

Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
(повна назва кафедри)

Житомир 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій
Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

інформаційно-вимірювальних технологій

д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

«4» квітня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент Крамарчуку Данііла Максимовича

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система безконтактного моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету

Затверджена Наказом по університету від «4» квітня 2025 р. № 132/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру «12» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи вивід виміряних значень температури тіла відвідувачів на дисплей, розрахунок надійності та точності вимірювання температури тіла відвідувача, точність системи не менше $\pm 0,4$ °С.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці) технічне завдання, опис сучасних пристроїв вимірювання температури тіла, розробка структурної та принципової схеми, розробка блок-схеми алгоритму та програми, розробка друкованої плати

5. Перелік графічного матеріалу (з точним визначенням обов'язкових креслень)

Структурна схема, принципова схема, блок-схема алгоритму, друкована плата

6. Консультанти з кваліфікаційної роботи бакалавра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-7	Пількевич І.А.		

7. Дата видачі завдання 4 квітня 2025 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання структури змісту	4.04.2025-20.04.2025	
2	Опис та аналогічній пристроїв вимірювання температури	12.04.2025-21.04.2025	
3	Опис технічного завдання	22.04.2025-24.04.2025	
4	Обґрунтування складових елементів системи	25.04.2025-28.04.2025	
5	Розробка структурної та принципової схем системи	29.04.2025-01.04.2025	
6	Розрахунок надійності та точності системи	02.05.2025-03.05.2025	
7	Розробка блок-схеми алгоритму та програми	05.05.2025-07.05.2025	
8	Оформлення пояснювальної записки та презентації	10.05.2025-10.06.2025	

Студент _____ Крамарчук Д.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Пількевич І.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему «Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система безконтактного моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету» охоплює 63 сторінки, включає 21 рисунок, 4 таблиці, 5 формул і список із 24 використаних джерел.

У роботі розглянуто доцільність створення системи для безконтактного контролю температури тіла людини, що підтверджується її актуальністю в сучасних умовах. Наведено опис основних функціональних можливостей системи, здійснено обґрунтований вибір її компонентів. Розроблено структурну та принципову схеми, виконано проєктування друкованої плати. Створено блок-схему алгоритму роботи пристрою та запрограмовано мікроконтролер відповідно до розробленої логіки.

У роботі також здійснено розрахунок точності та надійності запропонованої системи моніторингу температури тіла.

Ключові слова: температура, моніторинг, мікроконтролер, температурний датчик.

ANNOTATION

Bachelor's qualification work on the topic "Computerized information and measuring system for non-contact monitoring of body temperature of supermarket visitors" covers 63 pages, includes 21 figures, 4 tables, 5 formulas and a list of 24 sources used.

The work considers the feasibility of creating a system for non-contact monitoring of human body temperature, which is confirmed by its relevance in modern conditions. A description of the main functional capabilities of the system is given, a reasoned choice of its components is made. A structural and principle diagram has been developed, a printed circuit board has been designed. A block diagram of the device's operation algorithm has been created and a microcontroller has been programmed in accordance with the developed logic.

The work also calculates the accuracy and reliability of the proposed body temperature monitoring system.

Keywords: temperature, monitoring, microcontroller, temperature sensor.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	8
1.1. Призначення та область застосування.....	8
1.2. Умови експлуатації	9
1.3. Технічні параметри системи.....	9
1.4. Вимоги до конструктивного оформлення.....	11
2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗІСНУЮЧИХ СИСТЕМ	12
2.1. Основні поняття вимірювання температури	12
2.2. Існуючі системи вимірювання температури	13
3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМ.....	19
3.1. Обґрунтування складових системи.....	19
3.2. Обґрунтування мікроконтролера.....	20
3.3. Обґрунтування датчика температури.....	21
3.4. Обґрунтування джерела живлення.....	22
3.5. Обґрунтування дисплея.....	24
3.6.Обґрунтування кнопки.....	24
3.7.Обґрунтування звукового оповісника.....	25
3.8. Структурна схема.....	27
4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	29
4.1. Вибір мікроконтролера.....	29
4.2. Вибір датчика температура.....	31
4.3. Вибір дисплея.....	32
4.4.Вибір динаміка.....	34
4.5.Вибір кнопок	35
4.6. Вибір джерела живлення.....	37
4.7. Побудова принципової схеми.....	38
5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ.....	41
5.1. Алгоритм програми	41
5.2. Розробка програми.....	43
6. КОНСТРУКТОРЬСКА ЧАСТИНА.....	45
6.1.Розробка друкованої плати.....	45
6.2. Розрахунок надійності системи.....	48
6.3. Розрахунок похибки вимірювання температури.....	52
7.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	56
7.1. Охорона праці.....	56
7.2. Умови охорони праці при роботі з безконтактним термометром.....	57
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система безконтактного моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету	Літ.	Арк.	Аркшів	
Розробив		Крамарчук Д.М.					5	61	
Перевірив		Плькевич Н.А.				ДУ «Житомирська політехніка», ІВТК-4			
Рецензент									
Н. контр.									
Затверд.		Подчашинський Ю.О.			Пояснювальна записка				

ВСТУП

Актуальність розробки. У сучасних умовах підвищених вимог до епідеміологічної безпеки, особливо після пандемії COVID-19, контроль температури тіла людей у громадських місцях набуває особливої важливості. Супермаркети, як об'єкти з великою відвідуваністю, потребують ефективних рішень для швидкого та безконтактного виявлення осіб з підвищеною температурою, що може свідчити про потенційну загрозу поширення інфекцій.

Традиційні методи температурного скринінгу, які передбачають участь обслуговуючого персоналу, є малоефективними у великих потоках людей, мають обмежену швидкість та вимагають додаткових ресурсів. У зв'язку з цим зростає потреба у впровадженні автоматизованих, комп'ютеризованих систем, які здатні оперативно та точно вимірювати температуру без фізичного контакту з людиною.

Розробка такої системи дозволяє підвищити рівень безпеки, зменшити ризики зараження персоналу, скоротити витрати на обслуговування, а також забезпечити безперервний моніторинг температурного стану відвідувачів у режимі реального часу.

Таким чином, створення комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи безконтактного моніторингу температури тіла є актуальним технічним рішенням, яке відповідає сучасним вимогам до безпеки, автоматизації та цифровізації процесів у сфері обслуговування населення.

Мета роботи є розробка комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для безконтактного моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету, яка забезпечує високу точність вимірювання, надійність роботи та можливість інтеграції в сучасні автоматизовані системи безпеки.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єктом дослідження є процес моніторингу фізіологічних параметрів людини, зокрема температури тіла, в умовах масового відвідування громадських закладів.

Предметом дослідження є технічні засоби, методи та алгоритми реалізації комп'ютеризованої системи безконтактного вимірювання температури тіла людини на базі мікроконтролера з використанням інфрачервоного сенсора та відповідного програмного забезпечення.

Для комп'ютеризованої системи моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету необхідно виконати наступні **задачі**:

1. Провести аналіз існуючих систем для безконтактного моніторингу температури тіла у громадських місцях, зокрема в супермаркетах.
2. Сформувати структурну схему розроблюваної системи моніторингу температури тіла відвідувачів.
3. Виконати технічне обґрунтування вибору основних компонентів системи.
4. Розробити принципову електричну схему системи вимірювання температури.
5. Спроектувати друковану плату для реалізації апаратної частини пристрою.
6. Створити блок-схему алгоритму функціонування системи та розробити програмне забезпечення для мікроконтролера.
7. Провести оцінку точності вимірювання та визначити надійність роботи системи в реальних умовах експлуатації.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1.1 Призначення та область застосування

Комп'ютеризована система повинна в автоматичному або в автоматизованому режимі забезпечити безконтактне вимірювання температури тіла відвідувачів у режимі реального часу.

Розроблена комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система безконтактного моніторингу температури тіла призначена для використання в місцях масового скупчення людей, де необхідне швидке та ефективне виявлення осіб із підвищеною температурою. Така система може бути інтегрована у загальну інфраструктуру безпеки та контролю доступу.

Основні сфери застосування:

- супермаркети та торговельні центри;
- навчальні заклади (школи, університети);
- медичні установи (лікарні, поліклініки);
- офіси, державні установи та адміністративні будівлі;
- підприємства з великою кількістю працівників;
- транспортні вузли (аеропорти, вокзали, метро).

Потрібно спроектувати структурну схему системи, здійснити обґрунтований вибір її компонентів, розробити принципову електричну схему, створити алгоритм функціонування системи та реалізувати його у вигляді програмного коду для мікроконтролера.

Початок розробки – 4 квітня 2025 р.

Кінець розробки – 10 червень 2025 р.

1.2 Умови експлуатації

- Температура навколишнього середовища: від +15 °С до +45 °С;
- Відносна вологість: до 85% при температурі +25 °С;
- Атмосферний тиск: у межах 600–800 мм рт. ст.;

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Хімічно активні речовини: відсутні у середовищі експлуатації;
- Механічні впливи (вібрація, удари, тряска): можливі, але в межах, допустимих для стандартного електронного обладнання;
- Характер роботи: періодичне або разове спрацювання при проходженні відвідувача;
- Системна ремонтпридатність: забезпечується можливістю заміни або перепрошивки окремих модулів;
- Живлення системи: стабілізоване джерело постійної напруги 5 В.

Монтаж: у закритих приміщеннях, захищених від прямого сонячного випромінювання та протягів, які можуть впливати на точність вимірювання.

Експлуатація системи здійснюється в умовах закритих приміщень з дотриманням встановлених температурно-вологісних параметрів, за наявності стабільного джерела живлення та відсутності агресивних середовищ. Система функціонує в автоматичному режимі без постійного втручання оператора, потребує лише періодичного технічного обслуговування та контролю працездатності..

1.3 Технічні параметри системи

Система безконтактного моніторингу температури тіла відвідувачів має кілька функціональних входів та виходів, що забезпечують її роботу в автоматичному режимі.

На вхід системи подається:

- сигнал з кнопки запуску або активації системи;
- сигнали від одного або двох інфрачервоних датчиків температури, що зчитують теплове випромінювання з поверхні тіла людини;
- стабілізоване живлення від зовнішнього джерела або акумулятора (5 В постійного струму).

На виході система формує:

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- цифрові дані про температуру, які відображаються на дисплеї у вигляді середнього значення вимірів;
- керуючі сигнали для світлодіодних індикаторів: зелений — при нормальній температурі, червоний – при виявленні перевищення допустимого порогу;
- сигнал для звукового сповіщення (бузер), який активується у разі виявлення підвищеної температури.

Центральною частиною системи є мікроконтролер, який здійснює обробку вхідної інформації, виконує обчислення, аналізує значення температури, приймає рішення щодо виводу на дисплей, активації індикаторів та звукової сигналізації. Завдяки швидкодії мікроконтролера забезпечується оперативна реакція системи на зміну температурних показників.

Режими роботи системи: автоматичний.

Технічні характеристики системи та її основних компонентів:

- Точність вимірювань: відносна похибка не перевищує 1%, похибка вимірювання не перевищує $\pm 0,4$ °C;
- Діапазон вимірювання температури: від 0 °C до +45 °C, при цьому для тіла людини – від +32 °C до +42,9 °C;
- Надійність роботи: ресурс напрацювання на відмову не менше 13 700 годин;
- Вимірювальний модуль: температурний датчик з інтерфейсом I²C.

Інтерфейси та додаткові функції: вбудований дисплей для відображення поточних температурних значень, два світлодіоди для світлової індикації результатів вимірювань, а також звуковий сигналізатор для сповіщення про критичні значення температури.

Система спроектована на основі уніфікованих та стандартизованих компонентів, що забезпечує її сумісність та простоту обслуговування.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Вимоги до конструктивного оформлення

Конструктивно система має розміщуватися у пластиковому корпусі зі спеціальними отворами та кріпленнями для дисплея, двох світлодіодів, кнопки управління, динаміка та акумулятора; всі компоненти повинні бути надійно зафіксовані всередині корпусу.

Розміри установки становлять $150 \times 50 \times 50$ мм, при цьому розмір друкованої плати – 61×36 мм.

Температурний датчик підключається через інтерфейс I²C.

Дисплей послідовно підключається за допомогою інтерфейсу I²C.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1. Основні поняття про вимірювання температури

Температура – це фізична величина, яка вказує на ступінь нагрітості тіла або середовища. Вона пов'язана зі швидкістю руху частинок, з яких складається речовина: чим інтенсивніше рухаються молекули, тим вища температура. У фізиці температуру розглядають як міру середньої кінетичної енергії частинок.

Температуру можна вимірювати різними способами. Для цього використовують спеціальні прилади – термометри. Залежно від типу термометра та середовища, температуру вимірюють через розширення рідини (наприклад, у ртутних термометрах), зміну електричного опору або через фіксацію інфрачервоного випромінювання, яке виділяється тілом.

У світі існує кілька основних температурних шкал, серед яких найпоширенішими є шкала Цельсія, Фаренгейта та Кельвіна. У побуті в Україні використовується переважно шкала Цельсія, де точка замерзання води дорівнює 0 градусів, а точка кипіння – 100. У США поширена шкала Фаренгейта, в якій ці ж фізичні явища відповідають 32 і 212 градусів відповідно. У науковій сфері застосовують шкалу Кельвіна, яка починається з абсолютного нуля – найнижчої можливої температури.

Нормальна температура тіла людини зазвичай знаходиться в межах від 36,1 до 37,2 градуса Цельсія. Найпоширеніше значення – 36,6 °C, але воно може змінюватись протягом дня, залежно від фізичної активності, емоційного стану, віку та інших факторів. У дітей, наприклад, температура часто буває трохи вищою, ніж у дорослих.

Вимірювання температури тіла можна проводити у різних ділянках: найчастіше – під пахвою, що є зручним, хоча й не завжди точним способом. Більш точні методи – це вимірювання у роті (орально) або в прямій кишці (ректально), особливо у дітей або пацієнтів у важкому стані.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також використовуються вушні (тимпанічні) та лобові (скроневі) методи за допомогою інфрачервоних термометрів, які забезпечують миттєвий результат без фізичного контакту.

Сучасна медицина користується різними типами термометрів. Ртутні термометри, які довгий час вважались найточнішими, нині витісняються через ризик отруєння ртуттю. Їх замінюють електронні термометри, які є безпечними, швидкими та зручними у використанні. Ще один популярний варіант – інфрачервоні термометри, які можуть вимірювати температуру безконтактно або через вухо чи лоб. У деяких випадках застосовують також термострічки, що кріпляться на лоб, проте їхня точність обмежена..[1]

2.2. Існуючі системи вимірювання ваги

Термометр електронний медичний Longevita MT-4218 представлений на рис.2.1.

Термометр електронний медичний Longevita MT-4218 володіє високоточним рідкокристалічним збільшеним дисплеєм. На ньому після застосування відображається одержуваний результат. Це великі цифри, які легко читаються.



Рис.2.1. Зовнішній вигляд термометру медичного 2В RJT-002

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Термометр електронний вимірює температуру протягом 30 секунд. По закінченню подається звуковий сигнал. Це оптимальний спосіб дізнатися про стан організму без зайвих очікувань і витрати часу.

- Звуковий сигнал при нормальному показнику температури 10 тривалих звукових сигналів протягом 10 секунд;
- Звуковий сигнал при високому показнику температури 30 коротких звукових сигналів протягом 10 секунд⁴
- Автоматичне вимкнення через 10 хвилин.

Особливості та переваги:

- простота і зручність застосування;
- висока точність вимірювань;
- безпека за рахунок відсутності ртуті;
- швидке вимірювання - всього 30 секунд;
- легкість і компактність;
- багаторазовість використання;
- гігієнічність завдяки виготовленню з полімеру, який легко миється і не вбирає запахи.

Характеристики:

- Тип: Термометр;
- Принцип дії: Електронний;
- Одиниця виміру: ° C;
- Мінімальний діапазон вимірювань: 32;
- Максимальний діапазон вимірювань: 42.0;
- температурний дозвіл: 0.1;
- Похибка, +/-: 0.1.[2]

Пірометр інфрачервоний до 600 °C WINTACT WT326B представлений на рис.2.2. Пірометр інфрачервоний WINTACT WT326B – сучасний та високоточний прилад, призначений для вимірювання температури поверхні об'єктів без контакту. енергію в електричний сигнал, який після посилення та обробки відображається на РК-дисплеї.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд пірометра WINTACT WT326B

Технічні характеристики WINTACT WT326B:

- Спосіб вимірювання: Безконтактний;
- Діапазон виміру: -50 - 600 °C;
- Дискретність: 0,1 °C;
- Спектральний діапазон: 5 – 14 мкм;
- Помилка: $\pm 1,5\%$;
- Коефіцієнт випромінювання: 0.10 – 1.00;
- Коефіцієнт візування: 12:1;
- Особливості: High/Low, AT;
- Термопара: Ні;
- Час відгуку: 500 мс;
- Робоча температура: 0 ° C - 40 ° C;
- Харчування 2 шт. 1,5 В ААА.[3]

Пірометр для тіла Wintact WT3652 представлений на рис.2.3.

Медичний пірометр WT3652 призначений для безпечного та швидкого вимірювання температур як тіла людини, так і поверхонь.

Особливостями є висока точність і кольорова сигналізація про перевищення нормального значення температури.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.2.3. Пірометр для тіла Wintact WT3652

Безконтактний термометр для тіла WT3652 забезпечує швидке й безпечне вимірювання температури як людського тіла, так і різних поверхонь. Серед його основних переваг – висока точність вимірювань і кольоровий індикатор, який сигналізує про перевищення нормального температурного рівня.

Технічні характеристики:

- Тип: інфрачервоний;
- Область виміру: температури різні частини тіла , лоб;
- Діапазон вимірювань температури: 32-42.9 °С;
- Похибка: ± 0.3 °С;
- Кількість збережених вимірювань: 32;
- Тривалість вимірювання температури: 2 с;
- Додаткові функції: вимірює температуру предмета;
- Тип елемента живлення: 2 x AAA;
- Індикатор стану заряду батареї: так;
- Габарити (ВхШхГ): 16 x 8.2 x 4.2 см;
- Вага: 170 г;
- Колір білий.[4]

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пірометр Crown CT44037 на рис.2.4.



Рис.2.4. Пірометр Crown CT44037

Crown CT44037 – це інфрачервоний (безконтактний) термодетектор у форматі «пістолета», який призначений для точного та швидкого вимірювання температури об'єктів шляхом аналізу теплового випромінювання. Пірометр підходить для побутових та напівпрофесійних застосувань – в ремонті, комунальних службах, будівництві, обрізці двигунів, перевірці електропроводки та вентиляційних систем.

Технічні характеристики пірометр Crown CT44037:

- Діапазон вимірювань: від $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-58\text{ }^{\circ}\text{F} \dots +1112\text{ }^{\circ}\text{F}$) – охоплює широкий спектр температурних задач;
- Оптичне розширення (D/S): 12:1 – дозволяє вимірювати невеликі чи віддалені об'єкти без втрати точності;
- Коефіцієнт емісії: 0,95 – універсальна, передвстановлена величина, яка підходить для переважної більшості матеріалів;
- Точність: $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ при температурах нижче $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ і $\pm 1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – вище $0\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- Чутливість дисплею: $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ або $0,1\text{ }^{\circ}\text{F}$ – забезпечує детальний аналіз;

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Час відгуку: приблизно 0,5 секунди – максимально оперативне вимірювання;

– Живлення: 2 × AAA батарейки, що робить пристрій автономним і портативним;

– Робочий діапазон температур: від 0 до +40 °C при відносній вологості 10–90 % (умови зберігання аналогічні);

– Фізичні параметри: вага близько 0,116 кг, компактні розміри – 16,7×9,7×4,4 см [5].

З одного боку – невеликі медичні термометри (2B RJT-002) та безконтактні медичні пірометри (Wintact WT3652) підходять для персонального чи точкового сканування. З іншого боку – технічні пірометри (Crown CT44037, Wintact WT326B) – призначені для вимірів об'єктів та пояснюють алгоритм інтерфейсу і діапазону.

Недоліки існуючих систем наступні. Crown CT44037 має обмежену точність, відсутність лазера і підсвітки, немає пам'яті вимірів і максимальний діапазон до 600°C. Wintact WT3652 обмежений у діапазоні (до 43°C для тіла), має невисоку надійність, коротку відстань вимірювання та не має додаткових функцій. Wintact WT326B може мати похибку до ±1.5%, не підтримує утримання даних і підсвітку, також має максимальний діапазон до 600°C і не зберігає попередні виміри.

Розробка власної комп'ютеризованої системи моніторингу дозволить об'єднати кращі особливості безконтактної технології, автоматизувати обробку результатів і налаштувати інтелектуальний контроль доступу на вході до супермаркету.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ ТА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

3.1. Обґрунтування складових системи

Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система безконтактного моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету повинна виконувати такі функції:

- Система повинна жити автономно, забезпечуючи незалежність від зовнішніх джерел електроенергії.
- Вимірювати та моніторити температуру тіла відвідувачів безконтактним способом для швидкого та безпечного контролю.
- Відображати виміряні температурні дані на дисплеї для оперативного ознайомлення персоналу.
- Обробляти вхідні сигнали від датчиків температури, усереднювати їх та виводити точний результат на екран.
- Забезпечувати звукове оповіщення у разі критичних значень температури для негайного реагування.

Відповідно до описаних функцій, для нашої комп'ютеризованої системи безконтактного моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету потрібні такі складові:

1. Мікроконтролер здійснює управління системою: приймає вхідні сигнали з двох датчиків температури та кнопки, усереднює отримані значення температури, виводить результати на дисплей та подає сигнал на динамік у разі критичних значень температури.
2. Два датчики температури для безконтактного вимірювання температури тіла відвідувачів.
3. Кнопка увімкнення/вимкнення, що контролює подачу живлення на систему.
4. Дисплей відображає виміряні та усереднені значення температури в реальному часі.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Динамік для звукового оповіщення при перевищенні критичних температурних порогів.

6. Акумулятор, що забезпечує автономне живлення системи, дозволяючи їй працювати незалежно від зовнішніх джерел живлення.

3.2. Обґрунтування мікроконтролера

Мікроконтролер – це компактна та енергоефективна інтегральна схема, призначена для керування електронними пристроями та системами. Він поєднує в одному чіпі обчислювальний блок (процесор), пам'ять (оперативну та постійну) і різноманітні периферійні компоненти.

Основні особливості мікроконтролерів:

1. Висока інтеграція – процесор, пам'ять і периферія розміщені на одному кристалі, що знижує розмір і вартість пристрою.

2. Спеціалізація – призначені для виконання конкретних задач у вбудованих системах, на відміну від універсальних мікропроцесорів.

3. Енергоефективність – оптимізовані для низького споживання енергії, що важливо для портативних і автономних пристроїв.

4. Надійність – розраховані на тривалу роботу в різних умовах.

5. Робота в режимі реального часу – швидко реагують на зовнішні події, що необхідно у багатьох застосуваннях.

6. Вбудована периферія – включають таймери, АЦП, ЦАП, інтерфейси зв'язку тощо.

7. Програмованість – дозволяють змінювати алгоритми роботи через перепрограмування, часто з використанням вбудованої флеш-пам'яті.

8. Захист – мають засоби для запобігання несанкціонованому доступу і копіюванню програмного забезпечення.

9. Різноманітність – існують мікроконтролери з різними характеристиками продуктивності, пам'яті та периферії, що дозволяє підібрати оптимальний варіант для різних задач.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

10. Засоби розробки – підтримують широкий спектр інструментів для програмування і налагодження (компілятори, симулятори, програматори, відладчики) [6].

Завдяки цим властивостям мікроконтролери є ідеальним рішенням для багатьох вбудованих систем – від простих побутових приладів до складних промислових комплексів.

Враховуючі кількість виводів згідно вхідних та вихідних елементів, швидкодію мікроконтролера, надійність, сумісність з датчиками температури та дисплеєм, звукового оповіщувача, мікроконтролером вирішено обрати Atmega328.

3.3. Обґрунтування датчика температури

Датчик температури – це пристрій, який вимірює температуру навколишнього середовища або об'єкта та перетворює її на електричний сигнал для подальшої обробки. Він використовується у різних системах для контролю, моніторингу та автоматичного регулювання температури.

Популярні різновиди датчиків температури зображені на рис.3.1.

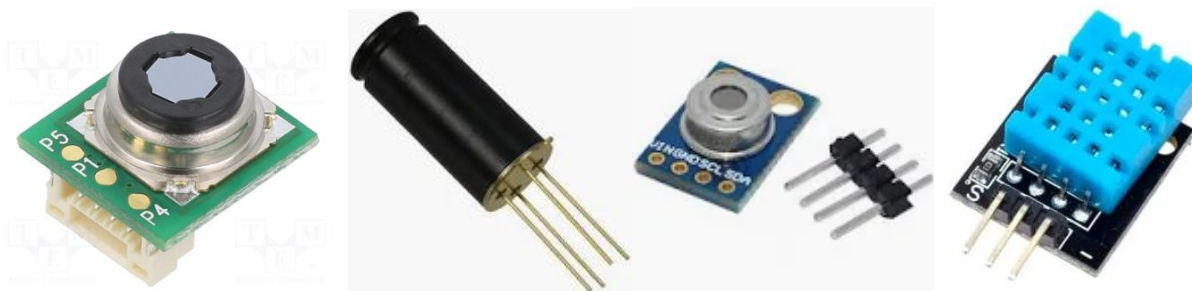


Рис. 3.1. Популярні датчики температури

Основні характеристики датчиків температури:

- Типи: терморезистори, термопари, інфрачервоні датчики, п'єзорезистивні та інші.
- Точність: залежить від конструкції та застосування, може варіюватися від десятих долей градуса до кількох градусів.

- Діапазон вимірювань: різний для кожного типу датчика, від дуже низьких до дуже високих температур.
- Швидкодія: час реакції на зміну температури, що важливо для оперативного контролю.
- Форма сигналу: аналоговий або цифровий, залежно від типу датчика і системи обробки даних.
- Застосування: від побутових приладів (термостати, духовки) до промислових процесів і медичного обладнання.[7]

При роботі з датчиками температури необхідно враховувати особливості їх типу, умови експлуатації та вимоги до точності вимірювань. Коректний вибір і правильне підключення датчика до мікроконтролера гарантують надійність та точність вимірювань у різних сферах застосування. З огляду на сумісність з мікроконтролером, підтримку відповідної мови програмування, діапазон вимірювань від 32 до 42,9 °C та безконтактний спосіб визначення температури тіла, для нашої системи обрано інфрачервоний датчик MLX90614.

3.4. Обґрунтування джерела живлення

Для забезпечення роботи комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної система безконтактного моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету необхідне застосувати автономне джерело живлення.

Джерело живлення – це пристрій або система, яка забезпечує електричною енергією електронні прилади або системи для їхньої коректної роботи.

Основні параметри джерел живлення:

- Напруга (вольтаж) – рівень електричної напруги, яку подає джерело (наприклад, 5 В, 12 В).

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Струм – максимальний струм, який джерело може стабільно забезпечити.
- Потужність – добуток напруги на струм, що характеризує загальну енергетичну здатність (ватти, Вт).
- Стабільність напруги – наскільки стабільно джерело підтримує задану напругу при змінних навантаженнях.
- Тип струму – постійний (DC) або змінний (AC).
- Захисти – наявність захисту від перенапруги, короткого замикання, перегріву.

Основні типи джерел живлення:

1. Батареї та акумулятори – автономні джерела живлення, що зберігають енергію у хімічній формі (наприклад, літій-іонні акумулятори, пальчикові батарейки).
2. Блоки живлення (адаптери) – перетворюють змінну напругу мережі у стабільну постійну напругу необхідного рівня.
3. Перетворювачі напруги (DC-DC конвертери) – змінюють рівень постійної напруги (наприклад, з 12 В на 5 В).
4. Безперебійні джерела живлення (UPS) – забезпечують безперервне живлення при відключенні основного джерела.
5. Сонячні панелі – джерела живлення, які перетворюють сонячну енергію в електричну.

Правильний вибір джерела живлення залежить від вимог пристрою щодо напруги, струму, мобільності та умов експлуатації. [8]

Беручи до уваги сумісність з мікроконтролером, потреби в живленні всіх компонентів системи та поточну ситуацію з електропостачанням у країні, було прийнято рішення використовувати автономне джерело живлення у вигляді акумулятора на основі батарейок.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Обґрунтування дисплею

Для відображення виміряних і усереднених значень температури, отриманих з датчика, необхідний відповідний пристрій виведення інформації. В електроніці використовуються різні типи дисплеїв: рідкокристалічні (LCD), світлодіодні (LED), вакуумні люмінесцентні (VFD), електронно-променеві трубки (ЕПТ), друковані дисплеї, а також індикаторні лампи і світлодіоди.

При виборі засобу відображення для систем моніторингу температури тіла важливо враховувати такі фактори, як діапазон температур, точність показів, яскравість екрану, енергоспоживання, фізичні розміри та вартість компонента. Сьогодні найбільш поширеними є рідкокристалічні (LCD) та світлодіодні (LED) дисплеї завдяки їх компактності, якісному відтворенню зображення та економічності [9].

З огляду на сумісність з мікроконтролером, можливість відображення необхідної кількості символів, наявність інтерфейсу I2C та мінімальну кількість виводів для підключення (всього 4), а також сучасний дизайн, пропонується використати LED дисплей моделі 1602.

3.6. Обґрунтування кнопки

Для вмикання та вимикання живлення системи безконтактного моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету рекомендовано використовувати кнопку. Кнопкові елементи є основним засобом взаємодії користувача з електронними пристроями — вони дозволяють передавати команди, запити та регулювати налаштування системи. Завдяки різноманіттю форм, розмірів і типів механізмів спрацьовування можна підібрати оптимальний варіант, враховуючи зручність, довговічність і практичність використання. Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс між людиною і пристроєм у багатьох сферах, від побутової техніки до промислового обладнання, забезпечується саме за допомогою кнопок.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Серед поширених типів кнопок в електроніці можна виділити: тактові кнопки, кнопки з фіксацією, перемикачі, мембранні, ємнісні сенсорні, кнопки з підсвічуванням, DIP-перемикачі, поворотні енкодери, джойстики, аварійні кнопки, плівкові та антивандальні кнопки.

Враховуючи компактність системи моніторингу температури, доцільно обрати маленьку тактову кнопку з фіксацією, яка забезпечить надійне керування живленням пристрою. [10]

3.7.Обґрунтування звукового оповіщення

Для звукового сповіщення системи про критичні значення температури рекомендується застосувати динамік. Динамік – це електроакустичний пристрій, який перетворює електричні сигнали на звукові хвилі, створюючи таким чином звук.

Типовий динамік зображений на рис.3.4.



Рис.3.5.Динамік

Динамік працює за принципом перетворення електричних сигналів у механічні коливання, які породжують звукові хвилі. Електричний аудіосигнал проходить через котушку, розташовану в магнітному полі постійного магніту. Зміна струму у котушці створює змінне магнітне поле, що взаємодіє з полем магніту, змушуючи котушку рухатися вперед і назад. Ці рухи передаються на дифузор (конус), який коливається і створює звукові хвилі, що сприймаються вухом.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Види динаміків:

1. Динаміки низьких частот (сабвуфери) – призначені для відтворення басів і глибоких звуків. Мають великий діаметр дифузора.
2. Динаміки середніх частот – відтворюють середній діапазон звукових частот, важливий для передачі голосу та музики.
3. Динаміки високих частот (твітери) – спеціалізовані на відтворенні високих звуків, забезпечують чіткість і деталізацію.
4. Повночастотні динаміки – охоплюють широкий діапазон частот і використовуються для загального відтворення звуку.
5. П'єзоелектричні динаміки – працюють на основі п'єзоелектричного ефекту, часто компактні, застосовуються в сигналізаціях і маленьких пристроях.
6. Компресійні динаміки – використовуються у професійному звуковому обладнанні для підвищення звукового тиску.
7. Інші спеціалізовані типи – наприклад, електростатичні чи планарні динаміки, що мають особливі конструкції і звучання.

Кожен тип динаміка вибирається залежно від задачі, умов експлуатації та необхідного звукового діапазону.

Особливості застосування динаміків з мікроконтролерами включають часто необхідність використання підсилювача потужності. Вони можуть бути використані для генерації простих звукових сигналів або мелодій, а в деяких випадках — навіть виконувати роль примітивних мікрофонів. При роботі з мікроконтролерними системами вибір динаміка залежить від конкретних потреб: для простого звукового оповіщення зазвичай достатньо невеликого п'єзоелектричного випромінювача, тоді як для відтворення мови або музики потрібна більш складна схема з підсилювачем і якісним динаміком. Важливо також враховувати електричні параметри динаміка для коректного узгодження з вихідними каскадами мікроконтролера чи підсилювача.[11]

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для розроблюваної системи моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету було обрано динамік з урахуванням сумісності з мікроконтролером, загальних параметрів живлення системи, кількості доступних виводів для підключення та необхідності простого звукового сигналу. Таким чином, обрано невеликий п'єзоелектричного випромінювач з напругою в межах 5В.

3.8. Структурна схема

Враховавши основні складові системи моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету, побудуємо її структурну схему рис.3.6.

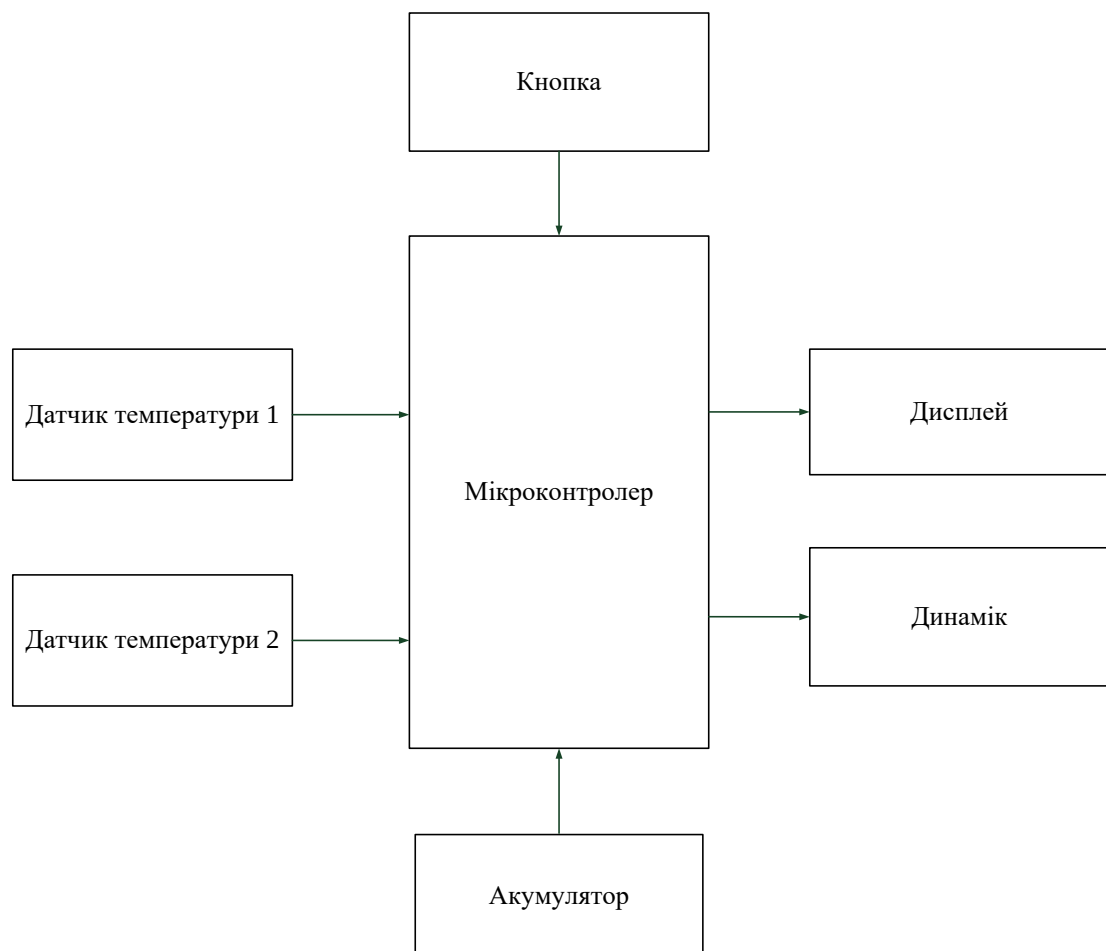


Рис. 3.6 Структурна схема системи моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету

Структурна схема – це графічне зображення системи, що показує її ключові компоненти та зв'язки між ними.

Основні елементи системи:

1. Два інфрачервоні датчики температури підключені до мікроконтролера. Вони безконтактно вимірюють температуру тіла відвідувачів і передають отримані дані на мікроконтролер, який усереднює показники обох датчиків і відправляє результати на дисплей.

2. Кнопка живлення забезпечує ввімкнення та вимкнення системи.

3. Джерелом живлення служить акумулятор, який забезпечує автономну роботу системи та підключений до мікроконтролера.

4. Мікроконтролер виступає центральним елементом системи, керує обробкою вхідних сигналів від датчиків, координує роботу всіх компонентів та передає інформацію на дисплей і динамік.

5. Відображення виміряних та оброблених даних здійснюється за допомогою підключеного дисплея.

6. Динамік відповідає за звукове оповіщення у разі виявлення критичних значень температури.

Таким чином, структура системи забезпечує точний та зручний безконтактний моніторинг температури тіла відвідувачів із надійною візуальною та звуковою індикацією.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

4.1 Вибір мікроконтролера

У якості мікроконтролера був обраний мікроконтролер Atmega328, що представлений на рис.4.1. Atmega328 виробляється в різних корпусах, але найпопулярнішим є компактний корпус PDIP з 28 виводами. Розташування пінів представлено на рис.4.2.



Рис. 4.1 Зовнішній вигляд Atmega328

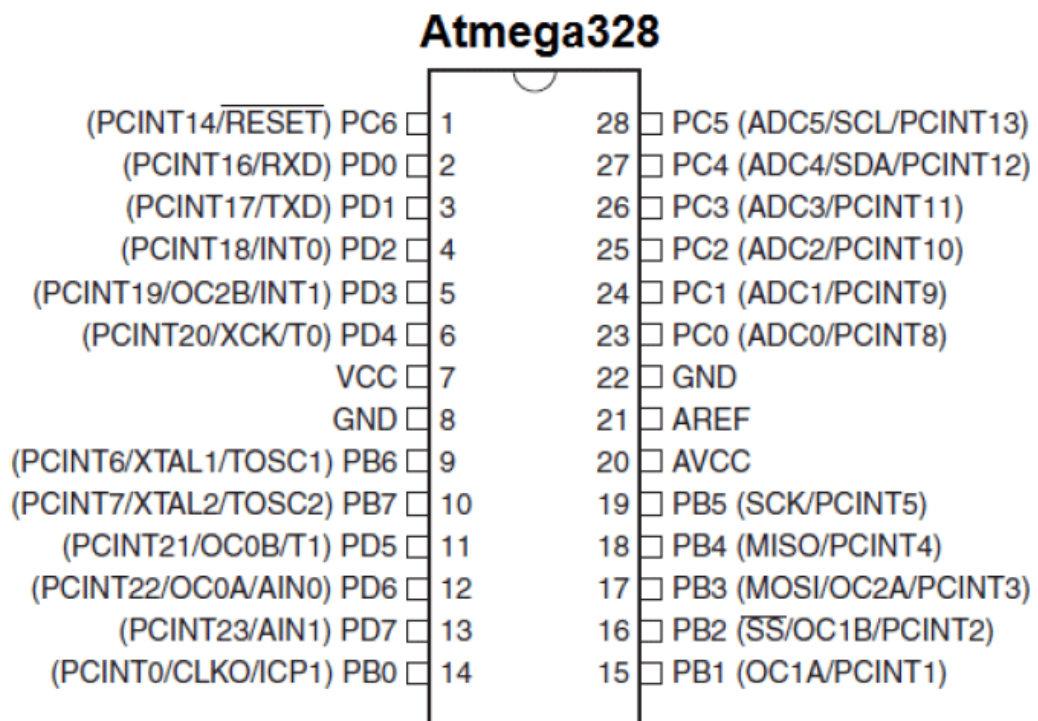


Рис. 4.2.Розташування виводів Atmega328

АТmega328 – це мікроконтролер Microchip (Atmel) в корпусі SPDIP28, чіп на архітектурі AVR з розрядністю 8 біт та тактовою частотою 20 МГц. АТmega328 популярний в світі електроніки завдяки використанню у платах Arduino.

Технічні характеристики АТmega328:

- Тип корпусу: SPDIP28;
- Архітектура: megaAVR (8 біт);
- Тактова частота: до 20 МГц;
- Об'єм SRAM-пам'яті: 2 КБ;
- Об'єм Flash-пам'яті: 32 КБ;
- Об'єм EEPROM-пам'яті: 1 КБ;
- Напруга живлення: 1,8-5,5 В;
- Споживаний струм (4 МГц / 3 В): активний режим: 2,5 мА, режим простою: 0,7 мА, режим сну: 0,1-4 мкА;
- Контакти GPIO: 23;
- ШИМ: 6 каналів;
- АЦП: 6 каналів (10 біт);
- Аппаратні інтерфейси: 1× USART, 1× I²C, 1× SPI.

Для роботи з чіпом АТmega328Р використовується рідне середовище програмування Microchip Studio IDE, яке містить глибокий інструментарій C/C++.

Мікроконтролер АТmega328Р також підтримується середовищем програмування Arduino IDE – встановіть бібліотеку MiniCore та використовуйте для прошивки контролер зі стандартним скетчем ArduinoISP.

АТmega328 має 28-выводів може бути у корпусах: PDIP, TQFP, QFN/MLF.

АТmega328 має такі особливості. Вбудований аналоговий компаратор. Мікросхема поставляється у корпусі SPDIP28 для вивідного монтажу. Можливість прототипування пристроїв на макетній платі. Мікроконтролер вже має прошитий Bootloader, який дозволяє завантажувати програми через Serial-з'єднання.[12]

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Вибір тензодатчика

Для моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету потрібно застосувати безконтактний датчик температури, а саме датчик температури GY-906/MLX90614 (рис.4.3).



Рис.4.3.Зовнішній вигляд датчика температури GY-906/MLX90614

Модуль безконтактного вимірювача температури MLX90614 призначений для безконтактного вимірювання абсолютної температури об'єктів. Дані температури можна вважати як через цифровий інтерфейс SMBus (аналогічний I2C) так і через ШІМ-вихід із частотою ШІМу 10Гц або 1000Гц. Використовуваний датчик MLX90614 має широкі можливості для програмування, калібрування та конфігурування. Модуль має зручні отвори для кріплення, внутрішній стабілізатор, конденсатори фільтру живлення та підтягуючі резистори на цифровій шині.

Безконтактний температурний датчик у багатьох випадках є значно практичнішим за традиційні варіанти. Це особливо актуально при вимірюванні температури рідин, газів, рухомих об'єктів, а також у медичній сфері — наприклад, для вимірювання температури тіла. Такий тип датчика також ефективний у випадках, коли фізичний доступ до об'єкта ускладнений.

Схема типового підключення виводів датчика до мікроконтролера (наприклад, Arduino Uno) наведена на рисунку 4.5.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

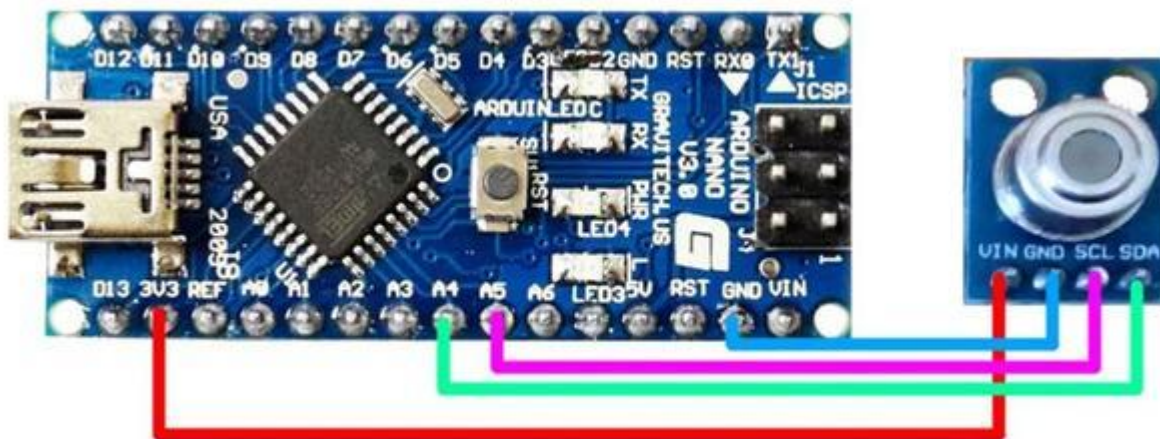


Рис.4.5. Підключення датчика температури MLX90614 до мікроконтролера

Основні характеристики MLX90614:

- Тип датчика: MLX90614ESF-BAА;
- Калібрування датчика: заводська;
- Температурний діапазон експлуатації: від -40 до + 125 °С;
- Температурний діапазон вимірювань: від -70 до +380 °С;
- Напруга живлення: 2.7 - 3.6 В;
- Цифровий інтерфейс: SMBus сумісний;
- Додатковий цифровий вихід: вихід ШІМ, що настраюється, для безперервного читання;
- Точність вимірювання: 0.5 °С для діапазону від 0 до + 50 °С;
- Роздільна здатність: 0.02 °С;
- Кут поля зору: ~ 90 °;
- Розміри: 1.6 см x 1.1 см. [13]

4.3. Вибір дисплея

Дисплей LED 1602 – це текстовий рідкокристалічний дисплей (LCD), що складається з 2 рядків по 16 символів у кожному. Його часто помилково

називають LED-дисплеєм, проте насправді він є LCD-дисплеєм із LED-підсвічуванням.

Зовнішній вигляд дисплею представлений на рисунку 4.6.



Рис. 4.6. Зовнішній вигляд дисплею LCD 1602

Підключення дисплею LCD 1602 до мікроконтролера по інтерфейсу I2C рис.4.7.

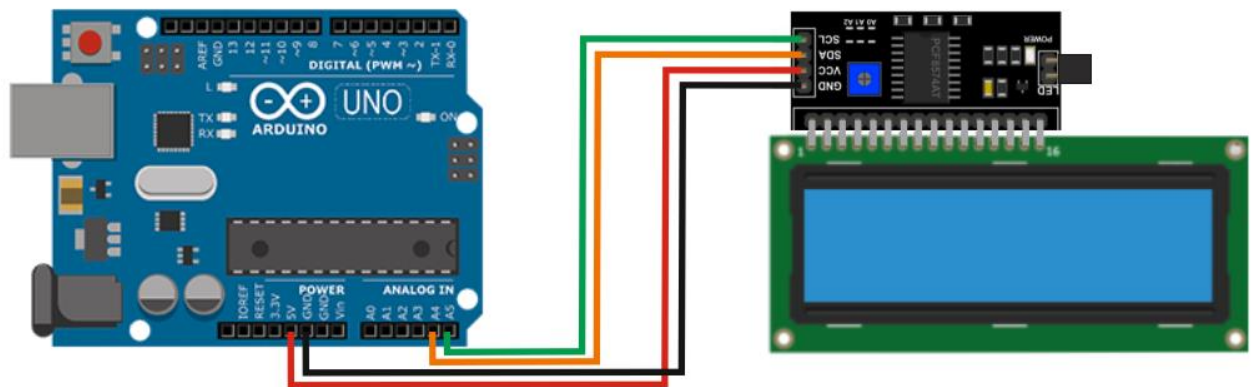


Рис.4.7.Підключення дисплею LCD 1602 по I2C до мікроконтролеру

Технічні характеристики:

- Інтерфейс HD44780 сумісний;
- Напруга живлення: 5В;
- Колір підсвічування: чорний;
- Колір символів: зелений;
- Кількість рядків: 2 рядки по 16 символів;
- Розміри екрану: 64 x 15 мм;
- Габарити: 79,9 x 36,0 x 11,0 мм.

Основні особливості LED 1602:

1. Формат відображення – 2 рядки по 16 символів кожен (усього 32 символи).
2. Тип дисплея – LCD (рідкокристалічний), з LED-підсвіткою (звідси й назва "LED 1602").
3. Живлення – працює від 5 В (підходить для мікроконтролерів типу ATmega328).
4. Контрастність – регулюється змінним резистором (потенціометром).
5. Інтерфейс підключення: паралельний (16 пінів), через I2C-модуль (використовує лише 2 сигнальні пін-контакти: SDA, SCL), зменшує кількість з'єднань до 4 (VCC, GND, SDA, SCL).
6. Низьке енергоспоживання – підходить для автономних пристроїв.
7. Вбудований контролер HD44780 – широко підтримується бібліотеками (наприклад, LiquidCrystal у Arduino IDE).
8. Можливість кастомних символів – можна створювати власні піктограми (до 8 символів).
9. Компактні розміри – підходить для портативних і вбудованих систем.
10. Висока надійність – стабільна робота в різних умовах експлуатації.

Слід враховувати, що хоча більшість дисплеїв LCD 1602 мають подібні технічні характеристики, деякі відмінності можуть існувати в залежності від виробника або конкретної модифікації. Тому перед початком роботи бажано ознайомитися з технічною документацією саме для обраної моделі.

Цей тип дисплеїв набув широкого поширення завдяки своїй надійності, простоті інтеграції та достатній функціональності для задач, які потребують відображення невеликої кількості текстової інформації..[15]

4.4.Вибір динаміка

Для звукового оповіщення критичної температури тіла відвідувачів супермаркету потрібно застосувати звукове оповіщення.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пропонується використати готовий п'єзодинамік модуль відтворення мелодії для Arduino рис.4.8.

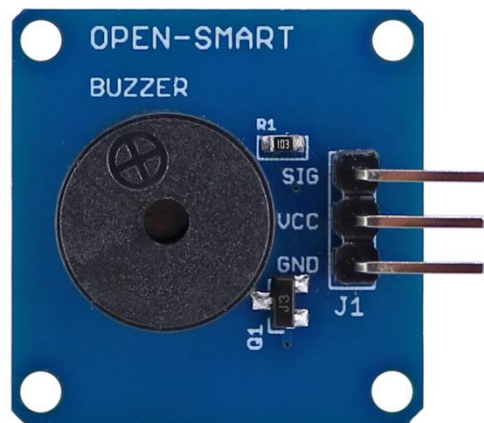


Рис.4.8. Зовнішній вигляд модуля динаміка

Це пасивний зумер-модуль на 5 В, який представляє собою п'єзоелектричний звуковий випромінювач.

Користувач може керувати частотою та тривалістю сигналу за допомогою ШІМ (широтно-імпульсної модуляції), що дозволяє генерувати різні звукові тони або відтворювати прості мелодії за нотним записом.

Основні характеристики:

- Сумісність: підходить для використання з Arduino;
- Робоча напруга: від 3.3 до 5.2 В;
- Максимальний струм споживання: 25 мА. [15]

4.5.Вибір кнопки

Як елемент керування живленням для системи моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету доцільно використовувати перемикач із фіксацією положення, зокрема модель PB22E08. Цей компонент надає змогу вмикати та вимикати пристрій, забезпечуючи зручне управління подачею живлення. Вибір зроблено на користь кнопкового перемикача PB22E08 завдяки його здатності зберігати обране положення, що дозволяє стабільно контролювати електроживлення системи.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній вигляд кнопки положенням PB22E08 показана на рисунку 4.9.

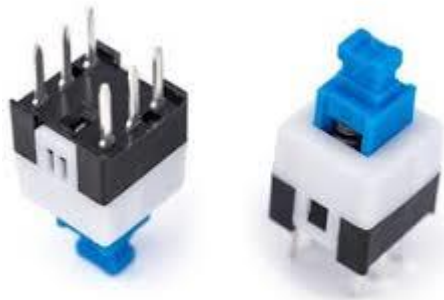


Рис. 4.9. Кнопка PB22E08

Кнопка з фіксацією положення на платі призначена для тривалого використання і відрізняється від стандартних кнопок, що працюють за принципом короткочасного натискання. Вона зазвичай застосовується для активації постійних функцій, наприклад, увімкнення або вимкнення пристроїв, а також для встановлення станів, які мають зберігатися протягом тривалого часу.

Характеристики кнопки:

- Вага брутто: 0.77;
- Транспортна упаковка: розмір/у 48*32*22.5/10000;
- Тип: Кнопка мініатюрна серії PB22;
- Схема перемикання: NO-NC DPDT;
- Фіксація; з фіксацією;
- Кількість циклів комутації (електро), щонайменше 100000;
- Висота; мм 13,5;
- Ширина; мм 8;
- Номінальний струм A: 0,1;
- Глибина, мм: 8;
- Діапазон робочих температур, °C: -16...+60;
- Номінальна напруга: 30V;
- Опір ізоляції, МОм: не менше 100;

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Контактний опір, мОм; не більше 70;
- Діелектрична міцність: 500 (50 Гц, 1 хв.).[16]

4.6.Вибір джерела живлення

Для вибору джерела живлення необхідно врахувати електроживлення всіх компонентів системи моніторингу температури. З цією метою узагальнимо напругу живлення кожного елемента в таблиці 4.1. На основі цих даних можна зробити висновок, що оптимальною напругою живлення для всієї системи є 5 В.

Таблиця 4.1. Параметри споживання напруги елементами системи

Елемент	Напруга
Мікроконтролер Atmega328	4.5-5.5 В
Датчик температури MLX90614	3- 5.5 В
Дисплей LCD 1602	5 В
Модуль динамік	3.3-5.2 В
Кнопка PB22E08	5-30 В

Оскільки всі компоненти стабільно функціонують при напрузі 5 В, як джерело живлення обрано акумулятор із номінальною напругою 4.8 В, що є допустимим значенням для мікроконтролерної системи. Було використано акумулятор типу АА ємністю 2300 мА·год (Ni-Mh), зібраний у компактний блок квадратної форми (рис. 4.10).



Рис.4.6. Акумулятор АА 2300мАч 4.8В Ni-Mh

Такий варіант забезпечує автономну роботу пристрою та відповідає вимогам сумісності з обраними компонентами.

Технічні характеристики акумулятора АА 2300мАч на 4.8В:

- Тип акумулятора: Ni-MH (нікель-металгідридний);
- Форм-фактор елементів: АА;
- Кількість елементів у блоці: 4 шт;
- Номінальна напруга: 4.8 В ($1.2 \text{ В} \times 4$);
- Ємність: 2300 мА·год;
- Максимальний струм розряду: 1С (приблизно 2.3 А), залежно від виробника;
- Максимальний струм заряду : 0.5–1С (рекомендовано $\sim 0.23\text{--}1.15 \text{ А}$)
- Робоча температура: від -10°C до $+50^{\circ}\text{C}$;
- Циклічність (кількість циклів): до 500–1000 циклів (залежно від умов);
- Час заряджання: $\sim 4\text{--}6$ годин (при струмі $0.25\text{--}0.5 \text{ А}$);
- Розміри блоку (орієнтовно): $\sim 50 \times 60 \times 15 \text{ мм}$ (може відрізнятись);
- Маса: $\sim 100\text{--}120 \text{ г}$;
- Захист: Як правило, не має вбудованого захисту.[17]

4.7. Розробка принципової схеми

На базі обраних складових системи, побудуємо принципову схему рис.4.11.

Принципова схема – це графічне зображення електронної системи, яке відображає електричні з'єднання між основними функціональними елементами пристрою (такими як мікроконтролери, сенсори, дисплеї, кнопки, джерела живлення тощо), без деталізації конструктивного розташування компонентів на платі.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця схема показує, як саме елементи підключені між собою, які сигнали або напруги проходять між ними, і в якому напрямку. Принципова схема слугує основою для розробки електронного пристрою, допомагає зрозуміти логіку його роботи, а також використовується при монтажі, налагодженні та ремонті систем.

У нашій розробці принципова схема дозволяє:

- визначити взаємозв'язки між датчиками температури, мікроконтролером, дисплеєм, динаміком, кнопкою та акумулятором;
- переконатися у відповідності напруги та сигналів між усіма компонентами;
- забезпечити правильну роботу всієї системи моніторингу температури.

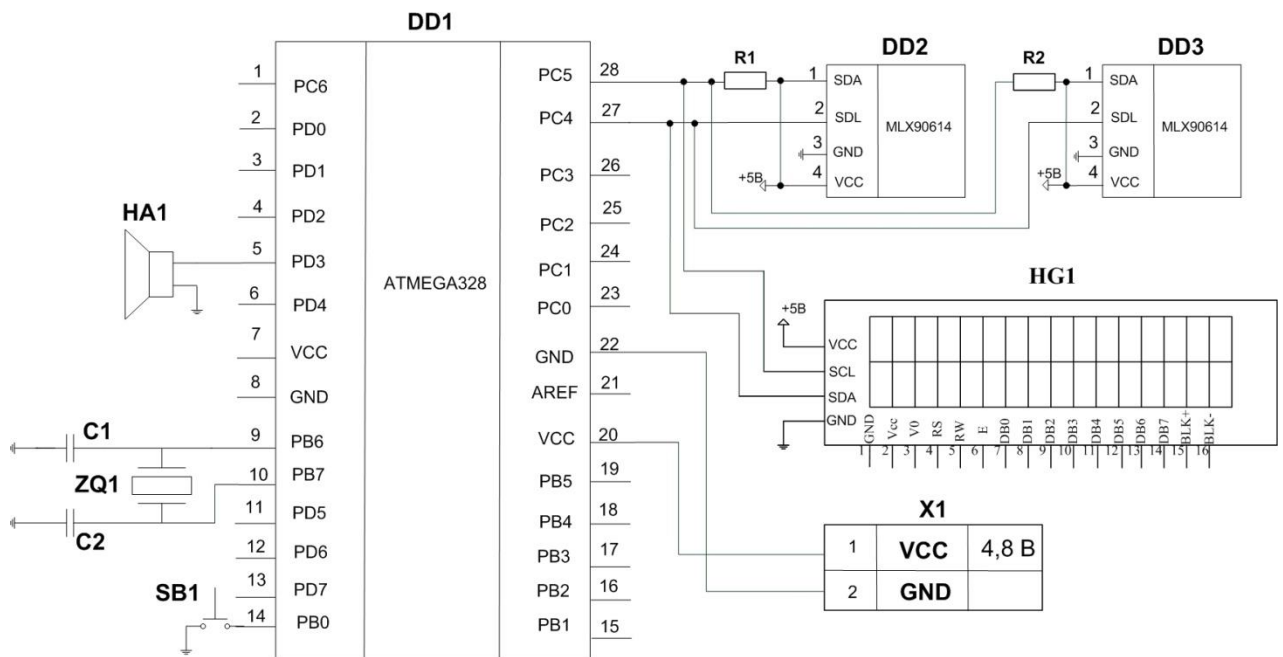


Рис. 4.11. Принципова схема системи

Складові системи на схемі наступні:

1. DD1– мікроконтролер Atmega328;
2. DD2, DD3 – датчик температури MLX90614;
3. HG1 – дисплей LCD 1602;
4. HA1 –модуль динаміка 5;

5. X1 – роз’єм для акумулятора 4,8 В;
6. R1, R2 – 10 кОм;
7. SB1 – кнопка PB22E08;
8. C1, C2 – 22пФ;
9. ZQ1 – кварцовий резонатор 16 МГц.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ТА АЛГОРИТМУ

5.1 Алгоритм програми

Алгоритм роботи системи зображений на рисунку 5.1.

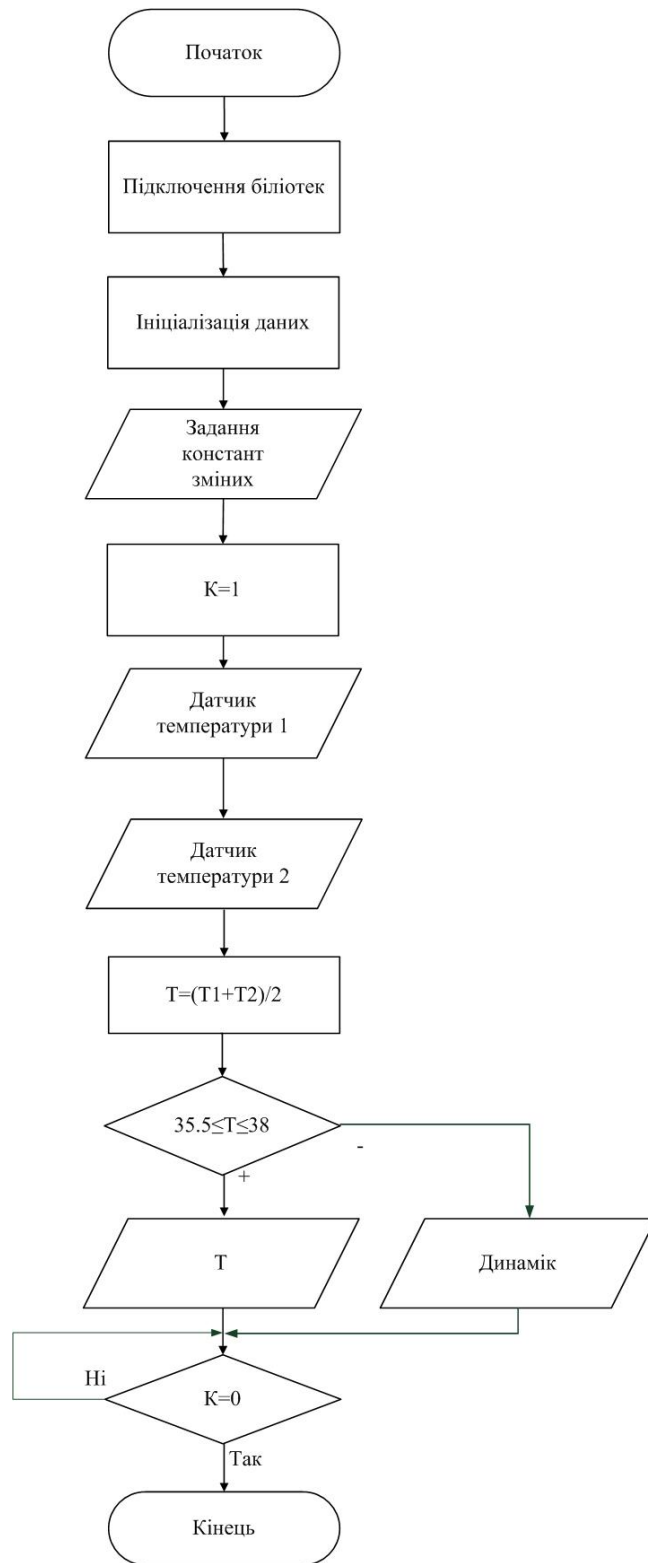


Рис. 5.1 Блок-схема алгоритму роботи програми

Детальний опис алгоритму роботи системи моніторингу температури:

1. Початок програми – початкове завантаження скетчу або коду системи.
2. Підключення бібліотек – імпортуються потрібні бібліотеки для роботи з температурними датчиками, динаміком, дисплеєм та кнопкою живлення.
3. Ініціалізація компонентів – виконується налаштування портів вводу/виводу, розпізнавання підключених пристроїв (датчиків, дисплея, зумера).
4. Задання констант і змінних – визначаються необхідні змінні: пін-коди, тимчасові змінні для обробки температури, стан кнопки та змінна для керування динаміком.
5. Активація системи кнопкою – перевіряється натиск кнопки. У разі натиснення – запускається основна логіка системи.
6. Зчитування показів температури – по черзі опитуються обидва температурні датчики, отримані значення усереднюються.
7. Аналіз температурних значень – перевіряється, чи температура знаходиться в межах норми (35–38 °C). Вихід за ці межі вважається критичним.
8. Вивід даних при нормальній температурі – якщо температура в межах норми, на дисплей виводиться середнє значення температури.
9. Реакція на критичне значення – у разі виходу температури за допустимі межі вмикається звуковий сигнал, після чого значення температури відображається на дисплеї.
10. Очікування виключення системи – система продовжує працювати, поки не буде натиснута кнопка вимкнення.
11. Повторне опитування кнопки – відбувається перевірка, чи була натиснута кнопка для зупинки роботи. Якщо так – система вимикається, і програма завершується. Якщо ні – відбувається повторна перевірка. На екрані зберігаються останні зафіксовані температурні значення.
12. Повторне вимірювання – для повторного вимірювання температури необхідно перезапустити систему натисканням кнопки.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2. Розробка програми

Програмування мікроконтролера ATmega328 можливе за допомогою різноманітних середовищ розробки та мов програмування.

Залежно від вимог проєкту, користувач може обрати зручну платформу, наприклад Arduino IDE, Atmel Studio, PlatformIO тощо. Мови програмування варіюються від спрощеної версії C/C++ (як у середовищі Arduino) до асемблера або навіть мови C із використанням бібліотек AVR-GCC.

Існує кілька варіантів програмування мікроконтролера, зокрема за допомогою таких програматорів, як USBasp, AVRISP mkII, Arduino у режимі ISP тощо.

Завдяки широкій підтримці з боку спільноти, особливо в середовищі Arduino, доступна велика кількість готових бібліотек, які значно полегшують інтеграцію різних апаратних компонентів та роботу з комунікаційними протоколами.

Програмування може здійснюватися як безпосередньо на «чистому» мікроконтролері, так і з використанням завантажувача (bootloader), як це реалізовано у платформах типу Arduino. [18]

Вибір зупинився на середовищі програмування Arduino IDE, оскільки вже є практичний досвід роботи з платформою Arduino. Крім того, ця середа відзначається широкою технічною підтримкою та наявністю великої кількості документації, що полегшує розробку й налагодження програм.

Частина коду приведена нижче, повний код представлений в Додатку А.

```
// Підключаємо бібліотеки для роботи з I2C, MLX90614 і LCD
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

// Оголошення пінів
#define BUTTON_PIN 6 // Кнопка підключена до PD6 (14-й вивід мікроконтролера)
#define BUZZER_PIN 5 // Динамік підключений до PD5 (5-й вивід мікроконтролера)
```

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

// Межі температур, що вважаються критичними
#define TEMP_LOW 35.5    // Температура нижче цієї межі – занадто низька
#define TEMP_HIGH 38.0   // Температура вище цієї межі – занадто висока

// Ініціалізація двох ІЧ-датчиків MLX90614
Adafruit_MLX90614 sensor1(0x5A); // Перший датчик – стандартна I2C-адреса
Adafruit_MLX90614 sensor2(0x5B); // Другий датчик – інша адреса (перепаяна
ADDR)

void loop() {
    // Зчитування температур з обох інфрачервоних датчиків
    float temp1 = sensor1.readObjectTempC();
    float temp2 = sensor2.readObjectTempC();

    // Обчислення середнього значення температури
    float avgTemp = (temp1 + temp2) / 2.0;

    // Виведення середнього значення температури на 1-й рядок дисплея
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("T:");
    lcd.print(avgTemp, 1); // Виводимо 1 знак після коми
    lcd.print((char)223);  // Символ градуса
    lcd.print("C");

```

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАТИНА

6.1 Розробка друкованої плати

Друкована плата, або РСВ – це основа сучасної електроніки. Вона є твердою пластиною, зазвичай виготовленою з ізоляційного матеріалу, на яку нанесено тонкий шар міді. Цей мідний шар формує доріжки, які з'єднують електронні компоненти між собою без використання дротів. Таким чином, друкована плата одночасно виконує функцію механічного каркасу, на якому закріплюються всі елементи, та служить провідником електричних сигналів між ними.

Основне призначення друкованої плати – забезпечення компактного, надійного та зручного способу з'єднання електронних компонентів згідно зі схемою. Замість того щоб вручну з'єднувати кожен елемент дротами, як це робилось у перших радіоконструкціях, сучасні плати дозволяють автоматизувати процес збирання та зробити пристрої більш захищеними від механічних пошкоджень чи коротких замикань.

У платі можна реалізувати односторонню або двосторонню структуру. В односторонній платі всі провідні доріжки розміщуються з одного боку, у двосторонній – з обох. Для складніших пристроїв використовуються багатошарові плати, де кілька шарів доріжок ізолюються між собою й дозволяють значно збільшити щільність монтажу.

Процес створення друкованої плати починається з розробки електричної схеми пристрою. Далі за допомогою спеціального програмного забезпечення (наприклад, KiCad або EasyEDA) розробляється топологія – розміщення компонентів і доріжок на майбутній платі. Після цього створюються Gerber-файли – технічна документація, яку надсилають у виробництво.[19]

Враховуючи складові системи: два інфрачервоні датчики температури MLX90614, мікроконтролер ATmega328, динамік, кнопка керування та LCD-дисплей 1602 з I²C-інтерфейсом, була спроектована друкована плата розміром 61×36 мм.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Всі компоненти розміщено на платі з урахуванням оптимального маршруту сигналів, коротких з'єднань по шині I²C та зручного доступу до елементів управління (кнопка та дисплей).

Друкована плата системи моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету була спроектована за допомогою онлайн-платформи EasyEDA. EasyEDA — це безкоштовна веб-базована система для розробки електронних схем та проєктування друкованих плат (PCB — Printed Circuit Board). Платформа надає інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, який дозволяє користувачам створювати, редагувати та візуалізувати електронні проєкти без встановлення додаткового програмного забезпечення.

Крім того, EasyEDA підтримує командну роботу, зберігає проєкти в хмарі, дозволяє швидко створювати Gerber-файли та прямо звідти замовляти виготовлення плат. Це значно спрощує розробку пристроїв, особливо для початківців та освітніх цілей. Розроблена плата вміщує всі зазначені компоненти, має чітку топологію, захищена від коротких замикань завдяки масці та забезпечує компактну й ефективну реалізацію системи моніторингу температури тіла.[19]

На рисунку 6.1 зображена друкована плата системи в середовищі EasyEDA.[21]

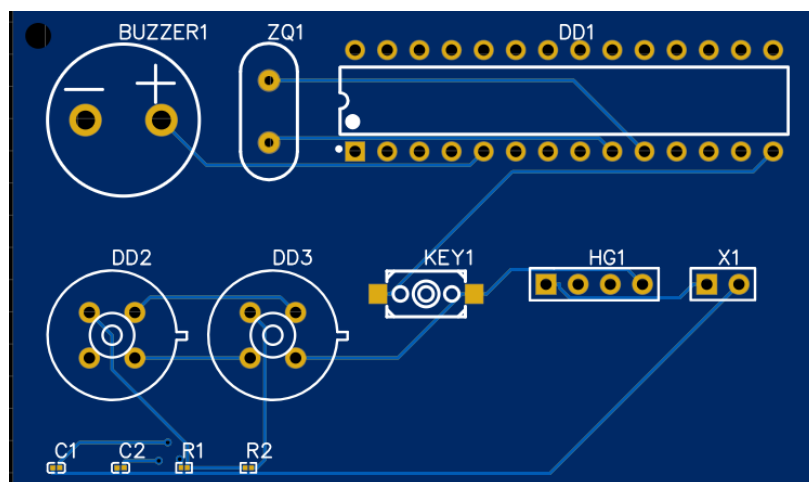


Рис. 6.1 Вигляд першого шару друкованої плати

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

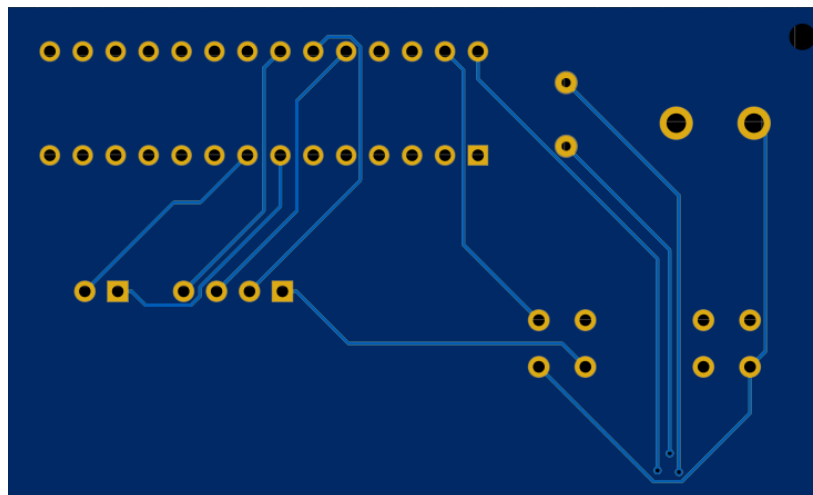


Рис. 6.2. Вигляд другого шару друкованої плати

Розмір друкованої плати становить 61×36 мм. На платі розміщені навісні компоненти, зокрема контактні виводи для підключення LCD-дисплея 1602. Температурний датчик має компактні розміри 16×11 мм, динамік (бузер) 3×2 мм, а мікроконтролер Atmega328 34,79×7,62×5,33 мм. Для живлення системи використовується автономне джерело акумулятор типу ААА з напругою 4,8 В, розмірами 58×29 мм. Загальна конструкція системи моніторингу температури тіла виконана у формі паралелепіпеда, що забезпечує зручне розміщення всіх елементів у корпусі.

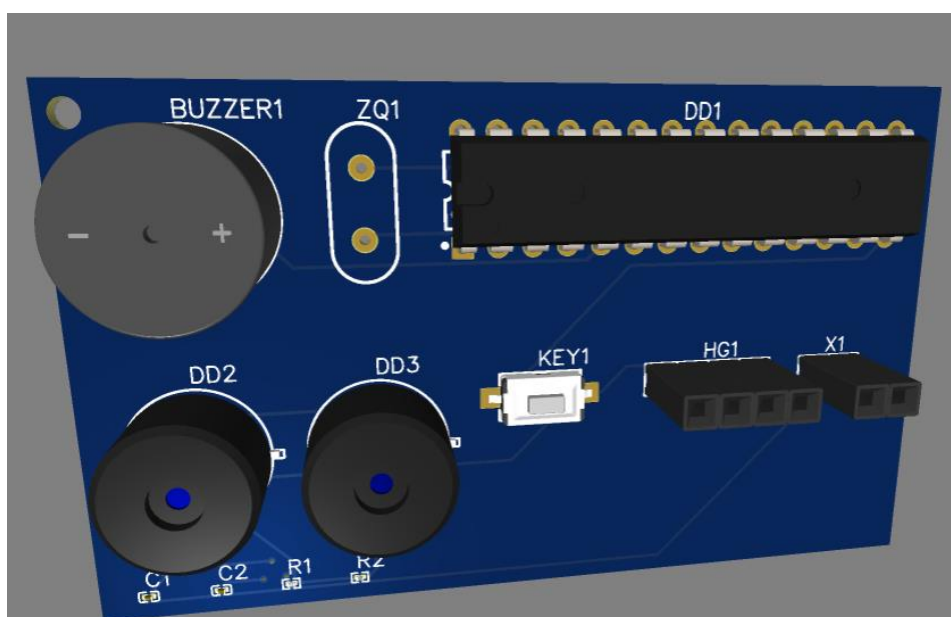


Рис. 6.3. 3D моделювання плати системи

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Так, як такі системи дистанційного вимірювання температури тіла людини зазвичай проектуються з ручкою для тримання, тому обираємо розмір корпусу прямокутної витягнутої форми розміром 150x50x50мм.

6.2.Розрахунок надійності

Надійність системи – це комплексна характеристика, що визначає здатність системи виконувати свої функції протягом певного часу за заданих умов експлуатації.

1. Безвідмовність – це здатність системи безперервно працювати у працездатному стані протягом визначеного проміжку часу.

2. Довговічність – властивість системи підтримувати працездатність до досягнення граничного стану, враховуючи встановлену систему технічного обслуговування та ремонтів.

3. Ремонтпридатність – характеристика, що відображає можливість своєчасного виявлення, запобігання та усунення відмов, пошкоджень і несправностей.

4. Збережуваність – здатність системи зберігати показники безвідмовності, довговічності та ремонтпридатності під час і після зберігання чи транспортування.

5. Відмовостійкість – можливість системи продовжувати функціонувати навіть при виході з ладу окремих її компонентів.

Оцінка надійності здійснюється на основі статистичних даних про відмови, математичного моделювання, прискорених випробувань та інших методів. Забезпечення надійності системи є комплексним завданням, яке потребує системного підходу на всіх стадіях – від проектування до виробництва і експлуатації. Це допомагає знизити ризики відмов, збоїв і простоїв, а також підвищити безпеку й ефективність роботи системи. [21]

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним показником, що враховується при розрахунках надійності, є інтенсивність відмовлень $\lambda(t)$ – число відмовлень в одиницю часу, віднесене до числа елементів, що залишилися справними до початку даного інтервалу часу.

Розрахунок показників надійності проводився методом λ - характеристик, заснованому на інтенсивностях відмовлень комплектуючих виробів (КВ) і поправочних коефіцієнтах, що враховують реальні режими і умови експлуатації виробу.

Виріб призначений для роботи в умовах помірного клімату:

- діапазон температур від 0 до 45°C, відносна вологість повітря до 85% при 25 °C;
- конструктивно виконано для роботи в опалювальному приміщенні з штучно регульованими кліматичними умовами, вібростійкий.

Склад виробу – комп'ютеризована система моніторингу температурау три тіла відвідувачів супермаркету.

Критерієм відмовлення (КВ) виробу вважається відмовлення будь-якої його складової частини (вузла), що приводить до порушення працездатності виробу і неможливості використання його по призначенню.

При розрахунку надійності були прийняті наступні допущення:

1. відмовлення КВ і мікросхеми є подіями випадковими і незалежними;
2. відмовлення будь-якого КВ приводить до відмовлення виробу в цілому;
3. інтенсивність відмовлень КВ протягом терміну їхньої служби в тих самих робочих режимах і умовах є постійною;
4. закон розподілу в розрахунках безвідмовної роботи передбачається експоненціальним.

Розрахунок надійності спроектованого виробу проводиться в відповідності з електричною принциповою схемою виробу і з обліком заданих кліматичний категорії і виконання виробу.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок параметра потоку відмовлень виробу проводиться по формулі:

$$\lambda = \sum_{i=1}^n N_i \lambda_i, \quad (6.1)$$

де n – загальне число групи КВ, що входять до складу проектного виробу;
 $N_i \lambda_i$ – кількість і інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи відповідно.

Інтенсивність відмовлень КВ i -ої групи в робочому режимі визначалася по формулі

$$\lambda_i = \lambda_{oi} a_1 \dots a_n. \quad (6.2)$$

де λ_{oi} – інтенсивність відмовлень КВ в номінальному режимі і нормальних умовах; $a_1 \dots a_n$ – поправочні коефіцієнти, що враховують умови роботи (кліматичні і механічні впливи в залежності від призначення й умов майбутньої роботи), електричне навантаження КВ і температуру навколишнього середовища, ступінь інтеграції інтегральних мікросхем, а також співвідношення видів відмовлень.

Конкретні формули, по яких визначалися інтенсивність відмовлень кожної групи комплектуючих виробів, приведені в таблиці 6.1.

Величини значень визначилися по довідковим даним, приведеним у [19] з врахуванням вихідних даних для проектного виробу.

По формулі (6.1) визначаємо потік відмовлень виробу (сума величин в графі 12 таблиці 6.2):

$$\lambda = 75,08 \cdot 10^{-6} \text{ 1/год.}$$

Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t визначалася по формулі

$$P(t) = e^{-\lambda t} \approx 1 - \lambda t \quad (6.3)$$

де λ – параметр потоку відмовлень; t – час роботи виробу (год) [24].

Дані розрахунку $P(t)$ приведені в таблиці 6.1.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

250	500	750	1000	2000	5000	8000	10000
0,981	0,963	0,945	0,927	0,860	0,687	0,548	0,472

На графіку, приведеному на рис 6.6 приведена залежність надійності P(t).

Середній наробіток до відмовлення виробу визначався по формулі:

$$T_0 = \lambda^{-1} \quad (6.4)$$

Підставляючи дані в формулу (6.4) одержимо

$$T = (75,08 \cdot 10^{-6})^{-1} = 13319,71 \text{ годин.}$$

Таблиця 6.2 – Перелік комплектуючих виробів

Поз.	Найменування	Кіл.	$\lambda_{i0} \cdot 10^6$ год ⁻¹	Формула розрахунку λ_i	Коефіцієнти				$\Sigma \lambda_i \cdot 10^6$ год ⁻¹
1	Мікросхеми				a_1	a_2	a_4	a_6	
	Atmega328	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
2	Датчики				a_1	a_2	a_4	a_6	
3	Mlx90614	2	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	1,638
4	Динамік	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
5	Дисплей LED 1602	1	0,3	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4 \cdot a_6$	2,1	1	1,3	1	0,819
6	Резистор 10 коМ	2	0,008	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,0269
7	Конденсатори	2	0,02	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1	0,8		1	0,0672
8	Кварц 16МГц	1	1,8	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	3,78
9	Кнопка	1	0,2	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_4$	2,1		0,7	1	0,294
10	Кварцевий резонатор	1	1,8		2,1				3,78
11	Пайки	90	0,0001	$\lambda_0 \cdot a_1$	2,1				0,0189
12	Акумулятор 4,8В	1	30	$\lambda_0 \cdot a_1 \cdot a_4$	2,1			1	63
13	Разом								75,08

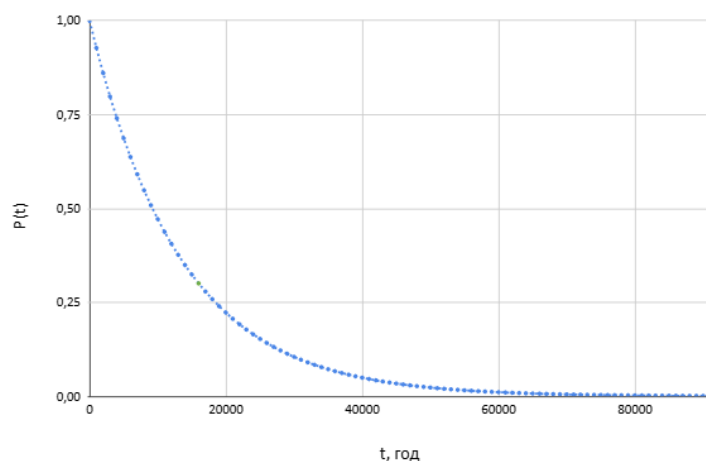


Рис.6.6 – Ймовірність безвідмовної роботи виробу протягом часу t

6.3.Розрахунок похибки вимірювання температури

Похибка вимірювання – це відхилення отриманого результату від істинного значення вимірюваної величини. Говорячи точніше, похибка вимірювання визначається як різниця між вимірним значенням і еталонним (опорним) значенням величини. Існують різні типи похибок залежно від способу їх вираження, характеру прояву та причин виникнення.

За способом вираження виділяють абсолютну похибку, яка є різницею між вимірним і істинним значенням у одиницях вимірюваної величини, а також відносну похибку, що визначається як відношення абсолютної похибки до істинного значення, зазвичай виражається у відсотках.

За характером прояву розрізняють систематичну похибку, яка залишається сталою або змінюється за певною закономірністю при повторних вимірюваннях, випадкову похибку, що виникає непередбачувано і змінюється випадковим чином, та грубу похибку або промах, яка значно перевищує очікувані межі похибок при заданих умовах.

За причиною виникнення похибки поділяються на інструментальні, пов'язані з недосконалістю вимірювальних приладів, методичні, обумовлені недосконалістю застосовуваних методів, а також суб'єктивні, які залежать від особливостей оператора.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

На розмір похибки впливають різні фактори, зокрема точність вимірювальних приладів, умови проведення вимірювань (температура, тиск, вологість), кваліфікація та досвід оператора, а також вплив об'єкта вимірювання на прилад.

Для зменшення похибок застосовують такі заходи, як калібрування і повірка вимірювальних приладів, врахування та компенсація систематичних похибок, збільшення кількості вимірювань з подальшою статистичною обробкою результатів, вибір оптимальних умов для проведення вимірювань і вдосконалення методики вимірювання.

Для визначення похибки провели 10 повторних вимірювань температури тіла відвідувачів супермаркету безконтактними інфрачервоним датчиком температури mlx90614, в діапазоні вимог вимірювання від 0 °C до 43 °C.

Було отримано таку вибірку температури тіла людини:

$$T_v = (37,7; 37,8; 37,6; 37,7; 37,8; 37,7; 37,9; 37,7; 37,6; 37,8).$$

Знаходимо середнє значення вибірки:

Знаходимо середнє арифметичне і середньоквадратичне значення

1) середнє арифметичне T_v за (6.5):

$$T_v = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} T_{v_i} \cong 37,73 \quad (6.5)$$

2) похибки повторних вимірювань ΔT_{v_i} та $\Delta T_{v_i}^2$ (6.6):

$$\Delta T_v = |\overline{T_v} - T_{v_i}| \text{ та } \Delta T_{v_i}^2 = (\overline{T_v} - T_{v_i})^2, \quad (6.6)$$

де $i = 1, 2 \dots 10$;

Результати вимірювань та обчислень записуємо в таблицю 6.3

Таблиця 6.3

№ з. п.	T_v , грам	ΔT_v , грам	ΔT_v^2 грам ²
1	2	3	4
1	37,7	0,03	0,0009
2	37,8	0,07	0,0049
3	37,6	0,13	0,0169

Продовження таблиці 6.3

1	2	3	4
4	37,7	0,03	0,0009
5	37,8	0,07	0,0049
6	37,7	0,03	0,0009
7	37,9	0,17	0,0289
8	37,7	0,03	0,0009
9	37,6	0,13	0,0169
10	37,8	0,07	0,0049
сер	37,73	0,076	0,0081

3.Розраховуємо випадкову похибку вимірювання за (6.5). За даними таблиці 6.3 знайдемо коефіцієнт Стюдента для 10 вимірювань і довірчою ймовірністю 0,95 $t_{0,95}=2,26$; розрахуємо за (6.6) виправлене вибіркове середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_B = \sqrt{\frac{1}{10 \times 9} \sum_{i=1}^{10} (\bar{T}_v - T_{vi})^2} \approx 0,030 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Та знаходимо випадкову похибку:

$$\Delta_B T_v = 2,26 * 0,030 = 0,068 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Похибку приладу за (6.7)

$$\Delta_{\text{пр}} T_v = \frac{1}{300} t_p k T_{v_{\text{гр}}} \quad 6.7$$

5.Для надійної ймовірності $P = 0,95$ з табл. 4.2 знайдемо при умові $t_{0,95}=2,0$. Враховуючи, що за умовою $T_{v_{\text{гр}}} = 43$ а клас точності $k = 1$, отримаємо:

$$\Delta_{\text{пр}} T_v = \frac{1}{300} * 2,0 * 43 * 1 \approx 0,29 \text{ } ^\circ\text{C}$$

6.похибку заокруглення за (6.8):

$$\Delta T_3 = P \frac{h}{2}. \quad (6.8)$$

Для цього знайдемо інтервал заокруглення h як половину останнього розряду виміряної величини — 0,5. Отже:

$$\Delta T_{v_3} = 0,95 * \frac{0,5}{2} \approx 0,24 \text{ } ^\circ\text{C};$$

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. загальна абсолютна похибка (6.9):

$$\Delta T_v = \sqrt{(\Delta_B T)^2 + (\Delta_n T)^2 + (\Delta_3 T)^2} = \sqrt{0.0068^2 + 0.29^2 + 0.24^2} \approx \quad (6.9) \\ \approx 0.38 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

7. Відносну похибку за формулою:

$$\delta L = \frac{\Delta T}{T} \times 100\% = \frac{0,38}{37,73} \times 100\% \approx 1,01\%$$

Отже, отримаємо абсолютну похибку вимірювання $0,38^\circ\text{C}$, відносну похибку вимірювання відсотках 1%.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Охорона праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Головна мета створення безпечних і здорових умов праці, запобігання травматизму, професійним захворюванням і аваріям на виробництві.

В Україні охорона праці регулюється рядом законів і нормативних актів. Основу становить Конституція України, яка гарантує кожному право на безпечні й здорові умови праці. Кодекс законів про працю України містить окремий розділ, присвячений охороні праці, в якому визначено права й обов'язки працівників і роботодавців у цій сфері. Основним спеціалізованим нормативно-правовим актом є Закон України «Про охорону праці», який визначає загальні принципи організації охорони праці, відповідальність сторін, вимоги до умов праці, порядок фінансування заходів безпеки тощо.

Крім того, охорону праці регламентують такі акти, як Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування», який охоплює питання страхування від нещасних випадків на виробництві, а також Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», що встановлює санітарно-гігієнічні вимоги до умов праці. Важливу роль відіграють державні стандарти, санітарні норми та будівельні норми, які містять технічні вимоги до безпеки виробничого середовища. На рівні галузей розробляються додаткові правила, інструкції та положення з охорони праці, які враховують специфіку окремих видів діяльності.

Охорона праці в Україні також орієнтується на міжнародні стандарти, зокрема на рекомендації та конвенції Міжнародної організації праці, що дозволяє забезпечити узгодження національного законодавства з міжнародними вимогами.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2. Умови охорони праці при роботі з безконтактними термометрами

Умови охорони праці при роботі з безконтактними термометрами передбачають дотримання низки вимог, що забезпечують безпеку працівників, точність вимірювань і тривалу експлуатацію приладів без шкоди для здоров'я. Хоча безконтактні термометри вважаються загалом безпечними у використанні, під час роботи з ними мають виконуватись певні правила.

Робота з безконтактними термометрами повинна проводитись у чистих, сухих приміщеннях при нормальних метеоумовах. Робоче місце має бути добре освітлене, з нормованим мікрокліматом і відсутністю пилу чи різких перепадів температури. Вимірювання потрібно здійснювати на певній відстані, зазначеній у технічному паспорті приладу, щоб уникнути помилок через неправильне розташування.

Працівники, які використовують термометри, повинні пройти інструктаж з охорони праці, знати правила безпечного поводження з електронними пристроями та вміти діяти у разі несправності приладу. Зокрема, забороняється використання пошкоджених або неправильно відкаліброваних термометрів. Після кожного вимірювання термометр слід дезінфікувати згідно з інструкцією, використовуючи безпечні для електроніки засоби, щоб уникнути пошкодження оптичного сенсора.

Також необхідно уникати прямого потрапляння сонячного світла, пари або сильного електромагнітного випромінювання на прилад під час вимірювання, оскільки це може призвести до спотворення результатів. Працівник повинен тримати термометр у чистоті, не допускати падінь, перегріву або намокання приладу.

Дотримання цих умов не лише підвищує точність вимірювань, а й забезпечує безпечну експлуатацію приладу, знижує ризик травм або помилок, пов'язаних з неналежним використанням технічного засобу.

Умови охорони праці при роботі з безконтактними термометрами також

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передбачають обов'язковий контроль точності приладів шляхом періодичної калібровки та порівняння результатів вимірювання з еталонними значеннями. Це дозволяє виявити відхилення в роботі термометра та запобігти помилковим результатам, які можуть мати негативні наслідки для здоров'я людей або вплинути на прийняття неправильних рішень у процесі контролю температури.

Калібрування безконтактного термометра проводиться згідно з методикою, затвердженою виробником або органом метрологічного контролю. Основна мета перевірити точність показів приладу у порівнянні зі стандартом (еталоном температури), зазвичай за допомогою калібрувального джерела температури або чітко визначених температурних моделей. Калібрування має виконуватись на регулярній основі, з урахуванням періодичності, встановленої технічним регламентом або внутрішніми нормативами установи.

Крім того, працівники повинні регулярно контролювати стан живлення пристрою. Безконтактні термометри, як правило, живляться від батарейок або акумуляторів. Зниження рівня заряду може призвести до неточних вимірювань або нестабільної роботи приладу. Тому необхідно регулярно перевіряти заряд акумулятора або стан елементів живлення, своєчасно їх замінювати або підзаряджати, не допускаючи роботи пристрою при низькому заряді.

Таким чином, безпечна та ефективна експлуатація безконтактного термометра вимагає не лише дотримання загальних вимог охорони праці, але й постійного технічного контролю калібрування, перевірки точності та належного догляду за джерелами живлення. Це забезпечує надійність результатів вимірювання та безперебійну роботу пристрою в умовах експлуатації.

					МІВТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розглянуто, спроектовано та реалізовано комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему безконтактного моніторингу температури тіла відвідувачів супермаркету. Така система є актуальною та широко застосовується в умовах підвищених епідеміологічних ризиків, зокрема для запобігання поширенню вірусних інфекцій. Основною її перевагою є здатність автоматично здійснювати точний контроль температури у великому потоці людей без безпосереднього контакту, що мінімізує ризики зараження як персоналу, так і самих відвідувачів.

Розроблена система працює на основі двох інфрачервоних датчиків, які здійснюють безконтактне вимірювання температури тіла. Інформація оперативно виводиться на дисплей, а у випадку виявлення температури, що перевищує встановлений поріг, система автоматично активує звукове оповіщення. Додатково реалізовано можливість керування системою за допомогою кнопки вмикання/вимикання.

У процесі виконання роботи було проведено аналіз аналогічних існуючих рішень, розроблено функціональну модель, структурну та принципову схеми, програмне забезпечення та друковану плату. Система показала високу надійність понад 13770 годин на відмову та точність: абсолютна похибка склала 0,38 °C, а відносна 1%. Це підтверджує ефективність її використання для оперативного скринінгу температури у місцях масового скупчення людей.

Застосування такої комп'ютеризованої системи можливе не лише в супермаркетах, але й у лікарнях, навчальних закладах, підприємствах, вокзалах та інших громадських місцях, де необхідно проводити температурний контроль без затримки потоку людей.

Таким чином, розроблена система є ефективним технічним рішенням для сучасних потреб автоматизованого температурного моніторингу та може бути успішно впроваджена у практику масових вимірювань для підвищення рівня громадської безпеки.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Співак, О. Ю. СЗ9 Теплотехнічні вимірювання, метрологія та стандартизація : лабораторний практикум / О. Ю. Співак. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 110 с

2. Термометр електронний медичний Longevita MT-4218 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://paramedic.ua/ua/medicinskoe-oborudovanie/medicinskie-termometry/termometr-elektronnyy-medicinskiy>.

3. Пірометр інфрачервоний до 600 °С WINTACT WT326B [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://protester.com.ua/ru/wt326b>.

4. Пірометр для тіла Wintact WT3652 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://brain.com.ua/ukr/Pirometr_Wintact_medichniy_0-100C_WT3652-p877126.html.

5. Пірометр Crown СТ44037 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://epicentrk.ua/ua/shop/pirometr-beskontaktnyy-termometr-crown-st44037.html>.

6. Мікропроцесорні та мікроконтролерні системи : підручник. У 2 ч. Ч. 1. Мікропроцесорні системи [Електронний ресурс] / А. О. Новацький. – Електронні текстові дані (1 файл: 16,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2020. – 361с.

7. Види датчиків температури [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kck.ua/catalog/datchiki-temperaturi-2>.

8. Основи електроніки : навч. посіб. / А. С. Васюра, Г. Д. Дорощенко, В. П. Кожем'яко, Г. Л. Лисенко. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 197 с.

9. Засоби відображення інформації. Частина 1 : навчальний посібник / Л. В. Крилик, О. О. Селецька, І. В. Сухоцька. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 82 с.

10. Види кнопок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://001.com.ua/uk/knopky-keruvannya>.

11. Динаміки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://4club.com.ua/uk/sound/akusticheskie-sistemy/dinamiki>.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Мікроконтролер ATmega328 DataSheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electrochip.mk.ua/product/mikrokontroller-atmega328>.
13. DataSheet інфрачервоний датчик температури [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/ru/prod1431-modyl-beskontaktnogo-termmetra-mlx90614>.
14. Дисплей LCD 1602 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electronica.in.ua/ua/p1530387506-displej-dvuhstrochnyj-lcd1602a.html>.
15. Пієзодинамік модуль відтворення мелодії пісні для Arduino [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eduengteam.com/2023/10/passive-buzzer-module-5v-piezo-speaker-play-song-melody-module-for-arduino.html>.
16. Кнопка з фіксованим положенням PB22E08 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/psm1-2-0-pb22e08_108094.html.
17. Акумулятор АА 2300мАч 4.8V Ni-Mh динамік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://akumo.com.ua/p1304913117-akkumulyator-2300mach-48v.html>.
18. Програмування мікроконтролерів AVR : [навчальний посібник] / С. М. Цирульник, О. Д. Азаров, Л. В. Крупельницький, Т. І. Трояновська. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 111 с.
19. Стаття «Методи виготовлення друкованих плат» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studopedia.org/6-116440.html>.
20. EasyEDA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://EasyEDA.com>.
21. Методи розрахунку надійності [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://studfile.net/preview/5199824/page:5>.
22. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «бакалавр» // Розробники: Подчашинський Юрій, Чепюк Ларіна, Петросян Руслан, 2021. – 60с.

					МІБТ 480.004.033 – ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		