht22>.
8. Getting Started with Arduino IDE 2. Arduino. URL: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v2/tutorials/getting-started-ide-v2/>.
9. Уроки програмування на C++. aCode. URL: <https://acode.com.ua/uroki-po-cpp/>.
10. LCD 1602 символний дисплей 16x2 (синій). Arduino.ua. URL: <https://arduino.ua/prod169-lcd-1602-simvolnii-displei-16x2-sinii>.
11. Підключення датчика температури до Raspberry Pi. Circuit Basics. URL: <https://www.circuitbasics.com/raspberry-pi-temperature-sensor-tutorial/>.
12. Датчик температури та вологості DHT22. Adafruit Learning System. URL: <https://learn.adafruit.com/dht>.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13.Температурні датчики типу термопара. Omega Engineering. URL: <https://www.omega.com/en-us/resources/thermocouples> .

14.Цифровий датчик тиску BMP280. Bosch Sensortec. URL: <https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/pressure-sensors/bmp280/>.

15.Моніторинг вологості та температури з Si7021. Silicon Labs. URL: <https://www.silabs.com/documents/public/data-sheets/Si7021-A20.pdf>.

16.Комбінований датчик вологості та тиску BME280. Bosch Sensortec. URL: <https://www.bosch-sensortec.com/products/environmental-sensors/humidity-sensors-bme280/>.

17.Як створити систему моніторингу температури з Arduino. All About Circuits. URL: <https://www.allaboutcircuits.com/projects/build-a-temperature-monitoring-system-with-arduino/>.

18.Порівняння температурних датчиків: який сенсор краще підходить для мого проекту SparkFun. URL: <https://www.sparkfun.com/news/3209>

19.Модуль Wi-Fi ESP8266. Espressif Systems. URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266>.

20.Керівництво з використання датчика температури DS18B20 з Arduino. Random Nerd Tutorials. URL: <https://randomnerdtutorials.com/guide-for-ds18b20-temperature-sensor-with-arduino/>.

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
Кафедра обчислювальної техніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОТ

проф., д.т.н.. Азаров О.Д.

« 06 » _____ 05 _____ 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
“Мікропроцесорна система для управління температурним режимом у
будівлі”
08-54.БДП.010.000.000.ПЗ

Науковий керівник: доцент к.т.н.

Добровольська Н.В. _____

Студент групи 1СП-206

Петришен О.Р. _____

ВНТУ 2024

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.		Підпис	Дата		

1 Підстава для виконання бакалаврського дипломного проекту (БДП)

1.1 Актуальність бакалаврського дипломного проекту «Мікропроцесорна система для управління температурним режимом у будівлі» обумовлена необхідністю підвищення енергоефективності будівель та забезпечення комфортних умов проживання і роботи. З урахуванням сучасних тенденцій у розробці програмного та апаратного забезпечення, така система може знайти широке застосування в різноманітних галузях, де необхідний автоматизований контроль мікроклімату. Такий підхід відкриває перспективи для досліджень і впровадження інноваційних технологій у сучасне суспільство.

1.2 Наказ про затвердження теми БДП.

2 Мета БДП і призначення розробки

2.1 Мета роботи – аналіз сучасного стану і тенденцій розвитку систем автоматизованого контролю мікроклімату та розробка системи автоматизованого контролю температури у приміщенні;

2.2 Призначення розробки – система контролю температури у будівлі призначена для забезпечення комфортного мікроклімату.

3 Вихідні дані для виконання БДП

3.1 Проведення аналізу існуючих систем контролю температури повітря.

3.2 Розробка структури та принципової електричної схеми мікропроцесорної системи керування температурним режимом у будівлі.

3.3 На основі структурних та функціональних схем здійснено моделювання системи, а також написання мікропрограми керуючого мікроконтролера.

4 Вимоги до виконання БДП

Головна вимога — розробка мікропроцесорної системи управління температурним режимом у будівлі.

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.		Підпис	Дата		59

5 Етапи БДП та очікувані результати

Етапи роботи та очікувані результати приведено в Таблиці А.1.

Таблиця А.1 — Етапи БДП

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДП)	11.03.2024	11.03.2024	Сформульована тема проекту
2	Формування та видача завдання БДП	11.03.2024	26.03.2024	Аналітичний огляд джерел, задачі досліджень
3	Виконання оглядової частини БДП. Перший рубіжний контроль виконання БДР	27.03.2024	08.04.2024	Розділ 1
4	Виконання спеціальної частини БДП. Другий рубіжний контроль виконання БДП	09.04.2024	19.05.2024	Розділ 2, розділ 3
5	Попередній захист БДП	20.05.2024	20.05.2024.	ПЗ
6	Нормоконтроль БДП	21.05.2024	05.06.2024	ПЗ, графічний матеріал і презентація
7	Рецензування БДП	05.06.2024	07.06.2024	Оформлені документи

6 Матеріали, що подаються до захисту БДП

До захисту подаються: пояснювальна записка БДП, графічні і ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту БДП на кафедрі, відгук наукового керівника, відгук опонента, протоколи складання державних екзаменів, анотації до БДП українською та іноземною мовами.

7 Порядок контролю виконання та захисту БДП

Виконання етапів графічної та розрахункової документації БДП контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист БДП відбувається на засіданні Екзаменаційної комісії, затвердженої наказом ректора.

8 Вимоги до оформлювання та порядок виконання БДП

8.1 При оформлюванні БДП використовуються:

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.		Підпис	Дата		

— ДСТУ 3008: 2015 «Звіти в сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання»;

— ДСТУ 8302: 2015 «Бібліографічні посилання. Загальні положення та правила складання»;

— ГОСТ 2.104-2006 «Єдина система конструкторської документації. Основні написи»;

— методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт зі спеціальності 123 — «Комп'ютерна інженерія»;

— документи на які посилаються у вище вказаних.

8.2 Порядок виконання БДП викладено в «Положення про кваліфікаційні роботи на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:21».

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.		Підпис	Дата		

Додаток Б

Структурна схема мікропроцесорної системи для управління температурним режимом у будівлі

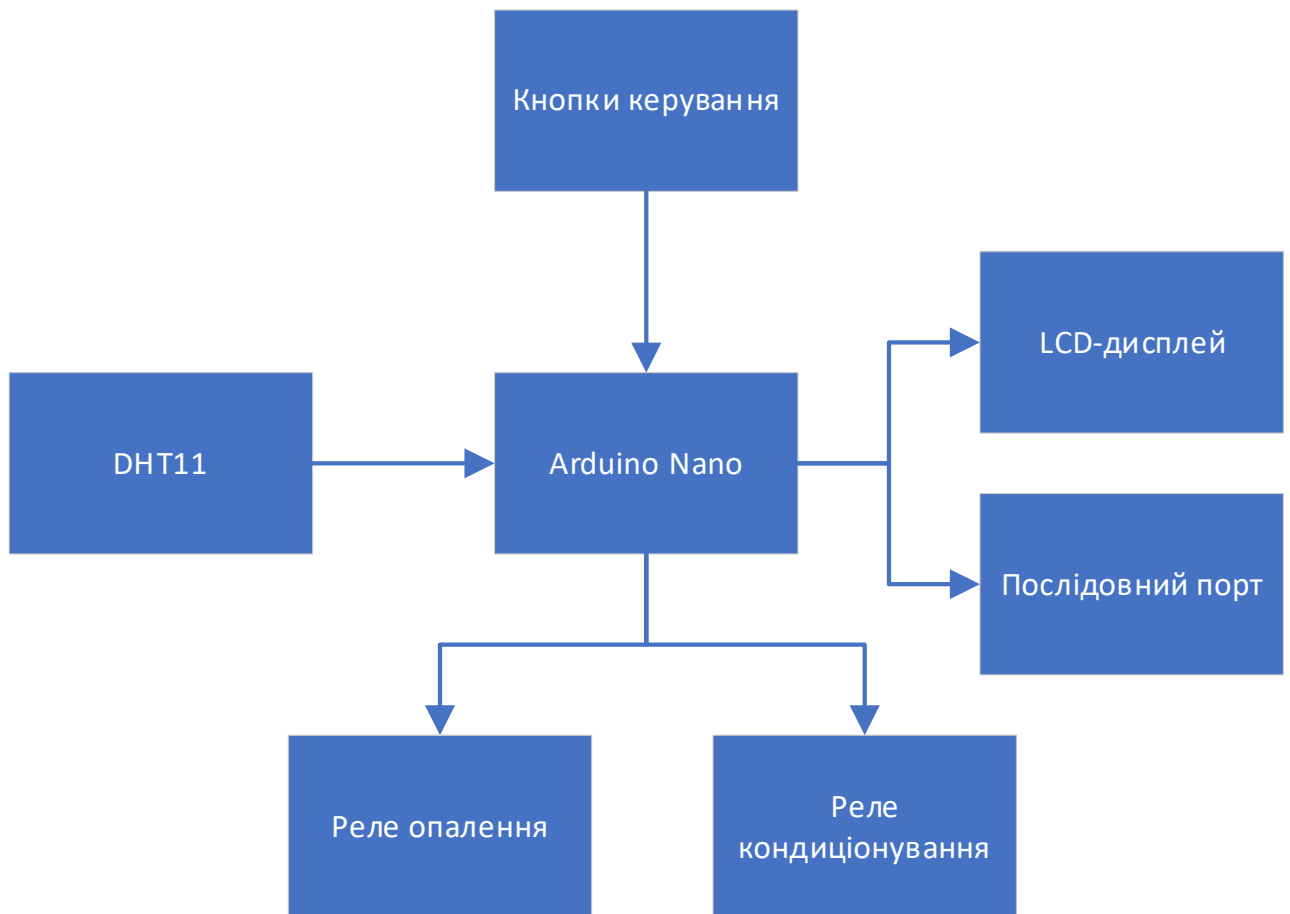


Рисунок Б.1 — Структурна схема мікропроцесорної системи для управління температурним режимом у будівлі

Додаток В

Схема моделі Proteus

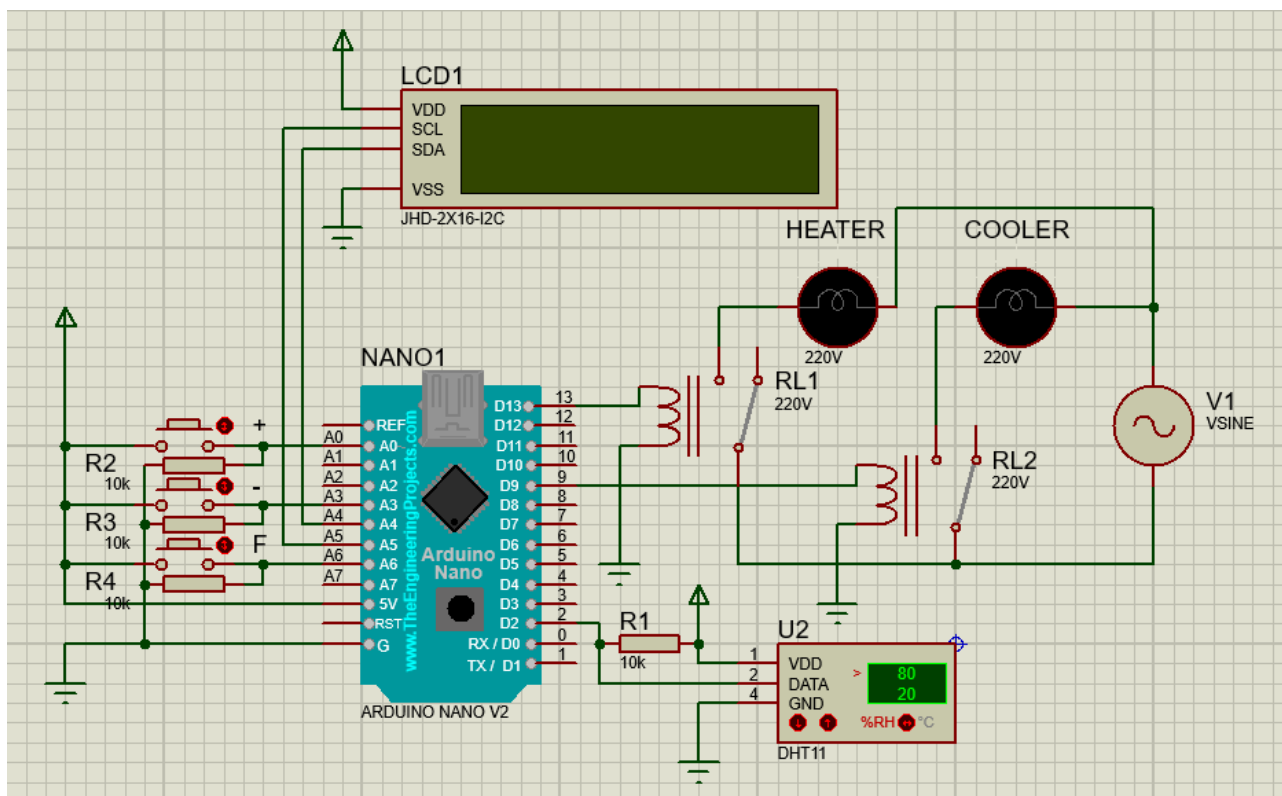


Рисунок В.1 — Схема моделі Proteus

Додаток Г

Блок-схема алгоритму керування

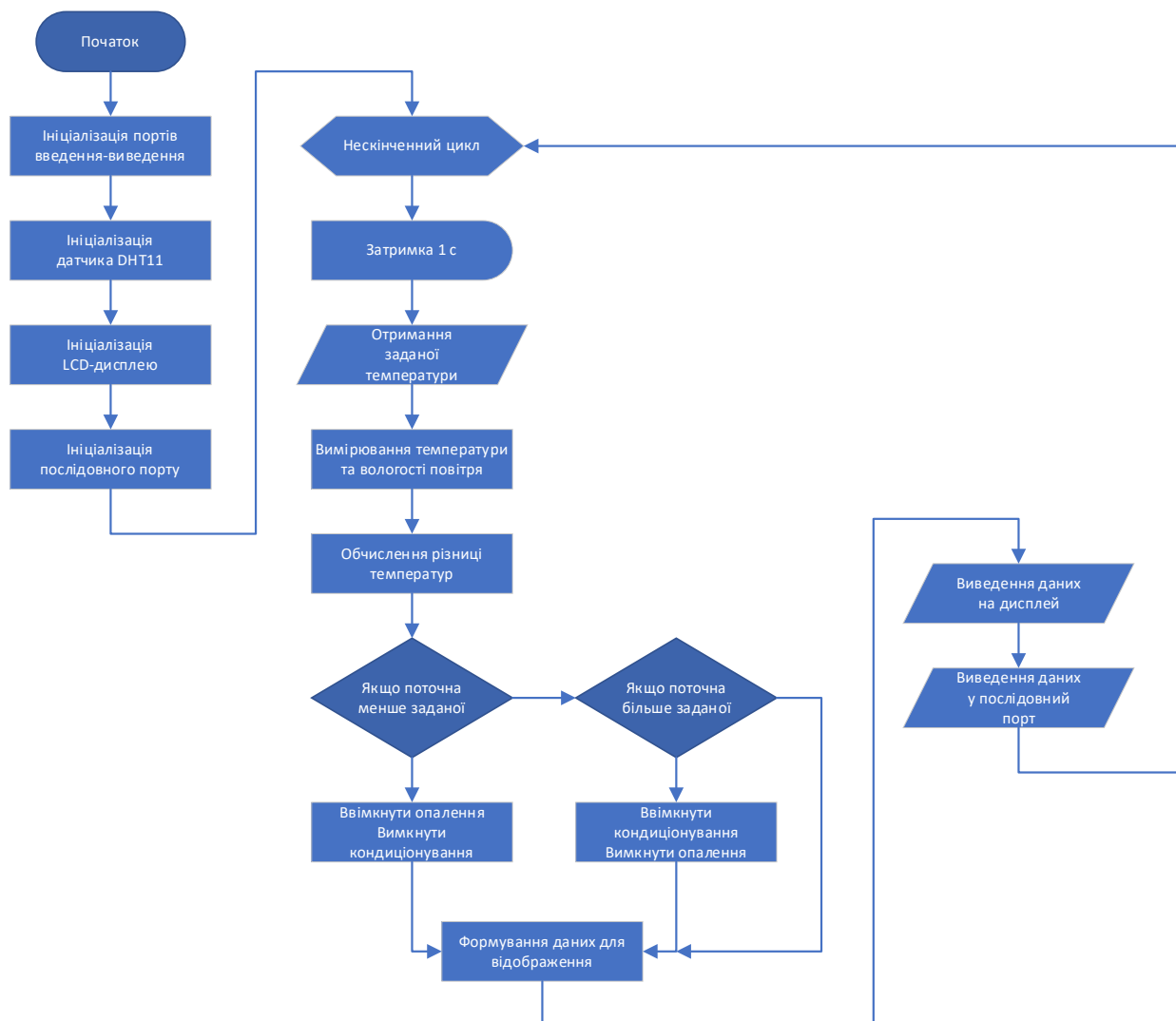


Рисунок Г.1 — Блок-схема алгоритму керування

Додаток Д

Вихідний код програми мікропроцесорного контролера

```
#include "DHT.h"
#include "DFRobot_RGBLCD1602.h"
// Константи
#define DHTPIN 2 // Пін, до якого підключений модуль DHT22
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
// Константи, необхідні для коректної роботи бібліотеки LCD
const int colorR = 255;
const int colorG = 0;
const int colorB = 0;
int tc = 20; // Задана температура за замовчуванням
int tt = 1; // Допустиме перегрівання (градуси)
int work = 0; // Режим роботи (0 - очікування, 1 - опалення, -1 -
кондиціонування)
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); // Ініціалізація DHT11
DFRobot_RGBLCD1602 lcd(16, 2); // Ініціалізація дисплею
void setup()
{
    pinMode(A0, INPUT); // Збільшення температури
    pinMode(A3, INPUT); // Зменшення температури
    pinMode(A6, INPUT); // Функціональна кнопка
    pinMode(13, OUTPUT); // Керування опаленням
    pinMode(9, OUTPUT); // Керування кондиціонуванням
    Serial.begin(9600);
    dht.begin(); // Початок роботи з датчиком DHT11
    lcd.init(); // Ініціалізація дисплею
    lcd.setRGB(colorR, colorG, colorB); // Налаштування дисплею
    Serial.println("START"); // Повідомлення про запуск системи
}
```

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.		Підпис	Дата		65

```

void loop()
{
    delay(1000); // Оновлення даних здійснюється кожну секунду
    // Визначення показників температури та вологості повітря
    float t = dht.readTemperature();
    float f = dht.readHumidity();
    if(digitalRead(A0) == HIGH) // Якщо натиснули кнопку +
    {
        tc++;
    } else if(digitalRead(A3) == HIGH) // Якщо натиснули кнопку -
    {
        tc--;
    } else if(digitalRead(A6) == HIGH) // Якщо натиснули кнопку F
    {
        tc = 20;
    }
    if(t > (tc + tt)) // Якщо температура більше заданої
    {
        work = 1;
        digitalWrite(9, HIGH);
        digitalWrite(13, LOW);
    }
    else if(t < (tc - tt)) // Якщо температура менше заданої
    {
        work = -1;
        digitalWrite(13, HIGH);
        digitalWrite(9, LOW);
    }
    else // Інші випадки (температура в допустимих межах)
    {

```

```

work = 0;
digitalWrite(9, LOW);
digitalWrite(13, LOW);
}
// Формування тексту про режим роботи
String txt = "0";
if(work > 0)
    txt = "-";
else if(work < 0)
    txt = "+";
// Встановлення курсору у перший рядок
lcd.setCursor(0, 0);
// Перевірка
if (!isnan(t) && !isnan(f))
{
    lcd.print(String("Air: ") + t + String(" C ") + f + String(" %")); // Виведення
значення температури
}
// Встановлення курсору у другий рядок
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(String("Ctrl: ") + tc + String(" C ") + txt); // Виведення даних про
роботу
// Формування рядку
String port = String("Air: ") + t + String(" C ") + f + String(" %");
// Передача даних у послідовний порт
Serial.println(port);
}

```

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

					08-54.БДП.010.000.000 ПЗ	Арк.
						68
Зм.	Арк.		Підпис	Дата		