

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
"УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ"
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра електронних систем

САБОВ СЕРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ

**СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ
ТЕМПЕРАТУРОЮ ЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ НА ОСНОВІ
МІКРОКОНТРОЛЕРА ТА СЕНСОРІВ**

Спеціальність 171 Електроніка

Освітня програма Електронні системи

Кваліфікаційна робота
на здобуття освітнього ступеня бакалавра

Науковий керівник:

Спесивих Олександр Олександрович
к.ф.-м.н. доцент кафедри ЕС

Ужгород – 2025

Реєстрація _____

(номер)

« ____ » _____ 2025 р. _____ Тетяна СЕМАК

(підпис)

Кваліфікаційна робота допущена до захисту

Завідувач кафедри

_____ Тарас ЗАЯЦЬ

(підпис)

к.ф.-м.н., доцент

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент _____

(підпис)

_____ (Ім'я, Прізвище)

_____ (науковий ступінь, вчене звання)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедрою,

доц. _____ (Заяць Т. М.)

“ _____ ” _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну бакалаврську роботу
студенту Сабов Сергію Сергійовичу

1. Тема роботи: Створення системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів на основі мікроконтролера та сенсорів.

Затверджена на засіданні кафедри (протокол №__ від _ 2024 р.)

2. Термін закінчення роботи: 8 червня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи.

1) Розробити систему моніторингу та керування температурою електронних компонентів з параметрами:

- Діапазон вимірювання: від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- точність вимірювання температури, не гірше $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- роздільна здатність аналогово-цифрового перетворювача, не менше 12 біт;
- джерело живлення 5 В, потужністю не більше 1 Вт;
- Дисплей типу LCD 16x2;
- передача інформації через IoT-мережу.

4. Зміст роботи (перелік питань, що підлягають розробці).

Анотація роботи.

Пояснювальна записка:

Вступ.

1. Огляд існуючих систем моніторингу та керування температурою;
2. Розробка структурної схеми;
 - 2.1 Розробка принципової схеми;
 - 2.2. Основні розрахунки параметрів електричної схеми;
3. Висновки;
4. Перелік посилань;
5. Додатки:

Додаток А. Структурна схема системи;
Додаток Б. Принципова електрична схема;
Додаток В. Перелік елементів.

5. Консультанти розділів роботи:

| Розділ | Консультант | Підпис, дата | |
|---------------|-------------|----------------|------------------|
| | | Завдання видав | Завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| Нормоконтроль | Папп О.В. | | |

Дата видачі завдання _____ 2024 року.

Керівник роботи _____ (доц. Спесивих О.О.)
(підпис)

Завдання прийняв на виконання _____ (Сабов С.С.)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № п/п | Найменування етапів виконання КБР | Термін виконання етапів | Примітки |
|-------|---|---------------------------|----------|
| 1. | Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень. | до 20.12.2024 року | |
| 2. | Огляд та аналіз аналогів. | до 20.02.2024 року | |
| 3. | Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції. | до 20.02.2024 року | |
| 4. | Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок. | до 20.03.2025 року | |
| 5. | Виготовлення конструкторської документації. | до 20.04.2025 року | |
| 6. | Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи. | до 10.05.2025 року | |
| 7. | Захист на державній екзаменаційній комісії. | Згідно з графіком захисту | |

Студент _____ (Сабов. С.С.)
(підпис)

Керівник роботи _____ (доц. Спесивих О.О.)
(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Створення системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів на основі мікроконтролера та сенсорів»/ УжНУ; Керівник Спесивих О.О.; студент Сабов С.С., група ЕС.

Пояснююча записка: 45 сторінок, 23 рисунки, 4 таблиці, 25 джерел, 4 додатки.

Графічна частина: 2 листи формату А1.

Об'єктом дослідження є процес моніторингу та керування температурою електронних компонентів за допомогою мікроконтролера та сенсорів.

Метою роботи є розробка ефективної системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів, яка забезпечує точний контроль температури, автоматичне регулювання та відображення інформації на дисплеї.

Цей проект спрямований на створення практичного рішення для контролю температури електронних компонентів, що може бути використане в різних галузях для підвищення надійності та ефективності роботи електронних пристроїв.

Ключові слова:

МОНІТОРИНГ ТЕМПЕРАТУРИ, МІКРОКОНТРОЛЕР, СЕНСОР

Abstract

Bachelor's qualification work on “Creation of a system for monitoring and controlling the temperature of electronic components based on a microcontroller and sensors” / UzhNU; Supervisor Spesyvih O.O.; student Sabov S.S., ES group.

Explanatory note: 45 pages, 23 figures, 4 tables, 25 references, 4 appendices.

Graphic part: 2 A1 sheets.

The object of research is the process of monitoring and controlling the temperature of electronic components using a microcontroller and sensors.

The purpose of the work is to develop an effective system for monitoring and controlling the temperature of electronic components, which provides accurate temperature control, automatic regulation and displaying information on the display.

This project aims to create a practical solution for temperature control of electronic components that can be used in various industries to improve the reliability and efficiency of electronic devices.

Keywords:

TEMPERATURE MONITORING, MICROCONTROLLER, SENSOR

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра електронних систем

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

На кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему:

Створення системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів на основі мікроконтролера та сенсорів

Студент 4 курсу
групи ЕС ІТФ
Сабов С.С.

Керівник роботи к.ф.-м.н. доц. кафедри ЕС
Спесивих О.О.

Зміст

| | |
|---|----|
| Вступ..... | 1 |
| 1. Огляд існуючих систем моніторингу та керування температурою | 4 |
| 1.1. Аналіз існуючих методів контролю температури | 4 |
| 1.2. Огляд сучасних сенсорів температури | 6 |
| 1.3. Порівняльний аналіз мікроконтролерів для систем моніторингу..... | 9 |
| 1.4. Переваги та недоліки існуючих рішень | 12 |
| 2. Теоретичні основи проектування системи моніторингу температури | 14 |
| 2.1. Принципи роботи сенсорів температури..... | 14 |
| 2.2. Архітектура мікроконтролерів для керування температурою | 15 |
| 2.3. Алгоритми керування температурою | 17 |
| 3. Проектування системи моніторингу та керування температурою | 20 |
| 3.1. Вибір компонентів системи | 20 |
| 3.2. Розробка структурної схеми системи | 29 |
| 3.3. Розробка електричної принципової схеми | 32 |
| 3.4. Аналіз роботи системи керування температурою | 36 |
| 4. Розрахункова частина | 39 |
| 4.1. Основні розрахунки параметрів електричної схеми | 39 |
| 5. Висновки | 43 |
| Перелік літератури | 44 |

Перелік додатків:

Додаток А. Структурна схема системи КРБ ЕС.9469519.001 Е1

Додаток Б. Схема електрична принципова КРБ ЕС.9469519.001 Е3

Додаток В. Перелік елементів КРБ ЕС.9469519.001 ПЕ

Додаток Г. Специфікація КРБ ЕС.9469519.001 СП

1. ВСТУП

У сучасному світі електронні компоненти стали невід'ємною частиною нашого повсякденного життя. Вони використовуються практично у всіх сферах діяльності людини: від побутових приладів, таких як смартфони, ноутбуки та побутова техніка, до складних промислових систем, медичного обладнання та серверних ферм. Однак, одним із найважливіших факторів, що впливають на надійність та ефективність роботи електронних пристроїв, є контроль температури. Перегрів електронних компонентів може призвести до їхнього виходу з ладу, що, у свою чергу, може спричинити серйозні наслідки, особливо в критичних системах, таких як медичне обладнання, промислові автоматизовані системи чи сервери, де навіть незначний збій може призвести до великих втрат.

Температурний режим є ключовим параметром для електронних компонентів, оскільки їхня робота залежить від стабільності температури. Наприклад, процесори, мікросхеми пам'яті, транзистори та інші елементи електронних пристроїв генерують тепло під час роботи. Якщо це тепло не відводиться належним чином, температура компонентів може значно підвищитися, що призводить до їхнього перегріву та, як наслідок, до зниження продуктивності або навіть повного виходу з ладу. У промислових умовах, де електронні системи працюють у режимі 24/7, контроль температури стає ще більш важливим, оскільки тривалий перегрів може призвести до серйозних аварій та фінансових втрат.

Існують різні методи контролю температури, які використовуються в сучасних системах. Найпростішим способом є пасивне охолодження за допомогою радіаторів, які відводять тепло від електронних компонентів. Однак цей метод не завжди є достатньо ефективним, особливо у випадках, коли використовують активне охолодження, таке як вентилятори або рідкісні системи охолодження, які забезпечують більш ефективне відведення тепла. Однак навіть

| | | | | | | | | |
|------------------|----------------------|---------------|---------------|-------------|---|----------------------|-------------|----------------|
| | | | | | <i>КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ</i> | | | |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ док.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>Створення системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів на основі мікроконтролера та сенсорів. Пояснювальна записка.</i> | <i>Літ.</i> | <i>Арк.</i> | <i>Аркцифр</i> |
| <i>Розроб.</i> | <i>Сабов С.С.</i> | | | | | | 1 | 45 |
| <i>Перевір.</i> | <i>Слесивих О.О.</i> | | | | | <i>УЖНУ, ІТФ 4к.</i> | | |
| <i>Реценз.</i> | | | | | | | | |
| <i>Н. Контр.</i> | <i>Папп О.В.</i> | | | | | | | |
| <i>Затверд.</i> | <i>Заяць Т.М.</i> | | | | | | | |

такі системи потребують точного контролю температури, щоб уникнути надмірного охолодження, яке також може бути шкідливим для електронних компонентів.

У зв'язку з цим виникає необхідність у створенні системи моніторингу та керування температурою, яка б дозволяла не лише відстежувати температуру електронних компонентів, але й автоматично регулювати її за допомогою спеціальних пристроїв, таких як реле, вентилятори або нагрівальні елементи. Така система повинна бути надійною, точною та енергоефективною, щоб забезпечити стабільну роботу електронних пристроїв у різних умовах експлуатації.

Сучасні технології дозволяють створювати такі системи на основі мікроконтролерів та сенсорів температури. Мікроконтролери, такі як ATmega16 або ESP32, є компактними та потужними пристроями, які можуть обробляти дані з сенсорів, керувати актуаторами та забезпечувати зв'язок з іншими пристроями. Використання таких компонентів дозволяє створити ефективну систему моніторингу та керування температурою, яка може бути інтегрована в різні електронні пристрої.

Одним із ключових аспектів розробки такої системи є вибір оптимальних компонентів. Мікроконтролери повинні мати достатню продуктивність для обробки даних та керування актуаторами, а також підтримувати зв'язок з іншими пристроями, якщо система інтегрована в IoT-мережу. Крім того, важливим є вибір джерела живлення, яке повинно забезпечувати стабільну роботу системи навіть у разі перебоїв з електропостачанням.

Тестування та оптимізація системи є останнім, але не менш важливим етапом розробки. Система повинна бути протестована в різних умовах, щоб переконатися, що вона працює стабільно та ефективно. Наприклад, система повинна бути здатною працювати при високих та низьких температурах навколишнього середовища, а також витримувати тривале навантаження. Після тестування система може бути оптимізована для підвищення її ефективності та надійності.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Адж. |
| | | | | | | 2 |
| Змн. | Адж. | № док.м. | Підпис | Дата | | |

У цій роботі ми розглянемо процес створення системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів на основі мікроконтролера та сенсорів. Основною метою роботи є створення ефективної та надійної системи, яка забезпечує точний контроль температури та автоматичне регулювання для підтримки оптимальних умов роботи електронних компонентів.

ЕСІТФУЖНУ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Адк. |
| Змн. | Адк. | № докум. | Підпис | Дата | | 3 |

1. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ТА КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ

1.1. Аналіз існуючих методів контролю температури

Контроль температури електронних компонентів може здійснюватися за допомогою різних методів, які залежать від типу пристрою, умов експлуатації та вимог до точності[1]. Одним із найпоширеніших методів є пасивне охолодження, яке передбачає використання радіаторів (див. Рис. 1.1) для відведення тепла. Радіатори виготовляються з матеріалів з високою теплопровідністю, таких як алюміній або мідь, і встановлюються безпосередньо на електронні компоненти. Цей метод є простим і дешевим, але має обмежену ефективність, особливо у випадках, коли компоненти працюють під великим навантаженням або в умовах високої температури навколишнього середовища.

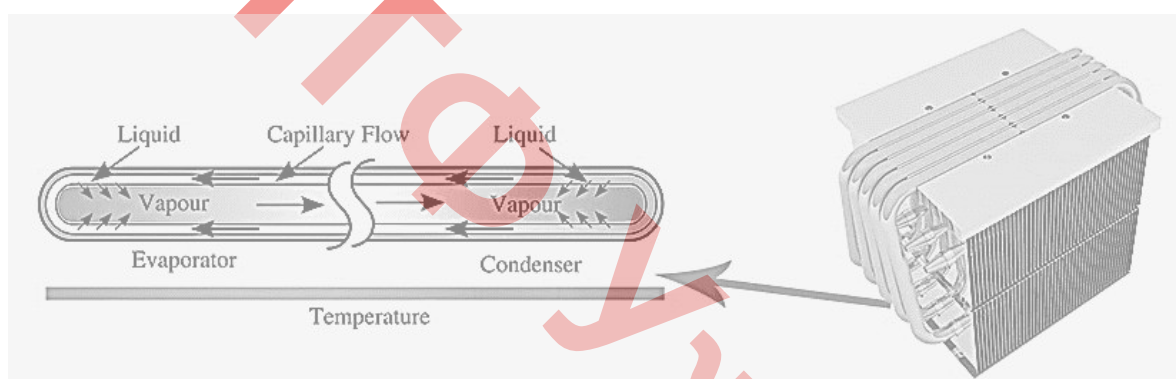


Рис. 1.1 – Пасивний радіатор охолодження[2]

Активне охолодження є більш ефективним методом, який передбачає використання вентиляторів (див. Рис. 1.2) або рідкісних систем охолодження. Вентилятори створюють потік повітря, який відводить тепло від радіаторів або безпосередньо від електронних компонентів. Рідкісні системи охолодження використовують спеціальні рідини, які циркулюють через систему трубопроводів і відводять тепло від компонентів до радіаторів. Такі системи є більш складними та

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

дорогими, але забезпечують значно краще охолодження, що робить їх ідеальними для високопродуктивних пристроїв, таких як сервери або графічні процесори[3].

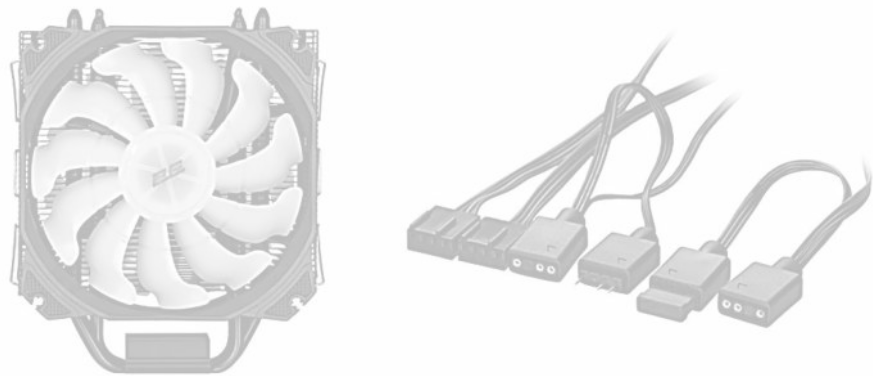


Рис. 1.2 – Активне охолодження у вигляді вентилятора[3]

Іншим методом контролю температури є використання термоелектричних модулів (елементів Пельтьє), які можуть як охолоджувати, так і нагрівати компоненти залежно від напрямку електричного струму (див. рис. 1.3)[4]. Цей метод є досить ефективним, але вимагає великої кількості енергії.



Рис. 1.3 – Елемент Пельтьє[5]

1.2. Огляд сучасних сенсорів температури

Сенсори температури є ключовими компонентами будь-якої системи моніторингу та керування температурою. Вони вимірюють температуру електронних компонентів і передають дані на мікроконтролер для подальшої обробки. На сьогоднішній день існує велика кількість різних сенсорів температури, які відрізняються за принципом роботи, точністю, діапазоном вимірювань та вартістю.

Одним із найпоширеніших сенсорів є DHT11 (Рис. 1.4), який вимірює як температуру, так і вологість[6].

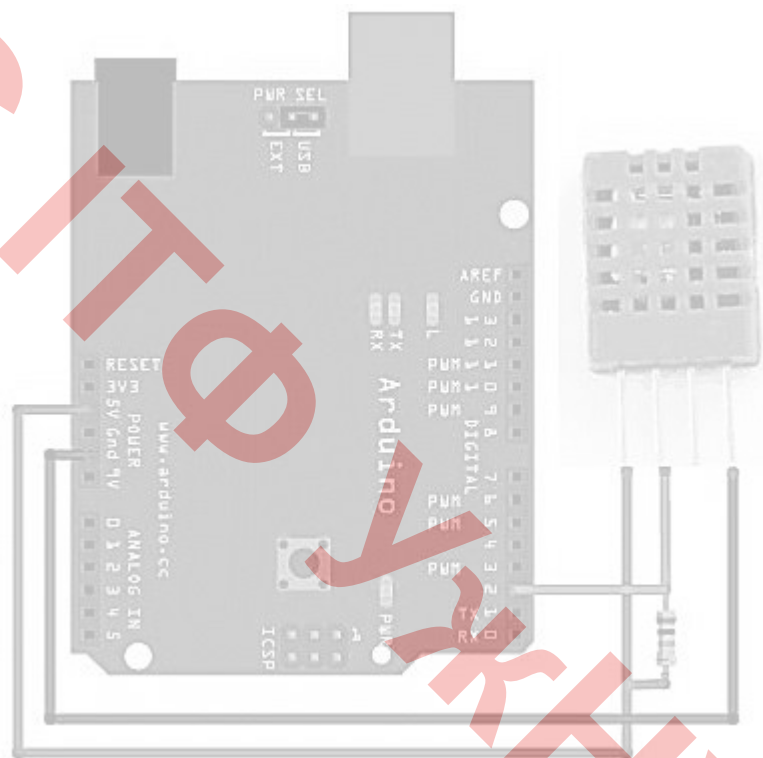


Рис. 1.4 – Сенсор DHT11 з використанням плати Arduino[6]

Цей сенсор є досить дешевим і простим у використанні, але має обмежену точність (приблизно $\pm 2^{\circ}\text{C}$) та діапазон вимірювань (від 0°C до 50°C). Для більш точних вимірювань використовуються сенсори, такі як DS18B20 (Рис. 1.5), який забезпечує точність до $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ і може працювати в діапазоні від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$. Цей

| | | | | |
|------|------|--------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № док. | Підпис | Дата |

сенсор використовує цифровий інтерфейс 1-Wire, що дозволяє підключати кілька сенсорів до одного мікроконтролера[7].

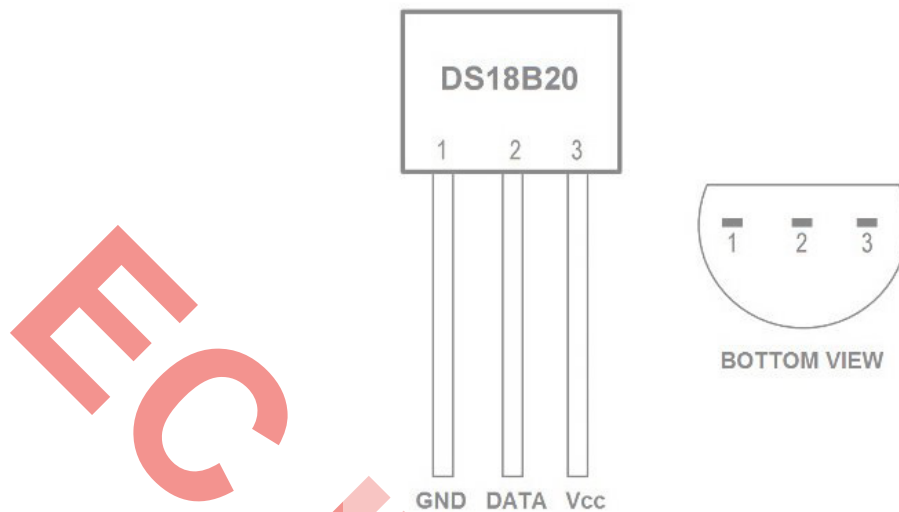


Рис. 1.5 – Сенсор температури DS18B20[8]

Для вимірювання температури в промислових умовах часто використовуються термопари, які забезпечують високу точність і можуть працювати в широкому діапазоні температур (від -200°C до $+2000^{\circ}\text{C}$). Однак термопари вимагають додаткового підсилення сигналу та компенсації холодного спаю, що ускладнює їхнє використання в портативних пристроях.

Принцип роботи: Генерують електричну напругу на основі ефекту Зеєбека при різниці температур між спаями двох різних металів.

Основні типи:

- 1) Тип К (хромель-алюмель) - найпоширеніший, -270°C до $+1372^{\circ}\text{C}$
- 2) Тип J (залізо-константан) - 0°C до $+750^{\circ}\text{C}$
- 3) Тип Т (мідь-константан) - -270°C до $+400^{\circ}\text{C}$
- 4) Тип S (платина-родій) - до $+1768^{\circ}\text{C}$

Переваги та недоліки термопар:

Переваги:

- 1) Широкий температурний діапазон
- 2) Низька вартість
- 3) Надійність у важких умовах
- 4) Швидка швидкість відгуку

Недоліки:

- 1) Низька точність
- 2) Необхідність холодного спаю
- 3) Чутливість до електромагнітних завад

| | | | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Змн. | Арк. | № док.им. | Підпис | Дата | | |

1.3. Порівняльний аналіз мікроконтролерів для систем моніторингу

Мікроконтролери є основним елементом будь-якої системи моніторингу та керування температурою. Вони відповідають за збір даних з сенсорів, обробку цих даних та керування актуаторами, такими як реле або вентилятори. На сьогоднішній день існує велика кількість мікроконтролерів, які відрізняються за продуктивністю, кількістю портів введення/виведення, підтримкою різних інтерфейсів зв'язку та вартістю.

Одним із найпопулярніших мікроконтролерів для таких систем є ATmega16 (Рис. 1.6), який належить до сімейства AVR. Цей мікроконтролер має достатню продуктивність для обробки даних з сенсорів та керування актуаторами, а також підтримує різні інтерфейси зв'язку, такі як UART, SPI та I2C. Однак ATmega16 має обмежену кількість портів введення/виведення, що може бути проблемою для складних систем.

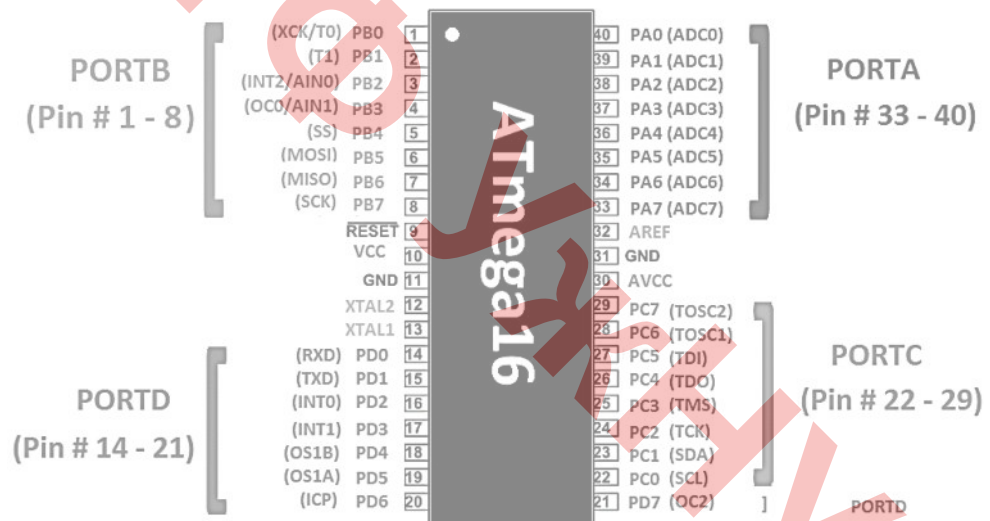


Рис. 1.6 – Мікроконтролер ATmega16[9]

Більш сучасним рішенням є мікроконтролери на основі архітектури ARM, такі як STM32 (Рис. 1.7) або ESP32 (Рис. 1.8).[10]



Рис. 1.7 – Мікроконтролер STM32[10]

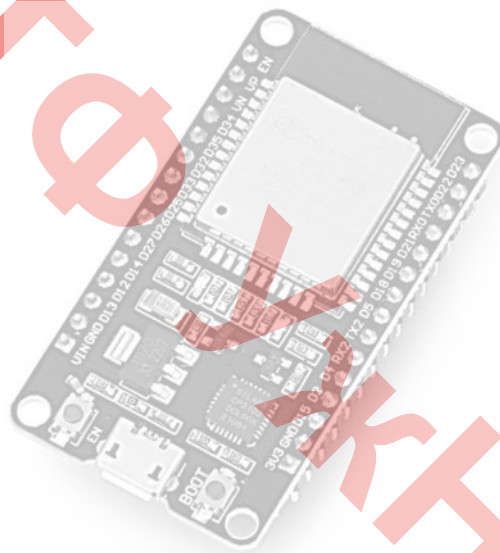


Рис. 1.8 – Мікроконтролер ESP32[10]

Ці мікроконтролери мають значно вищу продуктивність, більшу кількість портів введення/виведення та підтримку бездротових інтерфейсів, таких як Wi-Fi та Bluetooth. Це дозволяє інтегрувати систему моніторингу в IoT-мережі для віддаленого керування та моніторингу (таблиця 1.1).

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дата |

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця параметрів мікроконтролерів

| Параметр | ATmega328P | STM32F103C8T6 | ESP32 |
|---------------------|----------------|----------------|------------------------------|
| Частота | 16 МГц | 72 МГц | до 240 МГц |
| ROM | 32 КБ | 64 КБ | до 16 МБ |
| RAM | 2 КБ | 20 КБ | до 520 КБ |
| I/O Піни | 23 | 37 | >30 |
| Інтерфейси | UART, SPI, I2C | UART, SPI, I2C | UART, SPI, I2C, Wi-Fi, BT |
| Бездротовий зв'язок | Немає | Немає | Wi-Fi + Bluetooth |
| Ціна | \$3 | \$4 | \$5–7 |

З таблиці 1.1, було обрано ATmega328P (Arduino Nano) через простоту, доступність та наявність достатніх ресурсів для обробки температурних даних.

Проаналізовано типові схеми на базі ATmega328P, STM32 та ESP32. Обрано схему з Arduino Nano та цифровим датчиком DS18B20, яка забезпечує простоту реалізації, точність та надійність.

1.4. Переваги та недоліки існуючих рішень

Розглянемо переваги та недоліки існуючих систем керування та моніторингу температури

Таблиця 1.2 – переваги та недоліки існуючих систем керування та моніторингу температури

| Система | Переваги | Недоліки |
|-------------------------|---|--|
| Традиційні термостати | Низька вартість та простота встановлення; Надійність через мінімальну кількість компонентів; Автономна робота без залежності від мережі; Тривалий термін експлуатації. | Обмежена точність регулювання (зазвичай $\pm 1-2^{\circ}\text{C}$); Відсутність можливості дистанційного керування; Відсутність історії даних та аналітики. |
| Програмовані термостати | Можливість створення тижневих розкладів; Енергоефективність через автоматичне зниження температури; Краща точність порівняно з механічними моделями; Відносно доступна ціна. | Складність налаштування для користувачів; Обмежена гнучкість програмування; Відсутність віддаленого доступу; Неможливість адаптації до змін у розпорядку. |

| | | |
|---|---|--|
| <p>Розумні термостати (Wi-Fi)</p> | <p>Дистанційне керування через мобільні додатки; Геолокаційні функції для автоматичного регулювання; Детальна аналітика споживання енергії; Інтеграція з розумними домашніми системами.</p> | <p>Висока вартість придбання та встановлення; Залежність від стабільного інтернет-з'єднання; Потенційні проблеми кібербезпеки.</p> |
| <p>Системи промислового моніторингу</p> | <p>Висока точність вимірювань (до $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$) Багатоточковий моніторинг великих площ; SCADA-інтеграція та централізоване керування; Система сповіщень та аварійних сигналів; Детальне логування та звітність.</p> | <p>Дуже висока вартість системи Потреба в кваліфікованому персоналі Складність налаштування та обслуговування Тривалий час впровадження</p> |
| <p>Хмарні платформи моніторингу</p> | <p>Масштабованість та гнучкість системи Доступ до даних з будь-якої точки світу Автоматичні оновлення та резервні копії Машинне навчання для прогнозування</p> | <p>Постійні витрати на хмарні сервіси Залежність від інтернет-з'єднання Проблеми конфіденційності даних Можливі затримки в обробці критичних сповіщень</p> |

| | | | | |
|------|------|--------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № док. | Підпис | Дата |

КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ

Арк.

13

2.2. Архітектура мікроконтролерів для керування температурою

Мікроконтролери, які використовуються в системах моніторингу температури, повинні мати достатню продуктивність для обробки даних з сенсорів та керування актуаторами. Вони також повинні підтримувати різні інтерфейси зв'язку, такі як UART, SPI та I2C, для підключення сенсорів та інших пристроїв, структурна схема якого представлена на Рис. 2.2.

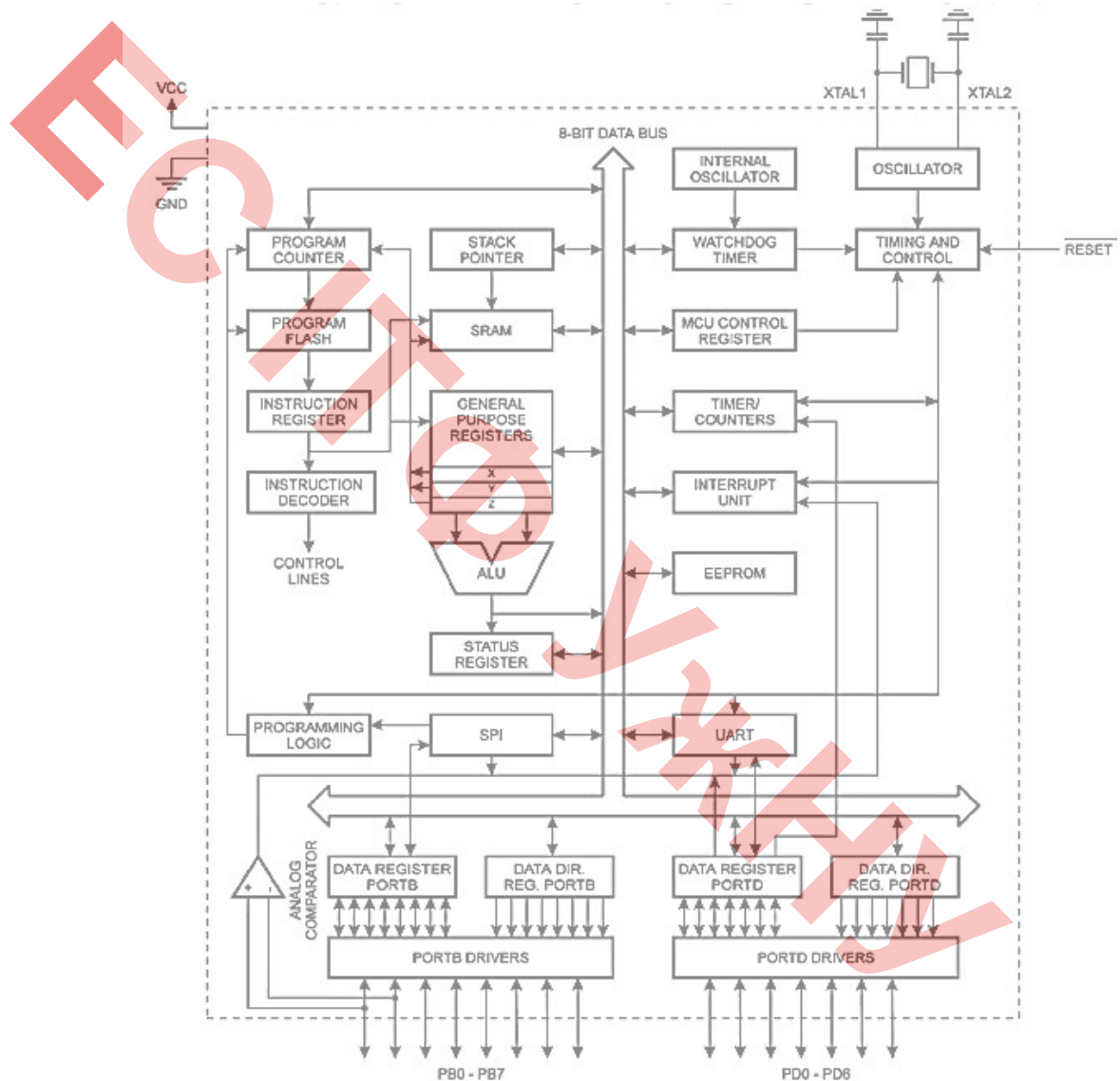


Рис. 2.2 – Структурна схема AVR мікроконтролерів[12]

2.3. Алгоритми керування температурою

Алгоритми керування температурою (див. Рис. 2.4) є основним елементом будь-якої системи моніторингу. Вони визначають, як система реагує на зміни температури та які дії необхідно вжити для підтримки оптимальної температури. Найпростішим алгоритмом є пороговий контроль, при якому система включає або виключає актуатори при досягненні заданих значень температури[14].

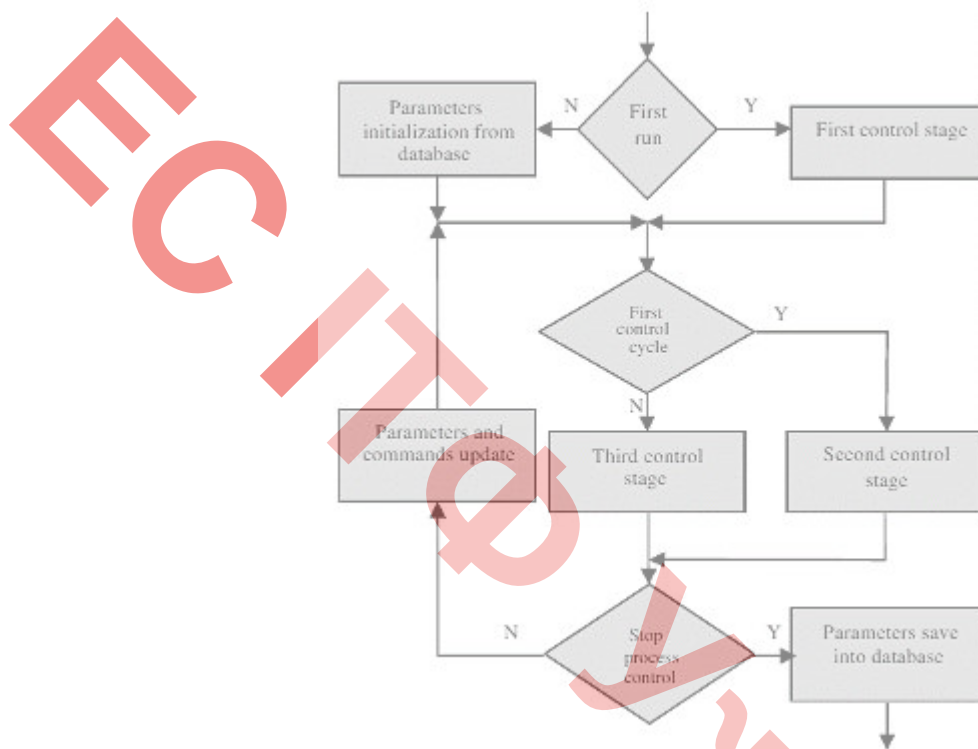


Рис. 2.4 – Алгоритм керування температурою[15]

First run – перший запуск

Parameters initialization from database - ініціалізація параметрів з бази даних

First control stage – перший етап контролю

First control cycle – перший цикл контролю

Parameters and commands update – оновлення параметрів і команд

Second control stage – другий етап контролю

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Third control stage – третій етап контролю

Stop process control – зупинка управління процесом

Parameters save into database – збереження параметрів до бази даних

Більш складним алгоритмом є ПІД-регулятор (пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор), який дозволяє більш точно керувати температурою шляхом врахування поточних значень, інтегральної складової (накопичена помилка) та диференціальної складової (швидкість зміни температури). Цей алгоритм є більш ефективним, але вимагає більш складного програмного забезпечення.

У нашій системі, алгоритм керування температурою представляє собою:

1. Зчитування температури

- 1) ATmega328P отримує напругу з терморезистора
- 2) Сигнал підсилюється на LM358
- 3) ADS1115 (16-біт АЦП) перетворює сигнал у цифрове значення
- 4) ATmega перераховує його в температуру через калібрувальну формулу або таблицю

2. Порівняння температури

Температура порівнюється з встановленим значенням T_{set}

Якщо $T > T_{set} + \Delta \rightarrow$ охолодження (Пельтьє \rightarrow холод);

Якщо $T < T_{set} - \Delta \rightarrow$ нагрівання (Пельтьє \rightarrow тепло);

Якщо в межах $\pm\Delta \rightarrow$ Пельтьє вимкнений;

де,

T_{set} – встановлене значення температури

Δ – гістерезис.

Наша система дозволяє перемикає полярність Пельтьє через Н-мостову схему, тому:

охолодження → один напрям струму

нагрівання → інший напрям струму

Додатково до основного алгоритму:

Якщо температура $> 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ → аварійне вимкнення

Якщо температура $< 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ → аварійне вимкнення

Якщо струм через Пельтьє $>$ заданого → відключення (через шунт + LM358)

Після цього інформація передається на дисплей LCD1602 та інформація (щодо стану Пельтьє, сигналу АЦП, потужності тощо) подається до комп'ютеру по USB через CH340T.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 19 |
| Змн. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дата | | |

3. Проектування системи моніторингу та керування температурою

3.1. Вибір компонентів системи

Контроль температури необхідний у різних сферах застосування, таких як моніторинг погоди, промислові процеси та домашня автоматизація.

Arduino Nano служить основним контролером для системи моніторингу температури. Було обрано ATMEGA328P-MUR, так як він має достатньо портів I/O, АЦП, UART, I2C, PWM, низьке енергоспоживання та ідеально підходить для нашої системи.

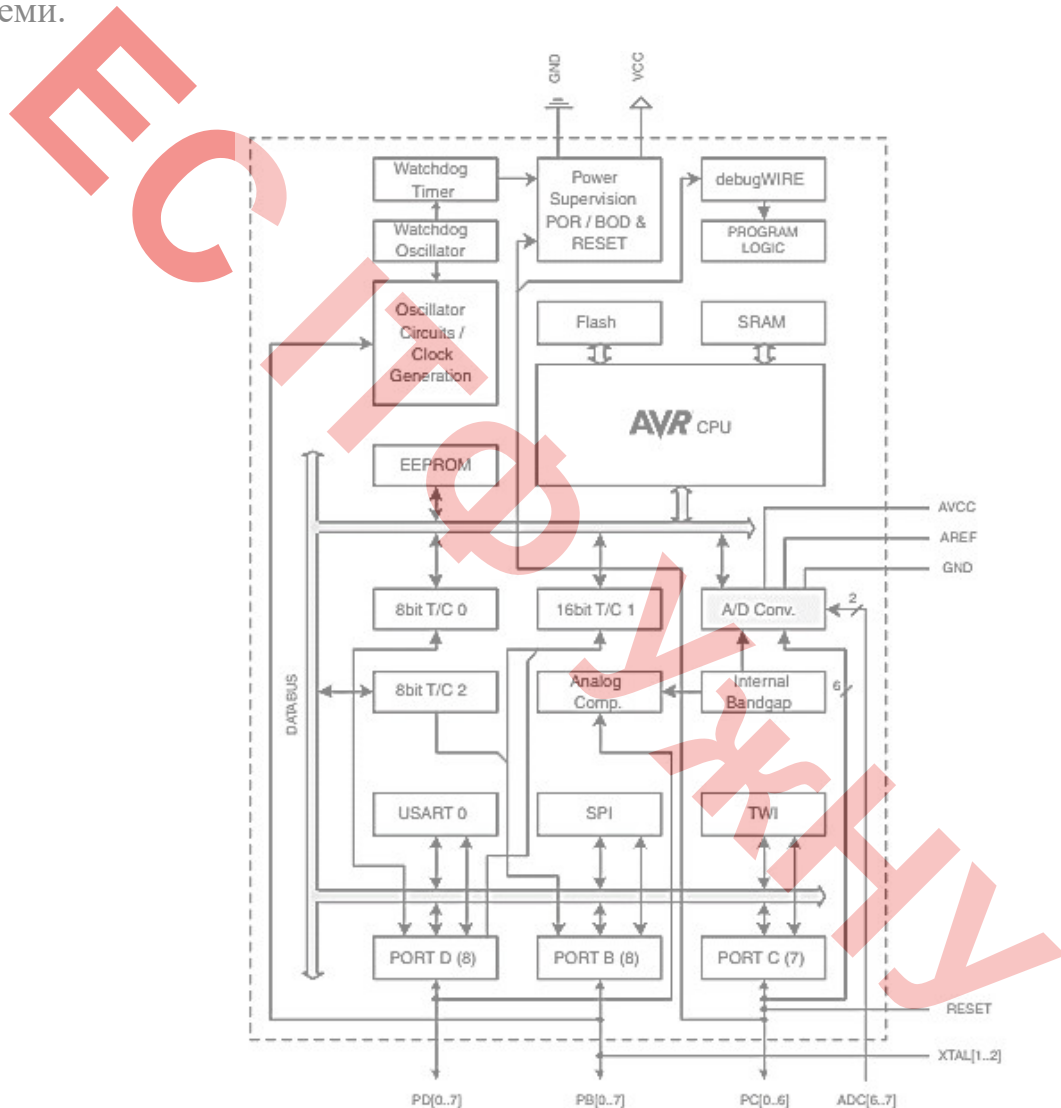


Рис. 3.1 – Структурна схема ATMEGA328P-MUR[16]

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Також, у даній системі було обрано операційний підсилювач LM358AD. Цей підсилювач ідеально підходить для застосувань, де потрібна економічність та простота, але не критична висока швидкодія.

Ключові особливості LM358AD:

- 1) Подвійний ОП в одному корпусі;
- 2) Живлення 3-32В від одного джерела;
- 3) Низьке споживання (0.7 мА типово);
- 4) Внутрішня частотна компенсація;
- 5) Робочий діапазон температур -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$ [18].

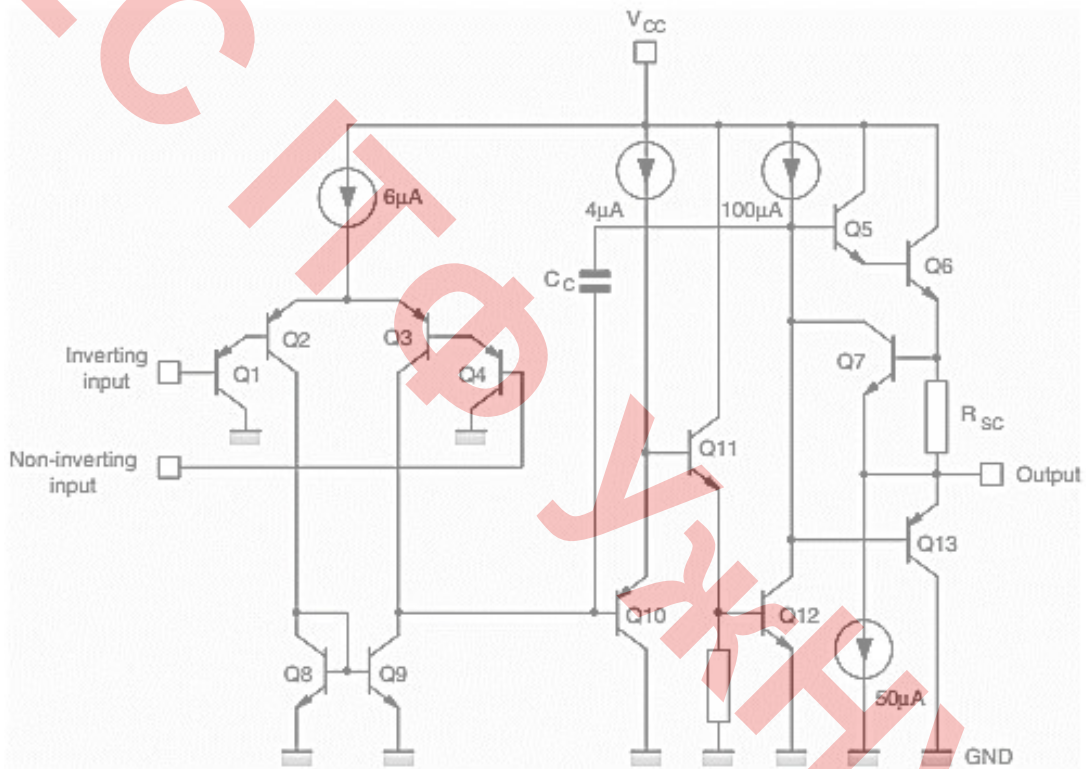


рис. 3.3 – Типова схема застосування операційного підсилювача LM358AD[18]

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докum. | Підпис | Дата |

Було обрано 8-бітний I/O розширювач з інтерфейсом I2C - PCF8574APW.

Основні параметри мікросхеми PCF8574APW:

- 1) Кількість I/O ліній: 8;
- 2) Інтерфейс: I²C;
- 3) Адреса I²C: 0x38-0x3F (налаштовується);
- 4) Напруга живлення: 2.5В - 6В;
- 5) Вихідний струм: ±25мА на канал;
- 6) Максимальний сумарний струм: ±100мА;
- 7) Частота I²C: до 100кГц (стандартний режим);
- 8) Робоча температура: -40°C до +85°C[19].

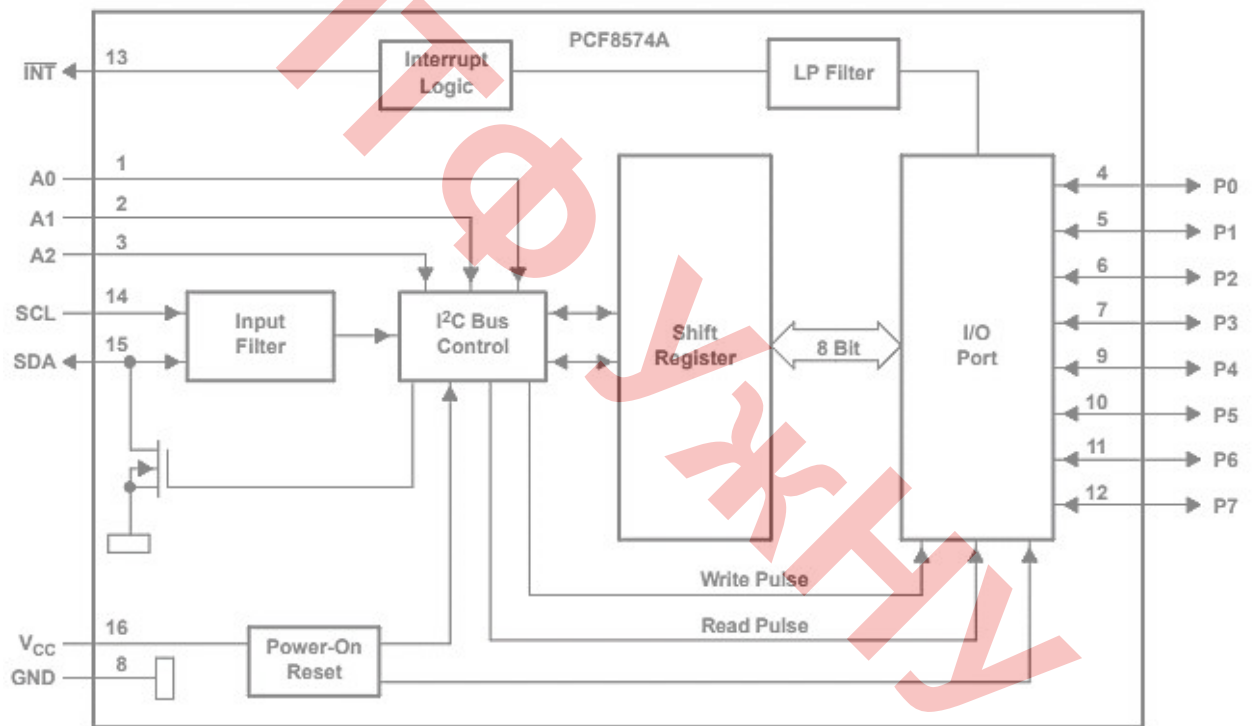


Рис. 3.4 – Структурна схема PCF8574APW[19]

| | | | | |
|------|------|--------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № док. | Підпис | Дата |

Для організації зв'язку з комп'ютером використовується мікросхема CH340T, яка реалізує інтерфейс UART ↔ USB. Вона дозволяє здійснювати передачу даних до/з ПК у режимі реального часу.

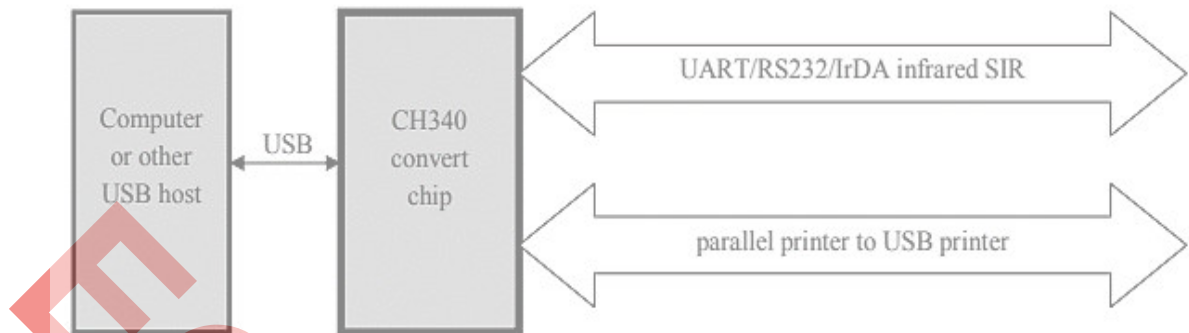


Рис. 3.5 – Принцип роботи CH340T[20]

Особливості мікросхеми CH340T

1. Повношвидкісний інтерфейс USB-пристроїв, відповідає специфікації USB версії 2.0, потребує лише зовнішнього кристалу та ємності;
2. Емулює стандартний послідовний інтерфейс, який використовується для оновлення колишнього периферійного пристрою або додає надлишковий послідовний інтерфейс через USB;
3. Апаратний повнодуплексний послідовний інтерфейс, встановлений буфер приймача, підтримує швидкість передачі даних, що варіюється від 50 до 2 Мбіт/с;
4. Підтримує загальний сигнал зв'язку модему RTS, DTR, DCD, RI, DSR та CTS.
5. Завдяки додаванню обладнання перетворювача рівня для подачі RS232, RS485, RS422 та інших інтерфейсів;
6. Підтримує інфрачервоний зв'язок SIR за критерієм IrDA, підтримує швидкість передачі даних від 2400 біт / с до 115200 біт / с;
7. Через USB перетворюється на послідовний інтерфейс, сумісний лише з прикладним рівнем, але не повністю;

| | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № док.им. | Підпис | Дата |

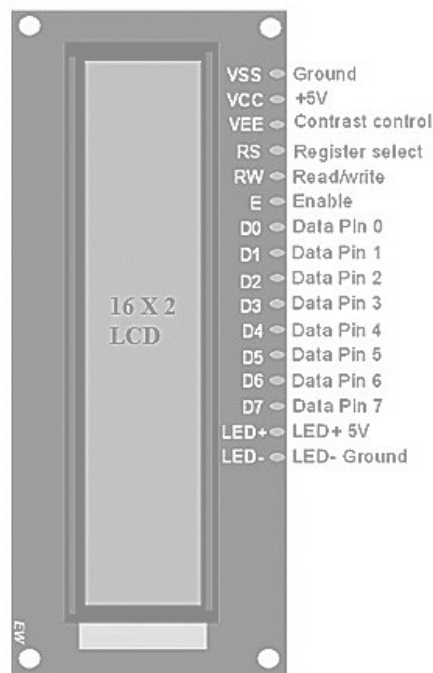


Рис. 3.7 – РК-дисплей 16×2[22]

Дисплей складається з двох рядків, кожен з яких може відображати до 16 символів. Символами можуть бути літери (як великі, так і малі), цифри, знаки пунктуації, символи та спеціальні символи.

Багато РК-дисплеїв 16 × 2 мають вбудоване підсвічування, зазвичай у вигляді білих або синіх світлодіодів, для покращення видимості в умовах слабкого освітлення. Підсвічуванням можна керувати окремо від персонажів, дозволяючи вмикати або вимикати його за потреби.

Модуль РК-дисплея часто містить вбудований контролер, наприклад, широко використовуваний контролер HD44780. Контролер спрощує інтерфейс із зовнішніми пристроями, обробляючи низькорівневі операції відображення символів, керування положенням курсору та інтерпретації команд.

РК-дисплей 16×2 зазвичай може зберігати та відображати користувальницькі символи. Ці символи створюються шляхом визначення конкретного шаблону пікселів

і можуть використовуватися для відображення піктограм, логотипів або інших спеціалізованих символів, окрім стандартного набору символів.

Оскільки вбудований АЦП АТmega328Р має розрядність лише 10 біт, для підвищення точності вимірювань було обрано зовнішній АЦП ADS1115 з інтерфейсом I2C. Він забезпечує розрядність до 16 біт, підтримує диференціальні входи та програмоване посилення, що критично для точної обробки сигналів із сенсорів температури та струму[23].

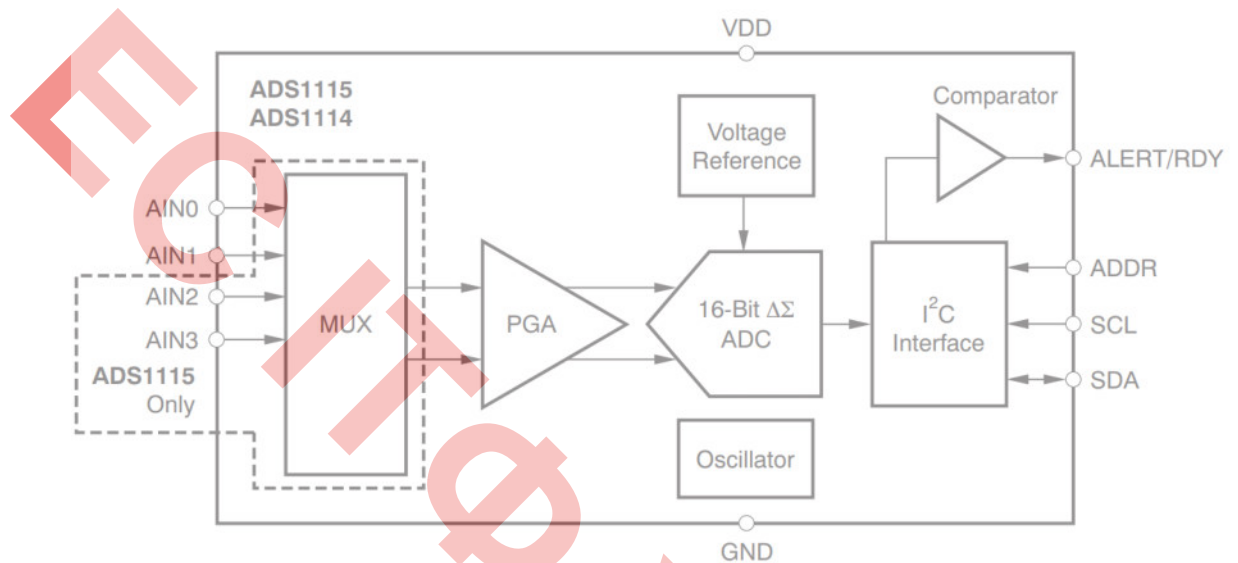


Рис. 3.8 – Структурна схема АЦП ADS1115IDGSR[23]

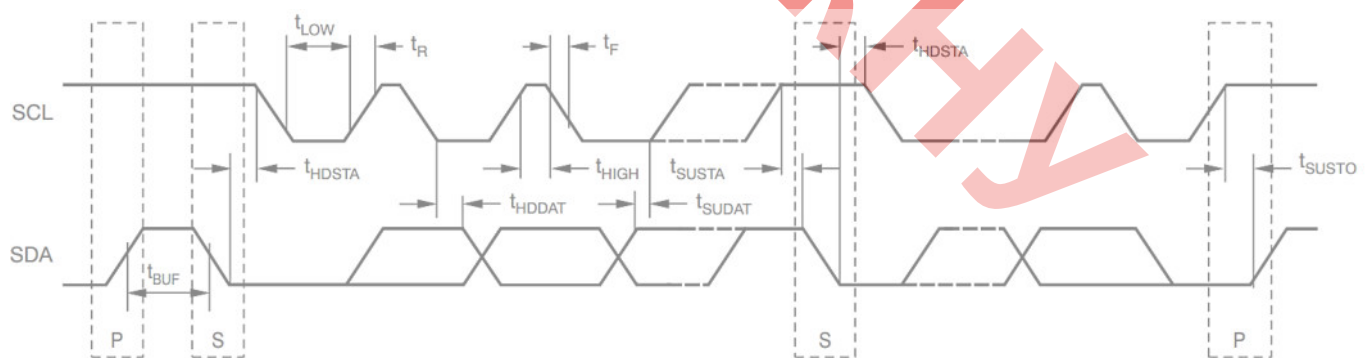


Рис. 3.9 – I2C Часова діаграма[23]

Для реалізації двостороннього керування напрямком струму через елемент Пельтьє застосовано Н-мостову схему, побудовану на MOSFET та NPN транзисторах.

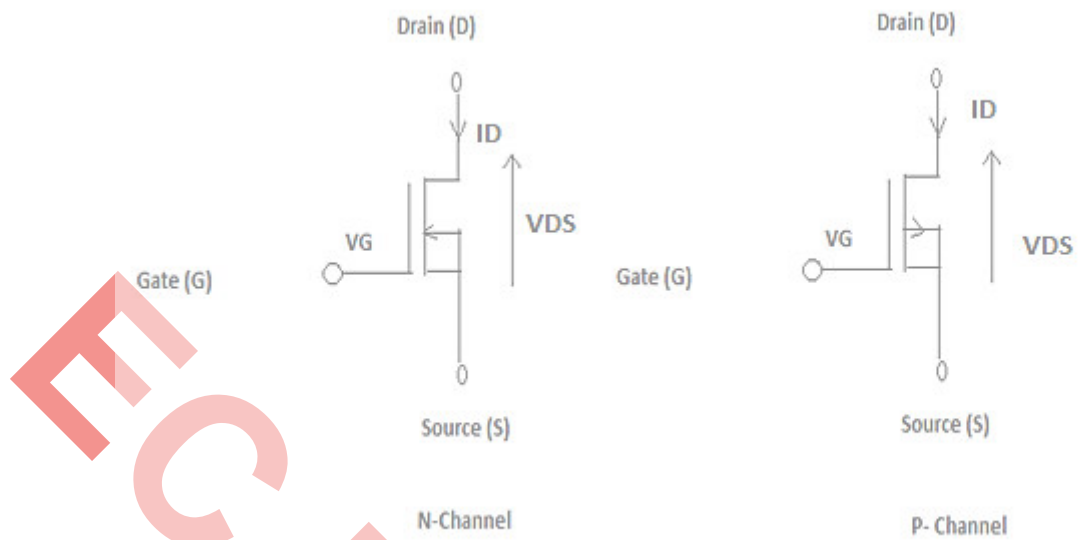


Рис. 3.10 – MOSFET-транзистор[24]

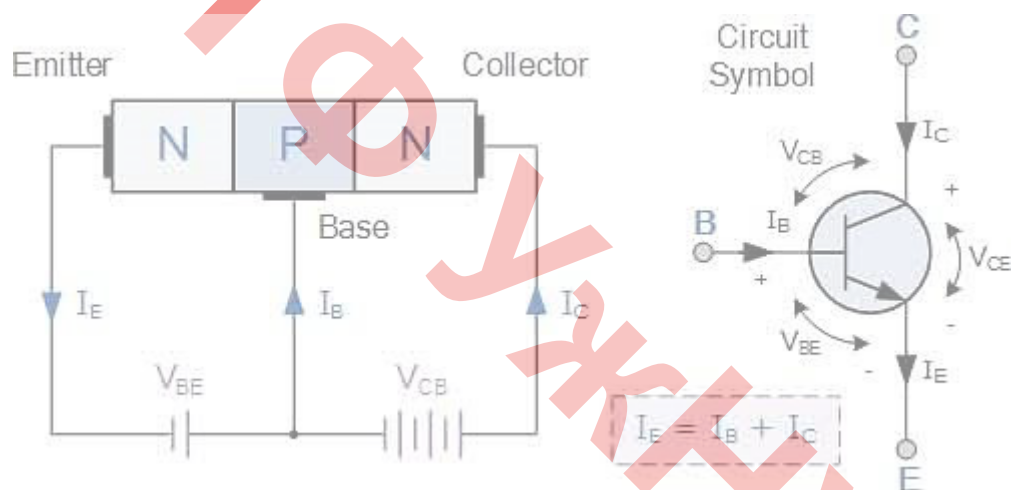


Рис. 3.11 – NPN-транзистор[25]

Керування елементом Пельтьє здійснюється не безпосередньо, а через Н-мостовий модуль. Це дає змогу:

- змінювати напрям теплопереносу (нагрів/охолодження) завдяки зміні полярності;
- регулювати потужність через широтно-імпульсну модуляцію (PWM);
- захищати елемент від перенапруги та неправильного підключення.

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № док.м. | Підпис | Дата |

3.2. Розробка структурної схеми системи

Створення системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів є важливим завданням для забезпечення їхньої стабільної роботи та продовження терміну служби. Основою такої системи є мікроконтролер, який отримує дані від температурних сенсорів, аналізує їх та відповідно керує охолодженням або іншими механізмами регулювання температури (Рис. 4.1).

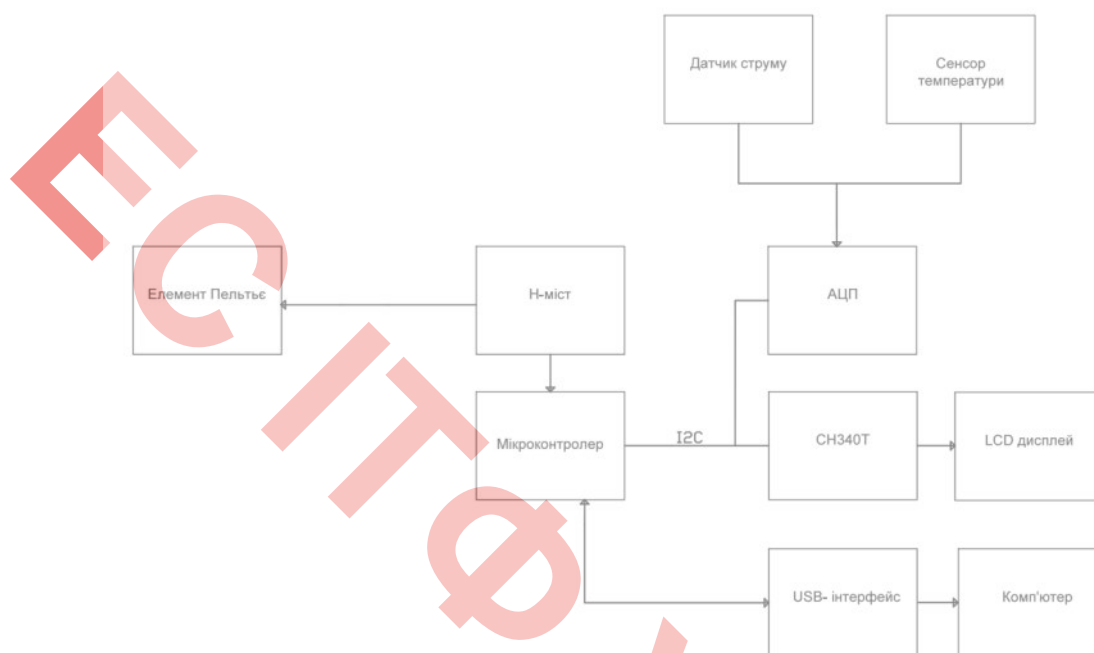


Рис. 3.12 – Розробка структурної схеми системи

На першому етапі розробки визначаються вимоги до системи, включаючи діапазон робочих температур, точність вимірювань, швидкість реакції та тип охолодження. Виходячи з цих параметрів, було обрано мікроконтролер на базі Arduino ATMEGA328P-MUR.

Датчики температури відіграють ключову роль у цій системі. Було використано транзистор як датчик температури.

| | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № док.им. | Підпис | Дата |

Структурна схема включає мікроконтролер як центральний елемент, до якого підключені датчики температури, модулі керування елементами Пельтьє , а також модуль USB , для передачі даних в комп'ютер.

Принцип роботи системи полягає в тому, що мікроконтролер періодично зчитує показники з датчиків, порівнює їх із заданими пороговими значеннями та приймає рішення щодо активації системи охолодження, передає дані через USB в комп'ютер.

Для побудови системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів було розроблено власну структурну схему, яка охоплює всі основні модулі системи:

- Мікроконтролер Atmega32 — центральний керуючий елемент, що виконує обробку даних з датчиків, керування елементом Пельтьє та взаємодію з інтерфейсами.
- USB-інтерфейс (CH340T) — призначений для обміну даними з комп'ютером.
- АЦП ADS1115IDGSR — високоточний 16-бітний аналого-цифровий перетворювач, який забезпечує зчитування аналогових значень від сенсорів.
- Операційний підсилювач LM358AD — використовується для попереднього підсилення сигналів з аналогових сенсорів перед подачею на АЦП.
- Інтерфейсний контролер PCF8574APW — застосовується для з'єднання LCD-дисплея з мікроконтролером через I2C, зменшуючи кількість зайнятих виводів.
- LCD-дисплей 1602 — використовується для індикації температури, струму та режиму роботи системи.
- Н-міст — реалізований на силових транзисторах, дозволяє змінювати напрям струму через термоелектричний елемент Пельтьє.
- Елемент Пельтьє — забезпечує активне охолодження або нагрів за потребою.

Живлення всієї системи здійснюється від зовнішнього стабілізованого джерела +5 В. Логічна частина живиться через AMS1117-3.3, який понижує напругу до 3.3 В.

Таким чином, розробка такої системи вимагає правильного підбору компонентів, продуманого алгоритму роботи та ефективної реалізації програмного забезпечення, що забезпечить надійність і точність моніторингу та керування температурою електронних компонентів.

ЕС ІТФ УЖНУ

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 31 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.3. Розробка електричної принципової схеми

Принципова схема відображає точні електричні з'єднання між усіма компонентами системи. Основу становить мікроконтролер Atmega32, який керує збиранням і обробкою інформації, а також виконавчими механізмами.

Основні особливості схеми:

1. Живлення: від зовнішнього джерела +5 В. Для логіки використовується стабілізатор AMS1117-3.3.
2. USB-інтерфейс CH340T використовується для передачі даних у ПК.
3. АЦП ADS1115 з I2C-інтерфейсом забезпечує високоточне перетворення аналогових сигналів від сенсорів температури та струму.
4. ОП LM358AD застосовується для підсилення сигналів перед АЦП.
5. Індикація реалізована за допомогою дисплея 1602, керованого через PCF8574APW.
6. Керування елементом Пельтьє здійснюється через транзисторний Н-міст, що дозволяє змінювати напрям струму.
7. Обмін даними з комп'ютером — за допомогою CH340T.

Розрахунок споживання дозволив підібрати необхідні елементи живлення, передбачити запас по струму для силового навантаження та оптимізувати логіку з урахуванням стабільної роботи.

Таблиця 4.1 – Розрахунковий струм системи

| Елемент | Струм, мА |
|-------------|-----------|
| ATMEGA328P | 15 |
| LCD-дисплей | 20 |
| CH340T | 15 |
| ADS1115 | 0,15 |

| | |
|---------|----|
| LM358AD | 1 |
| Діоди | 20 |

Таблиця 4.2 – Обґрунтований вибір елементів

| Параметр | Вимога | Вибраний компонент | Обґрунтування |
|------------------------|--------------------------------|--------------------|---|
| Мікроконтролер | з UART, I2C | ATMEGA328P | підтримка необхідних інтерфейсів, стабільна робота |
| АЦП | I2C, ≥ 12 біт | ADS1115IDGSR | 16-біт, 4 канали, низьке споживання, точність для температурних і струмових датчиків. |
| USB | передача даних | CH340T | Простий у використанні, передає дані в ПК. |
| Операційний підсилювач | Підсилення аналогових сигналів | LM358AD | Поширений, енергоефективний ОП для роботи з малими напругами. |

| | | | | |
|------|------|----------|--------|------|
| | | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

Продовження таблиці 4.2:

| | | | |
|-----------------------|---------------------------------|-----------------|--|
| I2C | Керування LCD через I2C | PCF8574APW | Дозволяє керувати LCD з використанням лише 2 ліній I2C. |
| Дисплей | Індикація параметрів | LCD 1602 | Зручне відображення інформації, підтримка кирилиці, сумісність з PCF8574. |
| Елемент Пельтьє | Активне охолодження | TEC1-12706 | Забезпечує кероване охолодження або нагрівання, до 60 Вт потужності. |
| H-міст | Силове керування Пельтьє | IRF540N + BC547 | Забезпечує реверс струму, витримує великі навантаження, підходить для 5 В. |
| Стабілізатор живлення | Стабілізація логічного живлення | AMS1117-3.3 | Простий стабілізатор для живлення 3.3 В від 5 В джерела. |

Розрахунок споживання системи дозволив:

- обрати стабілізатор живлення (AMS1117 з охолодженням);
- підібрати MOSFET-транзистори з відповідними струмовими характеристиками та допустимою потужністю
- уникнути перевантаження портів мікроконтролера.

-оцінити енергоспоживання кожного функціонального блоку окремо, що дало змогу спроектувати надійну та енергоефективну систему.

Таким чином, розробка електричної принципової схеми передбачає продумане з'єднання всіх компонентів, врахування параметрів живлення та керування, а також забезпечення захисту та надійної роботи системи в реальних умовах експлуатації(див. додаток Б).

ЕС ІТФ УЖНУ

| | | | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 35 |
| Змн. | Арк. | № док.им. | Підпис | Дата | | |

3.4. Аналіз роботи системи керування температурою

Система керування температурою побудована на основі мікроконтролера Arduino Nano ATmega328P-MUR, Елемента Пельтьє реалізованого через Н-міст, АЦП ADS1115IDGSR, інтерфейсу I2C PCF8574APW, конвертора USB CH340T, операційного підсилювача LM358AD, LCD-дисплея для виводу поточних значень температури.

Вона працює за принципом замкненого циклу зворотного зв'язку, включаючи етапи вимірювання, обробки, прийняття рішень та керуючого впливу.

Робота системи починається з ініціалізації та запуску, подається живлення через вимикач, напруга стабілізується конденсаторами, запускається мікроконтролер ATMEGA328P-MUR. Ініціалізується I2C інтерфейс для зв'язку з АЦП та LCD, UART для зв'язку з CH340T.

Мікроконтролер ATMEGA328P виконує:

1. Збір та валідацію даних:

- Читання даних з АЦП через I2C;
- Перевірка цілісності даних;
- Відсіювання очевидно помилкових значень.

2. Цифрову фільтрація:

- Медіанна фільтрація для усунення імпульсних завад;
- Фільтр ковзного середнього для згладжування;
- Калман-фільтр для оптимальної оцінки (при необхідності).

3. Калібрування:

- Компенсація нелінійності характеристики терморезисторів;
- Застосування калібрувальних коефіцієнтів;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

- Температурна компенсація похибок АЦП.

4. Перетворення в фізичні одиниці:

- Усереднення показань з датчиків.

Система працює в безперервному циклі, постійно зчитуючи покази температури та оновлюючи відображення на дисплеї, що забезпечує швидку реакцію на зміни температури. Завдяки такій організації роботи, система має високу ефективність та швидкість реагування на зміни навколишнього середовища, забезпечуючи надійний контроль температури навіть за мінімального навантаження.

Також, система адаптована під різні застосування, включаючи автоматизацію та IoT-системи, що дозволяє зберігати дані та отримувати інформацію про них в комп'ютер. Простота налаштування, енергоефективність і масштабованість роблять цю систему оптимальним вибором для багатьох технологічних застосувань.

У загальному підсумку, розроблена система керування температурою показала свою ефективність у реальному застосуванні, з низьким енергоспоживанням, високою точністю та стабільністю роботи в умовах постійної зміни температури. Це дозволяє забезпечити надійний моніторинг і підтримку оптимальних температурних умов для електронних компонентів.

| | | | | | | |
|------|------|--------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Адж. |
| | | | | | | 37 |
| Змн. | Адж. | № док. | Підпис | Дата | | |

4. Розрахункова частина

4.1. Основні розрахунки параметрів електричної схеми

1. Температурний сенсор на терморезисторах.

Було задано елементи:

Терморезистори: R19, R20 – 10 кОм (NTC).

Залежність опору від температури(орієнтовно):

при 25 °С ≈ 10 кОм;

при 0 °С ≈ 30 кОм;

при 100 °С ≈ 1 кОм.

Розрахунок напруги на терморезисторі у дільнику

Напруга на вузлі (вхід на ОП):

$$V_{\text{вих.}} = \frac{R_{\text{терм.}}}{R_{\text{терм.}} + R_{\text{поч.}}} (4.1)$$

де:

$V_{\text{вих.}}$ — Напруга на виході дільника — подається на вхід АЦП або ОП;

$R_{\text{терм.}}$ — Опір терморезистора, що залежить від температури;

$R_{\text{поч.}}$ — Початковий опір терморезистора.

При $T = 0 \text{ }^\circ\text{C}$, $R_{\text{therm}} \approx 30 \text{ кОм}$:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$V_{\text{вих.}} = \frac{30}{30 + 10} * 5 = \frac{30}{40} * 5 = 3.75\text{В.}$$

При $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $R_{\text{therm}} \approx 10\text{ кОм}$:

$$V_{\text{вих.}} = \frac{10}{20} * 5 = 2.5\text{В.}$$

При $T = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $R_{\text{therm}} \approx 1\text{ кОм}$:

$$V_{\text{вих.}} = \frac{1}{1 + 10} * 5 = \frac{1}{11} * 5 = 0.45\text{В.}$$

2. Операційні підсилювачі LM358AD.

Основні технічні параметри мікросхеми LM358AD:

1. Напруга живлення: 3В - 32В (одно- або двополярне);
2. Вхідна напруга зміщення: типово 2мВ, максимум 3мВ;
3. Вхідний струм зміщення: типово 20нА, максимум 50нА;
4. Коефіцієнт підсилення по напрузі: типово 100дБ;
5. Частота зрізу: типово 1МГц;
6. Швидкість наростання: 0.5В/мкс;
7. Робоча температура: -40°C до +85°C.

Розрахунок коефіцієнта підсилення (неінвертуючий режим):

$$K = 1 + \frac{R_{14}}{R_{16}} \quad (4.3)$$

де:

K — коефіцієнт підсилення (в скільки разів підсилюється сигнал);

У схемі $R14 = 2,2 \text{ кОм}$ та $R16 = 2,2 \text{ кОм}$, звідси:

$$K = 1 + \frac{2,2}{2,2} = 2\text{В.}$$

Припустимо, що на вході вихідна напруга 0.45В , звідси впливає:

$$V_{\text{вих.}} = 2 * 0,45 = 0,9\text{В.}$$

Таким чином, підсилення дозволяє використовувати весь діапазон АЦП.

3. Аналого-цифровий перетворювач(АЦП ADS115IDGSR).

Основні технічні параметри мікросхеми:

1. Розрядність: 16 біт;
2. Швидкість перетворення: до 860 SPS;
3. Вхідні канали: 4 одиночних або 2 диференційних;
4. Вбудований підсилювач з коефіцієнтами;
5. Інтерфейс: I²C;
6. Напруга живлення: 2.0В - 5.5В;
7. Внутрішній генератор опорної напруги: 2.048В;
8. Робоча температура: -40°C до +125°C;

Роздільна здатність: 16 біт.

Мінімальна різниця, яку може виміряти:

| | | | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № док.им. | Підпис | Дата | | |

$$\Delta V = \frac{V_{\text{оп.}}}{2^{16}} (4.4), \text{ звідси:}$$
$$\Delta V = \frac{V_{\text{оп.}}}{2^{16}} + \frac{4,096}{65536} = 62,5 \text{ мкВ}$$

Крок напруги:

$$LSB = \frac{V_{\text{пов.}}}{2^{16}} (4.5), \text{ звідси:}$$
$$LSB = \frac{V_{\text{пов.}}}{2^{16}} = \frac{8,192}{65536} \approx 125 \text{ мкВ}$$

4. Шунт для вимірювання струму.

R24 = 0,01 Ом, припустимо максимальний струм 2 А:

Напруга на шунті:

$$V = I * R (4.6), \text{ звідси:}$$
$$V = I * R = 2 * 0,01 = 0,02 \text{ В} = 20 \text{ мВ}$$

Якщо підсилити через ОП з K=100:

$$V_{\text{вих}} = 20 \text{ мВ} * 100 = 2 \text{ В}$$

Цей сигнал подається на АЦП для контролю струму.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | 41 |

1. Кварцові резонатори

Кварцові резонатори потребують певної навантажувальної ємності для стабільної та точної роботи на заданій частоті.

Розрахуємо ефективну навантажувальну ємність для кварцових резонаторів Y1 та Y2:

$$C_L = \frac{C_{13} * C_{14}}{C_{13} + C_{14}} + C_{\text{пар.}} \quad (4.7)$$

де:

C_L – ефективна навантажувальна ємність

$C_{\text{пар.}}$ – паразитна ємність

Для Y1:

$$C_L = \frac{27 * 27}{27 + 27} + 5 = 18,5 \text{ пФ}$$

Для Y2:

$$C_L = \frac{22 * 22}{22 + 22} + 5 = 16 \text{ пФ}$$

Зазвичай кварцові резонатори на 16МГц мають навантажувальну ємність 18-20пФ, а на 12МГц 15-20пФ. Отже, за нашими розрахунками підібрані конденсатори підходять для коректної роботи.

| | | | | | | |
|------|------|-----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Змн. | Арк. | № док.им. | Підпис | Дата | | |

5. Висновки

Відповідно до поставленого технічного завдання, було розроблено систему керування та моніторингу температурою електронних компонентів на основі мікроконтролера та сенсорів. На основі проведеного аналізу розроблена електрична принципова схема та структурна схема, які відповідають вимогам технічного завдання.

Згідно до ТЗ система має такі параметри:

- | | |
|-------------------------------------|---|
| 1. Діапазон вимірювання температури | від $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| 2. Точність вимірювання температури | $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ |
| 3. Джерело живлення | 5 В |
| 4. Роздільна здатність АЦП | 16 біт |
| 5. Тип дисплея | LCD16x2 |
| 6. Передача даних через IoT | USB-інтерфейс |

При виконанні проектування було задіяно комплекс проектно-конструкторських програм «Dip Trace», «AutoCAD 2024».

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Перелік літератури

1. Луцик Я.Т. Вимірювання температури: теорія та практика / Я.Т. Луцик, О.П. Гук, О.І. Лах, Б.І. Стадник. – Львів : Вид-во "Бескид Біт", 2006. – 560 с.
2. HLC Metal Parts. What is a heat sink?:
«<http://ua.hlc-metalparts.com/news/what-is-a-heat-sink-76991685.html>. »
3. 2E Gaming. Ефективна повітряна система охолодження процесора:
«<https://2egaming.com/efektyvna-povitriana-systema-okholodzhennia-protsesora-2e/>.»
4. Елемент Пельтьє:
«<https://klifex.ua/element-pelt%D1%94>».
5. «<https://www.k206.net/ua/catalog/1189/9030/>».
6. Arduino.ua. Датчик вологості та температури: «<https://arduino.ua/ru/prod185-datchik-vlajnosti-i-temperaturi->».
7. Botland. Czujnik temperatury DS18B20 cyfrowy 1-Wire THT– Режим доступу:
«<https://botland.com.pl/cyfrowe-czujniki-temperatury/165-czujnik-temperatury-ds18b20-cyfrowy-1-wire-tht-5904422366513>».
8. Датчик температури DS18B20:
« <https://store.creasol.it/en/sensors/36-ds18b20-digital-1-wire-sensor.html> ».
9. Розробка засобів вимірювання температури:
«<https://surl.li/cesrym>».
10. Botland. Vergleich der Mikrocontroller: «<https://botland.de/blog/vergleich-der-mikrocontroller-stm32-und-esp32/>».
11. Терморегулятор:
«<https://elektrik.info/main/praktika/758-termoregulyator-dlya-pogreba-svoimi-rukami.html>».
12. Технічні параметри та способи застосування ATMEGA328P-MUR:
«<https://surl.li/wwlvfh>».

13. AVR мікроконтролер з підтримкою внутрішньо-системного програмування:
«<https://surl.li/luauco>».

14. ResearchGate. Distributed system for indoor temperature control:
«https://www.researchgate.net/publication/261428699_Distributed_system_for_indoor_temperature_control».

15. ResearchGate. Temperature control algorithm:
«https://www.researchgate.net/figure/Temperature-control-algorithm_fig2_261428699».

16. Технічні параметри та способи застосування ATMEGA328P-MUR:
«<https://surl.li/wwlvfh>».

17. What Arduino Nano Board is and how it works:
«<https://surl.li/jymmph>».

18. Технічні параметри та способи застосування LM358AD:
«<https://surli.cc/udelbs>».

19. Технічні параметри та способи застосування PCF8574APW:
«<https://surl.li/crseeq>».

20. Технічні параметри та способи застосування SN340T:
«<https://surli.cc/lwocvk>».

21. Технічні параметри та способи застосування LCD1602A:
«<https://surl.li/qxvjeu>».

22. LCD 16×2 Pin Configuration and Its Working:
«<https://surli.cc/vfgnrf>».

23. Технічні параметри та способи застосування ADS1115IDGSR:
«<https://surl.li/clxeqv>».

24. TheEngineeringProject. Introduction to 2sc4793:
«<https://surl.li/jlmzpj>».

25. EngineersGarage. All about FINFET:
«<https://surl.li/mlfufz>».

| Поз. познач. | Найменування | Кіл. | Примітка |
|--------------|--------------------------------------|------|----------|
| | <u>Конденсатори</u> | | |
| C1, C2 | C0603C220J5GACTU 50B 22пФ ±5% | 2 | |
| C3, C4 | CC0805KRX7R9BB104 50B 0,1мкФ ±10% | 2 | |
| C5, C6 | C0603C220J5GACTU 50B 22пФ ±5% | 2 | |
| C7, C8 | GRM1885C1H102JA01D 50B 1нФ ±5% | 2 | |
| C9 | CL31B106MOHNNNE 16B 10мкФ ±10% | 1 | |
| C10 | CKG57NX7S1C107M500JH 16B 100мкФ ±20% | 1 | |
| C11, C12 | CL31B106MOHNNNE 16B 10мкФ ±10% | 2 | |
| C13, C14 | GRM1555C1H270JA01D 50B 27пФ ±5% | 2 | |
| C15 | CGA9N3X7R1C476M230KB 16B 47мкФ ±20% | 1 | |
| | <u>Мікросхеми</u> | | |
| DD12 | LM358AD | 1 | |
| DD2.2 | LM358AD | 1 | |
| DD3 | ADS1115IDGSR | 1 | |
| DD4 | ATMEGA328P-MUR | 1 | |
| DD5 | PCF8574APW | 1 | |
| DD6 | LCD1602 | 1 | |
| DD7 | CH340T | 1 | |
| | <u>Інші компоненти</u> | | |
| X1, X2 | Роз'єм 90131-0121 | 2 | |
| X3 | Роз'єм CON4M | 1 | |
| SA1 | Вимикач живлення ЗА | 1 | |
| | <u>Кварцеві резонатори</u> | | |
| Y1 | Кварцевий резонатор 16МГц | 1 | |
| Y2 | Кварцевий резонатор 12МГц | 1 | |

| | | | | | | | | |
|-----------|------|---------------|--------|------|----------------------|------------------|------|---------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.01 ПЕ | | | |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
| Розроб. | | Сабов С.С. | | | Перелік елементів | Літ. | Арк. | Аркушів |
| Перевір. | | Слесивих О.О. | | | | | 1 | 2 |
| Реценз. | | | | | | УжНУ, ІТФ ЕС 4к. | | |
| Н. Контр. | | Папп О.В. | | | | | | |
| Затверд. | | Заяць Т.М. | | | | | | |

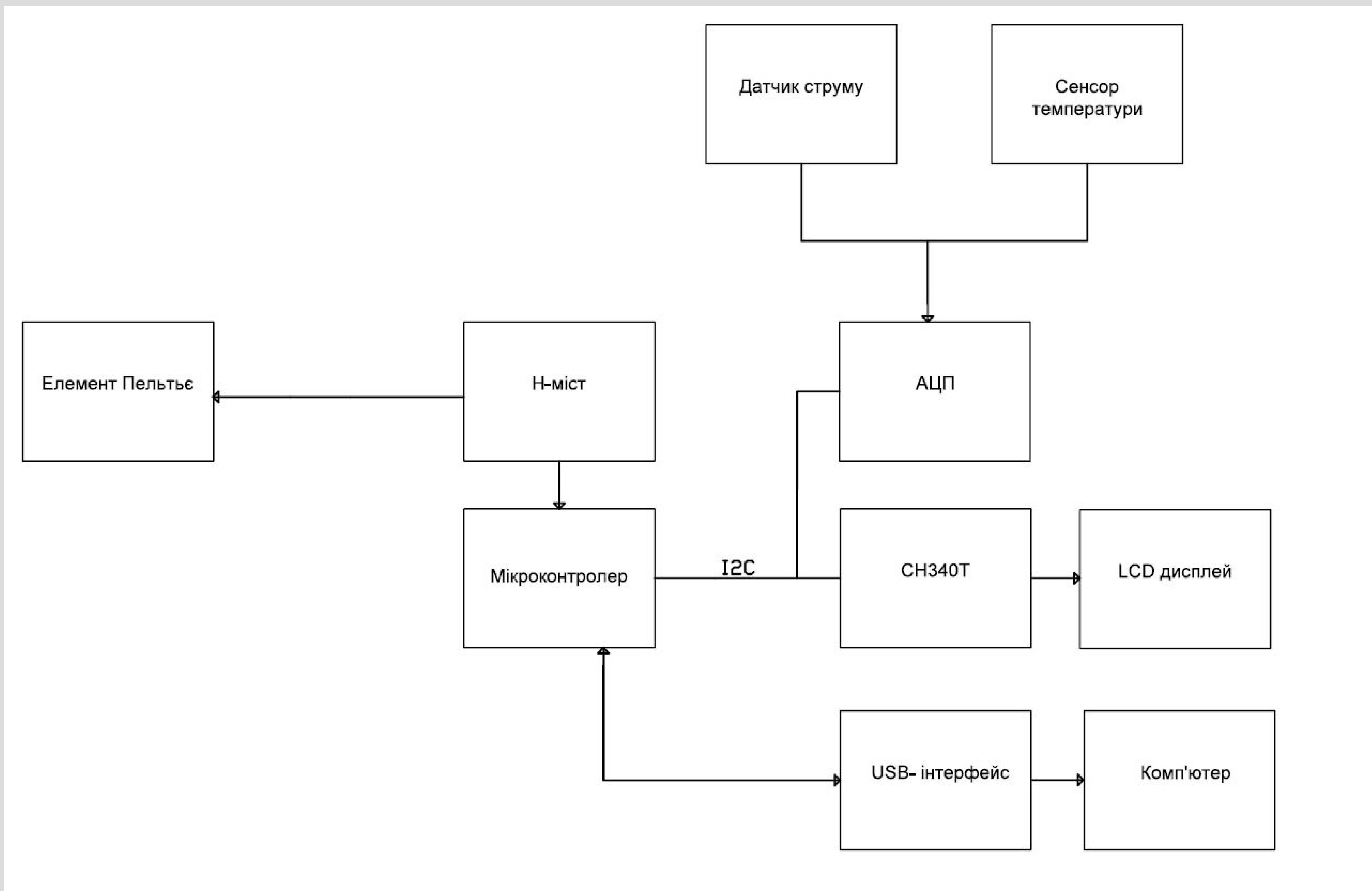
ЕС ДОДАТКИ

Додаток А. Схема структурна КРБ ЕС.9469519.001 Е1

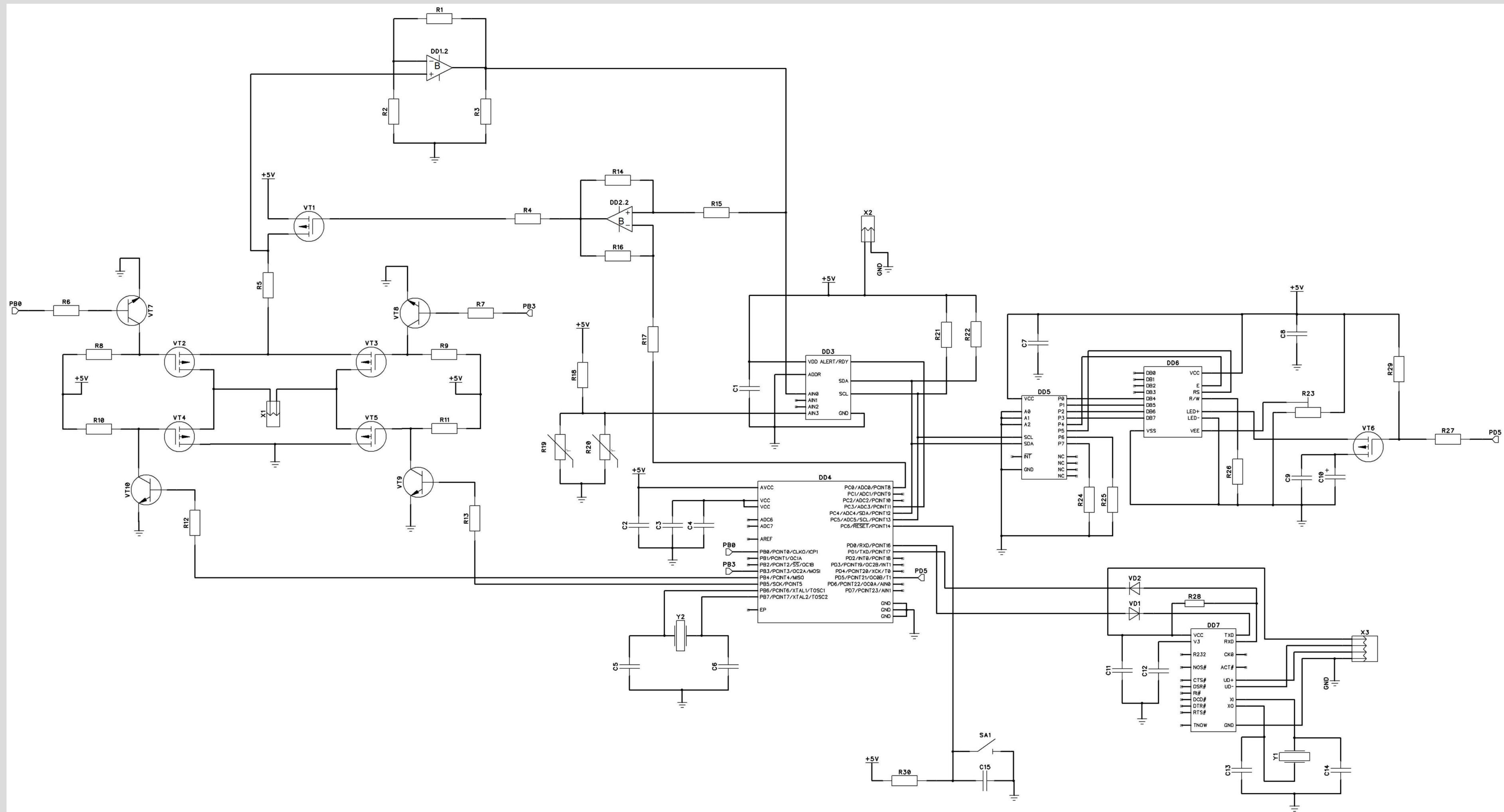
Додаток Б. Схема електрична принципова КРБ ЕС.9469519.001 Е3

Додаток В. Перелік елементів КРБ ЕС.9469519.001 ПЕ

Додаток Г. Специфікація КРБ ЕС.9469519.001 СП



| | | | | | | | | |
|----------|------------|---------------|--------|------|---|------|---------|------------------|
| | | | | | КРБ ЕС.9469519.001 Е1 | | | |
| Зм. | Лит. | № докум. | Підпис | Дата | Створення системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів на основі мікроконтролера та сенсорів | | | |
| Розроб. | | Сайко С.С. | | | | | | |
| Перевір. | | Слесивих О.О. | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | Лист | Маса | Масштаб | |
| | | | | | Аркуш | 1 | Аркушів | 1 |
| Н. конт. | Попт. О.В. | | | | Структурна схема | | | |
| Затверд. | Зяць Т.М. | | | | | | | УжНУ, ІТФ ЕС 4к. |



| | | | | | КРБ ЕС.94.69519.001 ЕЗ | | |
|---------|---------------|--------|--------|------|---|------|---------|
| Зм | Лит | № док. | Підпис | Дата | Створення системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів на основі мікроконтролера та сенсорів | | |
| Розроб | Сабод С.С. | | | | Лит | Маса | Масштаб |
| Перевір | Спесивих О.О. | | | | Аркуш | 1 | Аркушів |
| Н конт | Поп О.В. | | | | Схема електрична принципова | | |
| Затверд | Зяць Т.М. | | | | УжНУ, ІТФ ЕС 4к. | | |

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

Заяць Парас Михайлович

Студента (-ки) 4 курсу
спеціальності 171 Електроніка
Сабов Сергій Сергійович
(прізвище, ініціали)

ЗАЯВА

щодо самостійного виконання навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Сабов Сергій Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) денної форми навчання, ІТФ, 4 курс
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: Створення системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів на основі мікроконтролера та сенсорів.
виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

Всі запозичення з друкованих та електронних джерел, а також із захищених раніше робіт мають відповідні посилання. Я ознайомлений(а) з діючим Положенням, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску навчальної/кваліфікаційної роботи до захисту та притягнення до академічної відповідальності.

19.06.25
Дата

Підпис

Додаток 2.

ДОВІДКА
про результати перевірки на унікальність
кваліфікаційної, навчальної (курсної) роботи

| | |
|--|---|
| Автор роботи | Сабов Сергій Сергійович |
| Назва роботи | Створення системи моніторингу та керування температурою на основі мікроконтролера та сенсорів |
| Спеціальність | 171, Електроніка |
| Курс | 4 |
| Факультет | ІТФ |
| Кафедра | ЕС |
| Керівник роботи | |
| Роботу перевірено в програмі | StrikePlagiarism |
| Додано до бази даних | |
| Ідентифікаційний номер роботи | |
| Результати перевірки | |
| Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ | |
| Показник унікальності тексту в мережі Інтернет | |

Відповідальна особа/
Науковий керівник роботи

(прізвище, ініціали)

19.06.25

Дата

Підпис

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Сабов С.С.

Співавтор:

Назва: Створення системи моніторингу та керування температурою електронних компонентів на основі мікроконтролера та сенсорів

Науковий керівник: Ігор Михайлович Юркін

Підрозділ: Department

Коефіцієнт подібності 1:10.3%

Коефіцієнт подібності 2:0.9%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 20

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-18 13:49:46.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Дата

експерт