

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату
виробничих приміщень з використанням модуля LoRa

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи СІс-42
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Бобрик В.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Лецишин Ю.З.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

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

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Осухівська Г.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту

Бобрику Віталію Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована телеметрична система збору даних
мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa

Керівник роботи

Лецишин Юрій Зіновійович, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 26 » квітня 2024 року № 4/7-468

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24.06.2024

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

1. Аналіз технічного завдання

2. Проектна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорона праці

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Функціональна схема

2. Структурна схема

3. Схема електрична принципова

4. Блок-схема алгоритму програми

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності</i>	<i>Пилипець М.І., д.т.н., проф.каф.МТ</i>		
<i>основи охорона праці</i>			

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Розробка та затвердження технічного завдання</i>		
2	<i>Аналіз технічного завдання та обґрунтування можливих рішень</i>		
3	<i>Розробка структурної та функціональної схеми</i>		
4	<i>Вибір елементної бази</i>		
5	<i>Розробка програмного забезпечення для проектованої системи</i>		
6	<i>Опрацювання питань розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»</i>		
7	<i>Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи</i>		
8	<i>Оформлення графічної частини</i>		
9	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>		
10	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>		

Студент

(підпис)*Бобрик В. Р.*_____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)*Лецишин Ю.З.*_____
(прізвище та ініціали)

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa // Кваліфікаційна робота бакалавра // Бобрик Віталій Романович // Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедра комп'ютерних систем та мереж, група СІс-42 // Тернопіль, 2024 // с. – , рис. – 24 , табл. – 1 , кресл. – 4 , додат. – 13, бібліогр. – 16.

Ключові слова: моніторинг, виробниче приміщення, STM32, I²C, SPI.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з чотирьох розділів.

У першому розділі виконано аналіз технічного завдання, та укладено вимоги до комп'ютеризованої телеметричної системи збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa

В другому розділі описується процес проектування та реалізації комп'ютеризованої телеметричної системи збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa. Проводиться розробка апаратного забезпечення для функціонування системи. Описуються бібліотеки та їх функціональні можливості.

В третьому розділі виконано програмну реалізацію та тестування комп'ютеризованої телеметричної системи збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa в реальних умовах експлуатації.

Четвертий розділ описує питання безпеки життєдіяльності та основи охорони праці.

ABSTRACT

Computerized telemetry data collection system of industrial premises microclimate using LoRa module// Bachelor's thesis / Bobryk Vitalii Romanovych // Ternopil National Technical University named after Ivan Puluj, Faculty of Computer Information Systems and Software Engineering, Department of Computer Systems and Networks, KIS-42 group // Ternopil, 2024 // p. - , figs. -24 , tables -1 , drawings - 4, appendices - 13, bibliographic references - 16.

Keywords: monitoring, industrial premises, STM32, I2C, SPI.

The bachelor's thesis consists of four chapters.

The first chapter analyzes the terms of reference and summarizes the requirements for a computerized telemetry data collection system of industrial premises microclimate using LoRa module.

The second section describes the process of designing and implementing a computerized telemetry data collection system of industrial premises microclimate using LoRa module. The system hardware is being developed. Libraries and their functionalities are described.

The third section describes the software implementation and testing of the Computerized telemetry data collection system of industrial premises microclimate using LoRa module.

The fourth section describes life safety issues and the basics of labor protection.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
Розділ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa.....	10
1.2 Основні технічні вимоги до комп'ютеризованої системи.....	13
1.3 Аналіз можливих рішень поставленого завдання.....	15
1.3.1 Існуючі системи для автоматизованого моніторингу клімату в виробничих приміщеннях.....	15
1.3.2 Методи визначення моніторингу клімату в промислових приміщеннях.....	18
1.3.3 Обладнання визначення клімату.....	20
Розділ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА.....	21
2.1 Розробка структури комп'ютеризованої системи.....	21
2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення проектованої системи....	24
2.2.1 Вибір плати STM32F Nucleo-64.....	24
2.2.2 Вибір датчика температури.....	26
2.2.3 Вибір датчика тиску.....	27
2.2.4 Вибір датчика вологості.....	28
2.2.4 Вибір датчика рівня вуглекислого газу.....	29
2.3 Опис шин обміну даними.....	29
2.3.1 Опис шини I2C.....	29
2.3.2 Опис шини даних SPI.....	31
2.4 Опис алгоритму роботи комп'ютеризованої системи	34

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Бобрик В.Р.			Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Лецишин Ю.З.					6	
Реценз.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42		
Н. Контр.		Луцик Н.С.						
Затверд.		Осухівська Г.М.						

Розділ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	37
3.1 Підключення і налаштування комп'ютеризованої системи.....	37
3.1.1 Підключення датчиків.	37
3.1.2 Опис програмних функцій та модулів.....	40
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	46
4.1 Принципи, способи та засоби захисту населення.	46
4.2 Організація безпечної роботи електроустановок	49
ВИСНОВКИ	52
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	53
ДОДАТОК А. Технічне завдання	
ДОДАТОК Б. Перелік елементів	
ДОДАТОК В. Код програми	

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

I2C — Inter-Integrated Circuit

SPI — Serial Peripheral Interface

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасному світі технологічні рішення тісно пов'язані з поліпшенням умов життя та праці. З розвитком інформаційних технологій зростає потреба в оптимізації умов для надійного функціонування технічного обладнання. Контроль клімату в промислових приміщеннях, де встановлено сервери та інші пристрої, стає все більш важливим. Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa є необхідною для виробничих процесів.

Такі системи контролюють температуру, вологість, рівень CO₂, атмосферний тиск та інші параметри, що впливають на ефективність роботи обладнання та здоров'я працівників. Сервери та технічне обладнання виділяють значну кількість тепла, що потребує контролю для запобігання перегріву. Вологість повітря також важлива: надмірно висока чи низька вологість може пошкодити електронні компоненти.

Якість повітря, зокрема концентрація CO₂, впливає на роботу обладнання та здоров'я персоналу. Високі рівні CO₂ можуть погіршувати самопочуття та знижувати продуктивність праці, збільшуючи ризик аварій.

Метою цієї роботи є розробка системи для автоматизованого моніторингу клімату в виробничих приміщеннях, яка контролюватиме якість повітря та інші параметри, забезпечуючи оптимальні умови для роботи обладнання та персоналу. Система моніторитиме температуру, вологість, концентрацію CO₂ та інші забруднювачі, автоматично регулюючи кліматичні умови для стабільної роботи устаткування.

Завдяки впровадженню таких технологій підприємства підвищать ефективність роботи обладнання, знизять витрати на обслуговування та ремонт, а також забезпечать безпечні та комфортні умови праці для працівників.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa

Основні вимоги до комп'ютеризованої телеметричної система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa можуть включати: надійність, точність вимірювань, автоматизація управління, інтеграція з існуючими системами, зручний інтерфейс, система сповіщень, дистанційний моніторинг, модульність, енергоефективність, надійність обладнання та документування. Моніторинг в серверній наведена на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Моніторинг в серверній

Надійність і стабільність роботи. Система повинна забезпечувати безперервний моніторинг та контроль кліматичних умов. Це включає механізми резервування даних та автоматичне відновлення після збоїв.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Бобрик В.Р.									
Перевір.		Лецишин Ю.З.								10	
Реценз.								ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42			
Н. Контр.		Луцик Н.С.									
Затверд.		Осухівська Г.М.									

Точність вимірювань. Система повинна забезпечувати високоточне вимірювання температури, вологості, рівня CO2 та інших параметрів. Допустима похибка вимірювань має бути мінімальною для ефективного контролю.

Автоматизація управління. Система повинна автоматично регулювати кліматичні умови на основі отриманих даних, забезпечуючи оптимальні умови для роботи обладнання та персоналу. Наслідки наведено на рисунку 1.2.

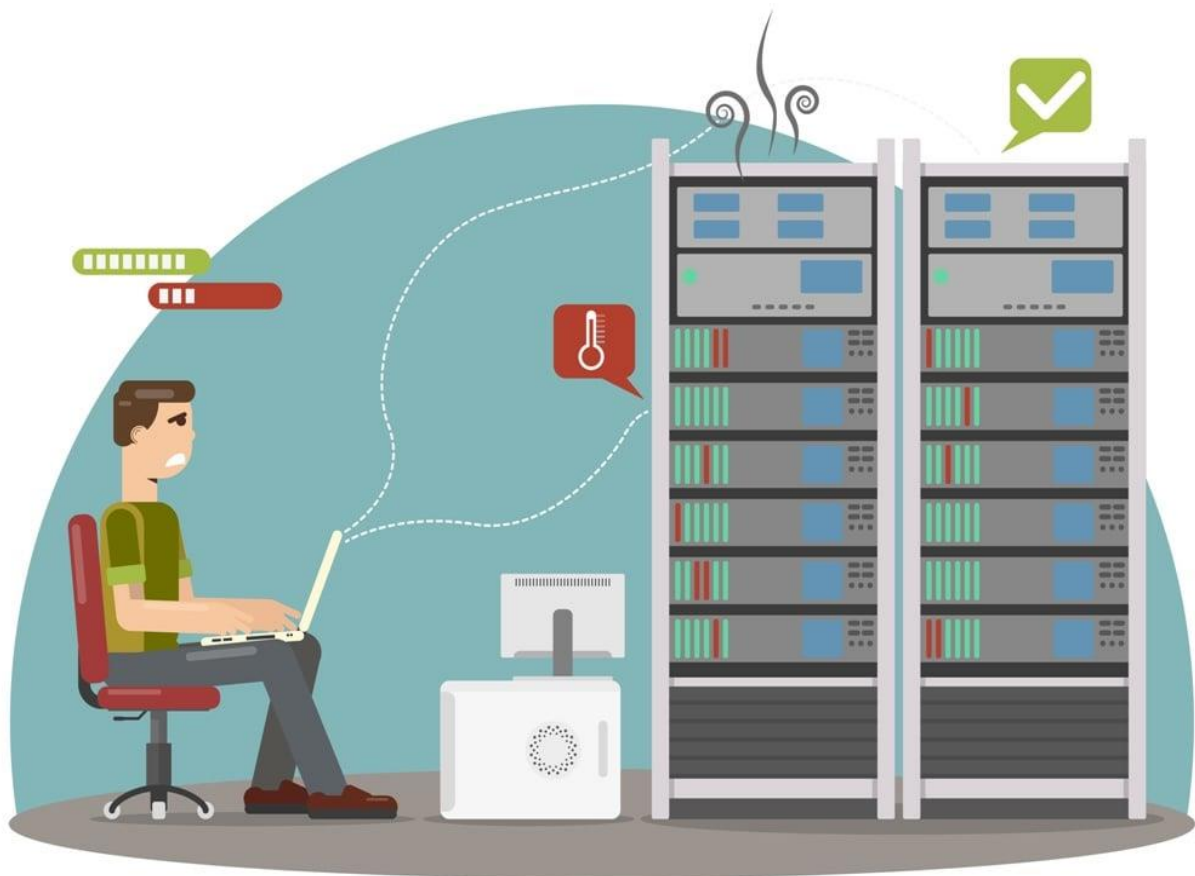


Рисунок 1.2 – Наслідки поганої терморегуляції

Інтеграція з існуючими системами. Система повинна бути сумісною з існуючими системами управління та моніторингу, дозволяючи централізований контроль та управління.

Зручний інтерфейс користувача. Система повинна мати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє легко контролювати та налаштовувати

параметри, забезпечуючи швидкий доступ до даних та звітів.

Алармування та сповіщення. Система повинна мати функції сповіщення про критичні відхилення параметрів через різні канали (електронна пошта, SMS). Це включає налаштування тривожних сигналів для швидкого реагування на аварійні ситуації. Блок системи сповіщення наведена на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Система сповіщення

Система повинна забезпечувати можливість дистанційного моніторингу та управління через Інтернет або мобільні додатки з надійним захистом доступу.

Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa повинна бути модульною, що дозволяє легко додавати нові датчики та розширювати функціонал. Це включає можливість масштабування для обслуговування великих промислових об'єктів.

Комп'ютеризована телеметрична система повинна бути енергоефективною, мінімізуючи споживання енергії при максимальній

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктивності. Використання технологій для зменшення енергоспоживання обладнання є важливим аспектом.

Використання високоякісного обладнання, здатного працювати в умовах промислових приміщень, включаючи вологість та пил.

Документування та звітність. Система повинна автоматично створювати детальні звіти про кліматичні умови та дії, вжиті для їх контролю, з можливістю зберігання історії даних для подальшого аналізу та оптимізації.

Загалом, Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa повинна бути надійною, точною, автоматизованою, зручною в користуванні та інтегруватись з існуючими системами, забезпечуючи оптимальні умови для роботи обладнання та персоналу.

1.2 Основні технічні вимоги до комп'ютеризованої системи

Основні загальні вимоги можна сформулювати наступним чином:

– Сенсори та засоби вимірювання:

а) здатність точно вимірювати температуру повітря, можливо, і в приміщенні та навколишньому середовищі.

б) можливість вимірювання вологості повітря, що є важливим параметром для зручності та здоров'я.

в) вимірювання атмосферного тиску для прогнозу погоди та визначення змін у погодних умовах.

г) відстеження параметрів вітру для повного аналізу погоди.

г) деякі метеостанції можуть вимірювати кількість опадів.

– точність та надійність:

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

а) забезпечення високої точності вимірювань та стабільності роботи системи протягом тривалого періоду.

– збір та аналіз даних:

а) можливість збору, обробки та аналізу даних про погоду.

б) забезпечення користувача інформацією про погоду в реальному часі та прогнозами.

– комунікація та зв'язок:

а) можливість підключення до мережі для передачі даних та оновлень.

б) взаємодія з іншими пристроями чи системами, такими як смартфони, розумний дім або хмарні сервіси.

– енергоефективність:

а) ефективне використання енергії для подовження терміну служби батареї або роботи від альтернативних джерел енергії (сонячна енергія, батареї тощо).

– користувацький Інтерфейс:

а) забезпечення зручного та зрозумілого інтерфейсу для користувачів.

б) можливість відображення інформації на дисплеї телеметричної системи або через інші пристрої.

– надійність зв'язку:

а) забезпечення стійкості та надійності зв'язку з іншими пристроями чи мережею.

– безпека даних:

а) захист зібраних даних від несанкціонованого доступу та забезпечення конфіденційності користувачів.

– компактність та дизайн:

а) компактний, надійний та естетичний дизайн для інтеграції в виробниче приміщення.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

1.3.1 Існуючі системи для автоматизованого моніторингу клімату в виробничих приміщеннях

На ринку існує кілька комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень. Ось огляд деяких з них: Siemens Desigo CC, Honeywell Building Management Solutions, Schneider Electric EcoStruxure, Johnson Controls Metasys.

Siemens Desigo CC – це універсальна платформа для управління будівлями, яка забезпечує моніторинг та контроль кліматичних параметрів. Вона дозволяє інтегрувати різні системи, такі як опалення, вентиляція, кондиціонування, освітлення та безпека, що забезпечує повний контроль над кліматом у приміщеннях. Інтерфейсу застосунка наведена на рисунку 1.4.

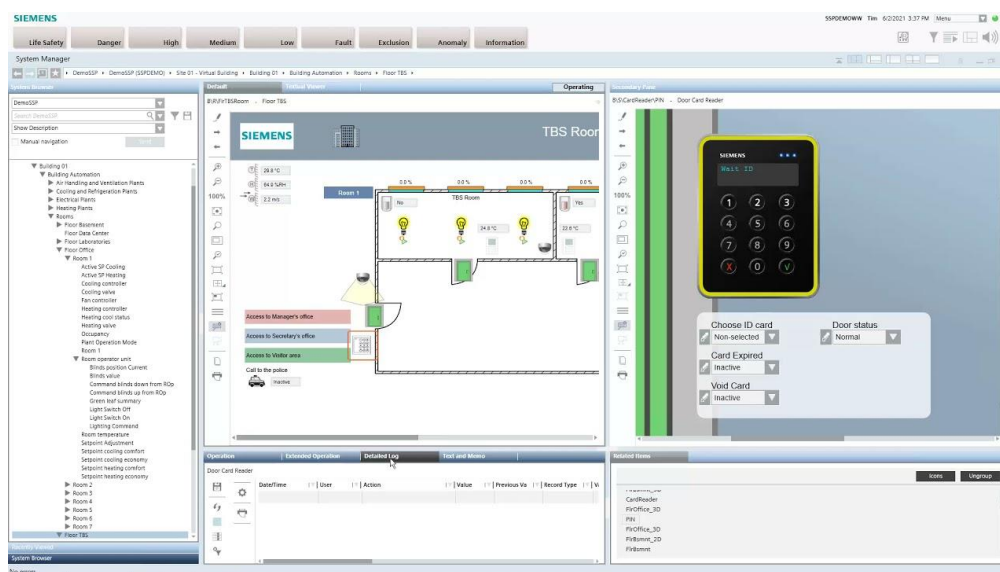


Рисунок 1.4 – Програма Siemens Desigo CC

Honeywell Building Management Solutions – це набір програмних засобів для управління будівлями, що включає інструменти для моніторингу та контролю клімату. Ці системи забезпечують інтеграцію різних кліматичних

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

параметрів і надають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для управління ними. Honeywell також пропонує рішення для енергоефективності та оптимізації споживання енергії. Вигляд інтерфейсу ПЗ наведена на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Програма Honeywell Building Management Solutions

Schneider Electric EcoStruxure – це платформа IoT, яка забезпечує моніторинг та управління кліматичними умовами в промислових приміщеннях. Вона дозволяє здійснювати контроль над енергоспоживанням, оптимізувати роботу систем HVAC, освітлення та інших інженерних систем, підвищуючи ефективність та знижуючи витрати.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.6 – Програма Schneider Electric EcoStruxure

Johnson Controls Metasys – це система управління будівлями, яка надає повний контроль над кліматичними умовами в промислових приміщеннях. Metasys забезпечує інтеграцію різних систем і надає інструменти для моніторингу та аналізу кліматичних параметрів(див. рис. 1.7), що допомагає підтримувати оптимальні умови для роботи обладнання та персоналу.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.7 – Програма Johnson Controls Metasys

Ці системи є лише комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень. Вибір системи залежить від потреб користувача, його функціональних вимог та фінансових можливостей.

1.3.2 Методи визначення моніторингу клімату в промислових приміщеннях

Для моніторингу клімату в промислових приміщеннях використовуються різні методи. Ось кілька з них:

Розрахункові методи — базуються на математичних моделях і алгоритмах, які враховують архітектурні параметри приміщення, такі як розміри, форма, розташування обладнання та інші фактори. Ці методи використовують комп'ютеризовані програми для моделювання та симуляції кліматичних умов, дозволяючи визначити розподіл температури, вологості та інших параметрів у приміщенні.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Фізичні моделі та експерименти — включають створення фізичних моделей приміщень або їх елементів і проведення експериментів для вимірювання кліматичних параметрів. Наприклад, можна використовувати термограми для вимірювання розподілу температури або психрометри для визначення відносної вологості. Ці методи важливі для перевірки та калібрування розрахункових моделей.

Інтегровані програмні засоби — деякі програмні пакети для управління будівлями мають вбудовані інструменти для моніторингу клімату. Вони використовують комбінації розрахункових методів, фізичних моделей та даних для отримання результатів. Такі засоби надають зручний інтерфейс для роботи з отриманими даними та результатами, дозволяючи інтегрувати моніторинг клімату з іншими системами управління будівлею.

Інтернет речей (IoT) — включає використання сенсорів та підключених пристроїв для безперервного моніторингу кліматичних параметрів. Сенсори можуть бути встановлені в різних зонах приміщення для збору даних про температуру, вологість, рівень CO₂ та інші показники. Дані передаються в реальному часі на центральний сервер для аналізу та прийняття рішень.

Аналітичні системи та штучний інтелект (AI) — використовують складні алгоритми для аналізу великих обсягів даних про кліматичні умови в приміщеннях. AI може передбачати зміни клімату, оптимізувати роботу HVAC-систем та інших кліматичних систем, забезпечуючи енергоефективність та комфортні умови.

Кожен з цих методів має переваги та недоліки, вибір методу буде залежати від конкретних потреб, наявних ресурсів та точності, необхідної для конкретного проекту. Зазвичай використовують декілька різних методів для отримання точних та достовірних результатів.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.3 Обладнання визначення клімату

Термометри — це прилади для вимірювання температури в приміщенні. Вони можуть бути електронними або аналоговими і забезпечують точне вимірювання температурного режиму у різних зонах приміщення.

Гігрометри — прилади для вимірювання вологості повітря. Вони дозволяють контролювати рівень вологості в приміщенні, що є важливим для забезпечення комфорту та здорових умов для працівників.

Барометри — прилади для вимірювання атмосферного тиску. Вони допомагають відслідковувати зміни в атмосферному тиску, що може впливати на клімат і здоров'я працівників.

Датчики CO₂ — вимірюють рівень вуглекислого газу в повітрі. Вони важливі для забезпечення нормальних рівнів вентиляції і попередження затяжної атмосфери, що може впливати на концентрацію уваги та продуктивність.

Датчики руху та присутності — використовуються для виявлення руху в приміщенні. Вони можуть автоматично регулювати освітлення та системи кондиціонування повітря в залежності від присутності людей.

Це лише кілька основних прикладів обладнання, яке допомагає вимірювати та контролювати кліматичні умови в промислових приміщеннях. Вибір конкретного обладнання залежить від специфіки приміщення, його розмірів, функціональних потреб та бюджетних обмежень.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка структури комп'ютеризованої системи

Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa відповідає таким основним вимогам:

Основні вимоги:

– Вимірювання та візуалізація параметрів:

а) температура: діапазон вимірювання 0°C - 50°C, роздільна здатність 0.1°C;

б) вологість: діапазон вимірювання 0% - 100%, роздільна здатність 1%;

в) тиск: діапазон вимірювання 0 - 1000 гПа, роздільна здатність 0.1 гПа;

г) концентрація CO₂: діапазон вимірювання 0 - 2000 ppm, роздільна здатність 1 ppm;

г) візуалізація даних на дисплеї з можливістю налаштування інтерфейсу.

– Зберігання даних:

а) зберігання даних про клімат за певний період часу

б) можливість експорту даних у файл

– Управління виконавчими механізмами:

а) можливість підключення та керування виконавчими механізмами, такими як кондиціонери, вентилятори, зволожувачі, осушувачі тощо;

б) автоматичне керування виконавчими механізмами на основі заданих параметрів.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ											
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата												
Розроб.		Бобрик В.Р.			Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa			Літ.		Арк.		Акрушів				
Перевір.		Лецишин Ю.З.								21						
Реценз.																
Н. Контр.		Луцик Н.С.														
Затверд.		Осухівська Г.М.														
													ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42			

– Зв'язок:

а) можливість підключення до локальної мережі для віддаленого доступу та керування системою;

в) можливість підключення до хмарного сервісу для зберігання та аналізу даних.

Основні вимоги та характеристики до комп'ютеризованої телеметричної системи збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa. Конструкція повинна включати в себе сенсори температури, вологості тиску, концентрації CO², їхня кількість буде залежати від потреб і обладнання яке знаходиться в приміщенні. Їх розміщення відповідає характеристикам і потребам обладнання.

В систему можна включити модулі Bluetooth, LORA, Wi-Fi для обміну даними з іншими пристроями та отримання даних на сервер.

За цими вимогами було розроблено структурну схему комп'ютеризованої системи рис. 2.1.

Структурна схема комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa враховує вимоги технічного завдання та передбачає застосування загально поширених модулів і компонентів, які зазначені в ТЗ.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

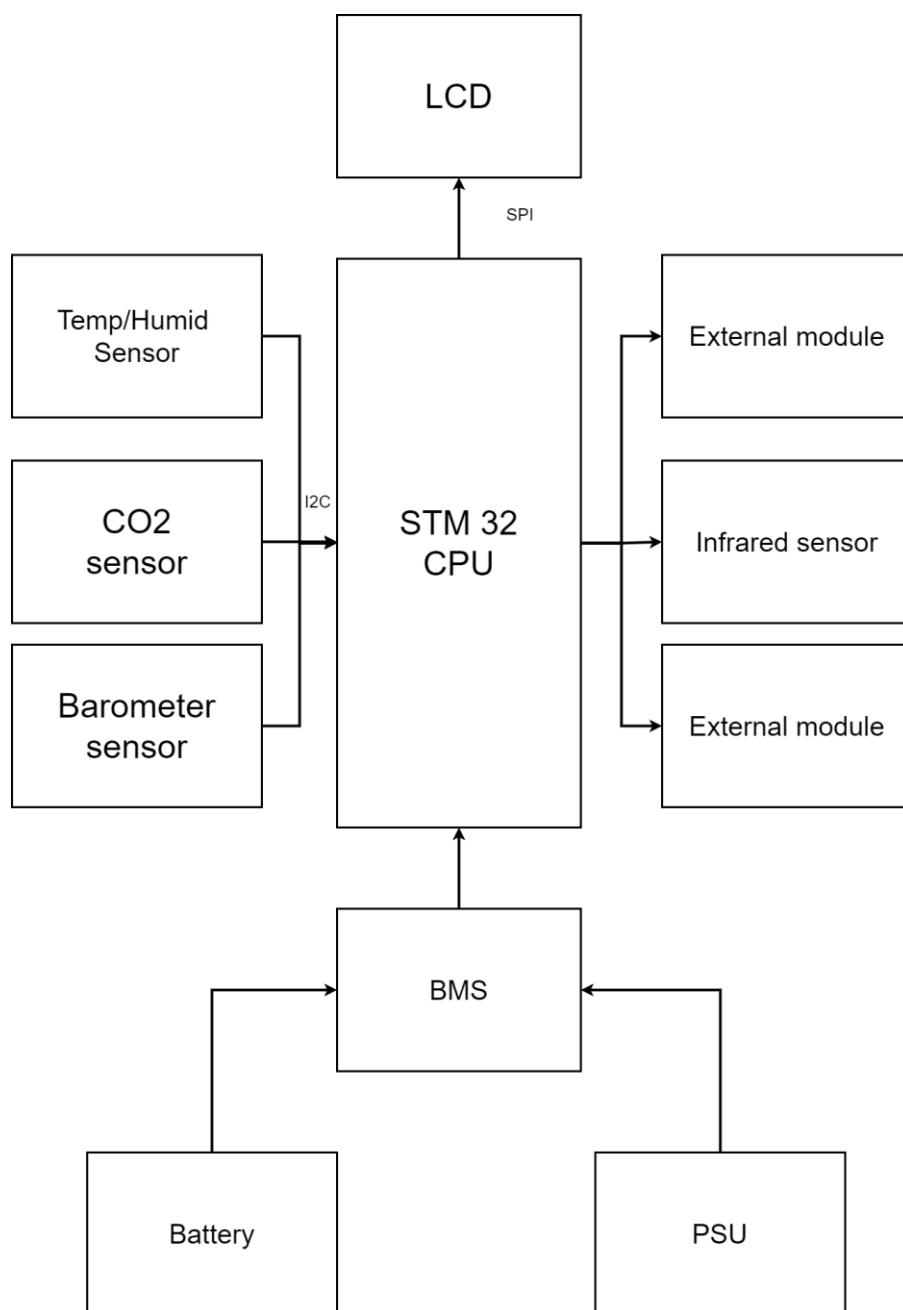


Рисунок 2.1 – Структурна схема комп'ютеризованої системи

Комп'ютеризована система складається з таких блоків:

- а) модулів для вимірювання температури, вологості, тиску, якості CO²;
- б) плати мікроконтролера STM32F Nucleo-64;
- в) радіомо модулі;
- г) автономного джерела живлення на від батареї на екстренні випадки;
- г) постійне джерело живлення.

Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень базується на платі STM32, яка зчитує дані з датчиків (температура, вологість, тиск, CO₂), обробляє їх, керує виконавчими механізмами (кондиціонери, вентилятори, зволожувачі, осушувачі) та візуалізує дані на дисплеї. Зібрані дані зберігаються та передаються на хмарний сервіс через модуль Wi-Fi, що забезпечує віддалений доступ до системи, можливість налаштування параметрів та аналіз даних.

Блок живлення, представлений мережевим адаптером або акумуляторною батареєю, гарантує стабільне живлення всім компонентам. Реле слугують для перемикання виконавчих механізмів, а програмне забезпечення для мікроконтролера та ПК забезпечує комплексну роботу системи.

Ця система дає можливість точно контролювати клімат в промисловому приміщенні, що призводить до зниження витрат енергії, покращення комфорту та безпеки для працівників, зменшення ризику пошкодження продукції та підвищення продуктивності. Важливо зазначити, що конфігурація системи може варіюватися залежно від розміру та потреб конкретного промислового приміщення.

2.2 Обґрунтування вибору апаратного забезпечення проектованої системи

2.2.1 Вибір плати STM32F Nucleo-64

Основні технічні характеристики плати STM32F Nucleo-64 включають наступні параметри.

STM32F Nucleo-64 використовує мікроконтролер STM32F103RB. Це 32-бітний мікроконтролер з ядром ARM Cortex-M3, який працює на частоті до 72 МГц. STM32F Nucleo-64 має 128 кБ флеш-пам'яті для зберігання програмного забезпечення та 20 кБ ОЗП (оперативної пам'яті). Плата підтримує всі екрани Arduino. Плата має два набори роз'ємів, вони призначені для екранів Arduino, які ідеально підходять до ESP8266 Wi-Fi Shield та Semtech LoRa Shield. Інші штифти називаються ST morpho pins, які можна використовувати для

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

розширювальних штифтів 64-контактного мікроконтролера

Плату поділено на дві області (див. рис. 2.2). Верхня частина — це налагоджувач і програматор ST-Link/V2, а нижня — плата розробки. Таким чином можна легко програмувати та налагоджувати свою плату одразу за допомогою додаткового кабелю USB, який можна підключити до міні-порту USB на платі.

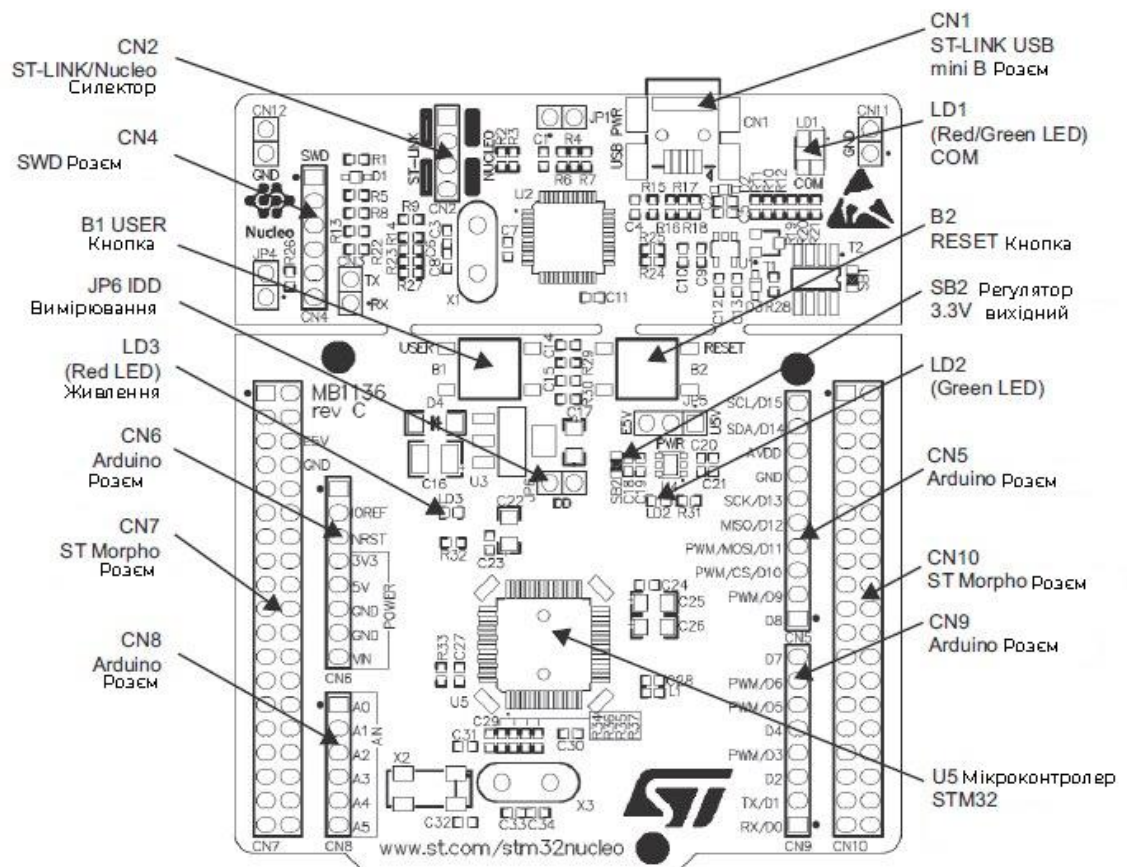


Рисунок 2.2 – Призначення виводів плати STM32F Nucleo-64

На перший погляд може здатися, що на платі є багато перемичок і компонентів, але всі вони тут, щоб полегшити нам роботу. Дві перемички CN11 і CN12 є фіктивними перемичками, ці перемички можна використовувати для інших цілей, якщо це знадобиться в майбутньому. Дві перемички на CN2 використовуються для підключення програматора та секції налагоджувача до нашої розробки. У можна видалити ці перемички, щоб використовувати

програматор для інших мікроконтролерів ST через ці контакти. Штифт роз'єму JP1 можна закрити, щоб обмежити струм USB до 100 мА, якщо його залишити відкритим, максимальний струм становитиме 300 мА. Наявний триколірний світлодіод (LD1), який світиться червоним, коли плата подається живлення, і стає зеленим, коли плата успішно запрограмована, і стає оранжевим, коли виникає збій зв'язку.

STM32F Nucleo-64 має 51 цифровий ввід/вивід, з яких багато можуть бути використані для різноманітних функцій, таких як ШІМ, аналогові входи, UART, SPI, I2C та інші.

STM32F Nucleo-64 підтримує ШІМ-сигнали на багатьох цифрових пінах, що дозволяє регулювати яскравість світлодіодів, швидкість моторів та інші завдання.

Плата має інтерфейси для зв'язку з іншими пристроями, такі як USB (для програмування та зв'язку з комп'ютером), UART (для послідовного зв'язку), SPI та I2C (для з'єднання з пристроями по відповідним шинам).

STM32F Nucleo-64 має можливість живитися від комп'ютера за допомогою USB, а також від зовнішнього джерела живлення з напругою від +7 до +12 вольт. Вона також має вбудований регулятор напруги, який забезпечує стабільну напругу +3.3 вольт для живлення інших пристроїв.

STM32F Nucleo-64 має розміри 73 мм на 53 мм, що робить її зручною для вбудованих систем і прототипування.

Ці характеристики плати STM32F Nucleo-64, проте варто зазначити, що існує багато розширень та модифікацій цієї плати, які можуть мати деякі додаткові функції та характеристики.

2.2.2 Вибір датчика температури

Датчики температури є ключовими компонентами для моніторингу клімату в промислових приміщеннях. Вони забезпечують точне вимірювання температури навколишнього середовища, що є критичним для підтримки

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оптимальних умов роботи обладнання та зберігання матеріалів. Одним із популярних датчиків температури є DHT22 (див. рис. 2.3).

Основні технічні характеристики датчика DHT22:

- а) діапазон вимірювання температури: від -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$;
- б) точність вимірювання: $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$;
- в) частота вимірювання: до 0.5 Гц (1 вимірювання кожні 2 секунди);
- г) інтерфейс: цифровий однопровідний.

DHT22 складається з термістора і ємнісного датчика вологості, які спільно забезпечують вимірювання температури і вологості.



Рисунок 2.3 – Датчик температури DHT22

2.2.3 Вибір датчика тиску

Датчики тиску дозволяють вимірювати атмосферний тиск у приміщенні, що може впливати на роботу різних систем та обладнання. Одним із часто використовуваних датчиків тиску є BMP280 (див. рис. 2.4).

Основні технічні характеристики датчика BMP280:

- а) діапазон вимірювання тиску: від 300 до 1100 гПа;
- б) точність вимірювання: ± 1 гПа;
- в) робочий діапазон температур: від -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$;
- г) інтерфейси: I2C, SPI.

BMP280 забезпечує високу точність вимірювань і може використовуватись для моніторингу тиску в різних промислових умовах.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

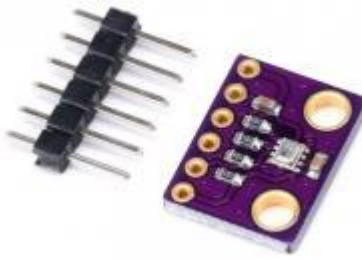


Рисунок 2.4 – Датчик тиску BMP280

2.2.4 Вибір датчика вологості

Вимірювання вологості є важливим для контролю клімату, особливо в умовах, де зберігаються чутливі до вологи матеріали або працює специфічне обладнання. Датчик SHT31 (див. рис. 2.5) є популярним вибором для таких задач.

Основні технічні характеристики датчика SHT31:

- а) діапазон вимірювання вологості: від 0% до 100% RH;
- б) точність вимірювання вологості: $\pm 2\%$ RH;
- в) робочий діапазон температур: від -40°C до $+125^{\circ}\text{C}$;
- г) інтерфейс: I2C.

SHT31 поєднує високу точність вимірювань і надійність.



Рисунок 2.5 – Датчик вологості SHT31

2.2.5 Вибір датчика рівня вуглекислого газу

Моніторинг рівня вуглекислого газу (CO₂) є критичним для забезпечення безпеки і здоров'я працівників у промислових приміщеннях. Датчик МН-Z19(див. рис. 2.6) широко використовується для вимірювання рівня CO₂.

Основні технічні характеристики датчика МН-Z19:

- а) діапазон вимірювання CO₂: від 0 до 5000 ppm;
- б) точність вимірювання: $\pm 50 \text{ ppm} + 5\%$ відчитаного значення;
- в) робочий діапазон температур: від -10°C до +50°C;
- г) інтерфейс: UART, PWM.

МН-Z19 забезпечує точні вимірювання рівня вуглекислого газу, що важливо для підтримання здорового мікроклімату в приміщенні.



Рисунок 2.6 – Датчик рівня CO₂ МН-Z19

2.3 Опис шин обміну даними

2.3.1 Опис шини I2C

Шина I2C (Inter-Integrated Circuit) представляє собою комунікаційний інтерфейс, розроблений компанією Philips (наразі NXP Semiconductors), що призначений для взаємного обміну даними між інтегрованими схемами у електронних пристроях. Її характеризує простота в реалізації та можливість підключення декількох пристроїв до однієї шини, що робить її популярною для зв'язку між мікроконтролерами та різними периферійними пристроями.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Шина I2C використовує дві лінії для передачі даних: лінію даних (SDA - Serial Data Line) та лінію годинника (SCL - Serial Clock Line). Вона сприяє обміну інформацією між пристроями майже без конфліктів та зменшує кількість необхідних проводів порівняно з іншими інтерфейсами зв'язку.

Наглядна схема інтерфейсу наведена на рисунку 2.7.

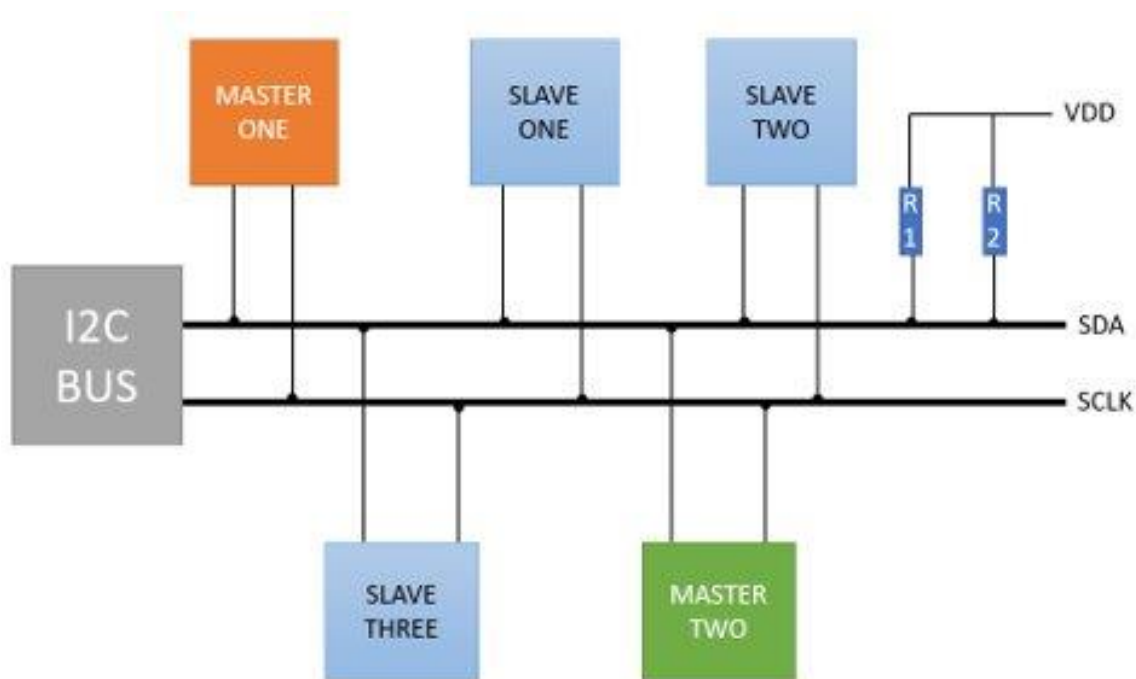


Рисунок 2.7 – I2C

Шина I2C виконує дві основні ролі: майстра (master) та слейва (slave). Майстер ініціює та керує комунікацією, тоді як слейв виконує вказівки майстра.

Ця шина також підтримує двосторонній обмін даними, що робить її універсальною для різноманітних застосувань.

Мікроконтролери STM32, зокрема серія STM32F4, широко використовуються у вбудованих системах та часто взаємодіють із різними пристроями за допомогою шини I2C. Деякі ключові особливості використання цієї шини на базі STM32 включають в себе вбудований апаратний блок I2C, різні контролери I2C для одночасної взаємодії з кількома пристроями та бібліотеку периферійних пристроїв, яка полегшує програмування взаємодії з пристроями на шині I2C.

STM32 може виконувати як роль майстра, так і роль слейва на шині I2C, що дозволяє взаємодіяти з іншими I2C -сумісними пристроями як ініціатор та приймач. Мікроконтролери також надають додаткові можливості, такі як розширені режими передачі даних та механізми обробки помилок та переривань, що роблять шину I2C більш гнучкою та придатною для різноманітних завдань.

Загалом, використання шини I2C на базі STM32F4 сприяє розробці ефективних та надійних систем вбудованого зв'язку, сприяючи швидкому розвитку та інтеграції різноманітних пристроїв у електронні системи.

2.3.2 Опис обміну SPI

SPI або Serial Peripheral Interface (послідовний периферійний інтерфейс) - фактичний послідовний синхронний повнодуплексний стандарт передачі даних простий і дуже ефективний інтерфейс для взаємодії мікроконтролера (МК) з іншими МК або іншими пристроями які мають відповідні виходи, для його конфігурації та підключення. Наглядна схема інтерфейсу наведена на рисунку 2.8.

SPI може працювати в режимі MASTER та SLAVE. У SPI є чотири основні канали, з яких можуть бути використані не всі:

- а) MOSI, Master Output / Slave Input: у режимі MASTER передає дані, а у режимі SLAVE приймає дані;
- б) MISO, Master Input / Slave Output: навпаки, у MASTER приймає дані, у SLAVE - передає;
- в) SCK, Serial Clock: встановлює частоту передачі даних у MASTER або приймає тактовий сигнал у SLAVE. Фактично, визначає біти;
- г) SS, Slave Select: за допомогою цього каналу SLAVE дізнається, що від нього хочуть. На STM32 називається NSS, де N = negative, тобто контролер тає SLAVE, якщо на цьому каналі з'єднано землю.

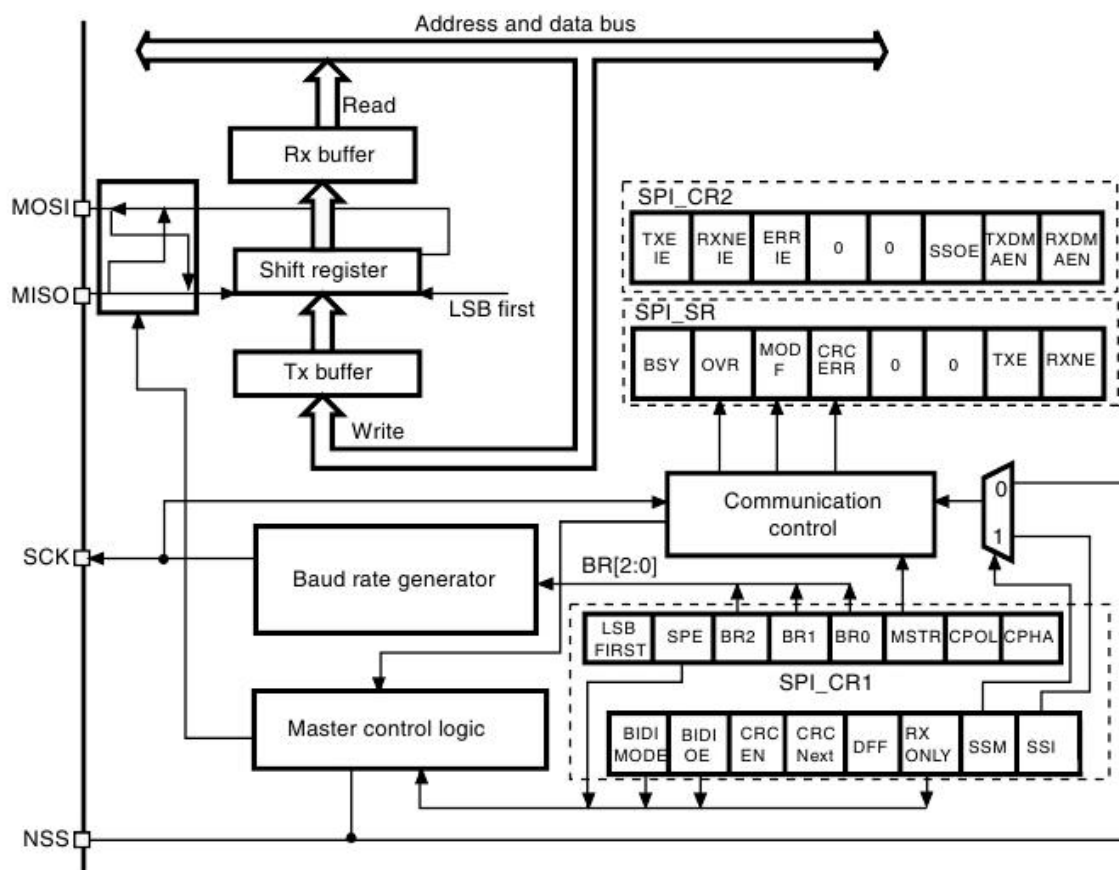


Рисунок 2.8 – SPI

SPI (Serial Peripheral Interface) має кілька режимів роботи, які визначають, як дані передаються між майстром та рабом. Основні параметри режимів роботи SPI включають:

CPOL (Clock Polarity):

- визначає рівень тактового сигналу в стані покою;
- є два варіанти:
- CPOL=0: Тактовий сигнал знаходиться в стані низького рівня в стані покою;
- CPOL=1: Тактовий сигнал знаходиться в стані високого рівня в стані покою.

CPHA (Clock Phase):

- визначає зміщення даних відносно тактового сигналу;

Є два варіанти:

- $CPHA=0$: Дані читаються на фронті тактового сигналу (зміщення на половину періоду);
- $CPHA=1$: Дані читаються на спаді тактового сигналу.

Ці два параметри ($CPOL$ та $CPHA$) визначають чотири режими роботи SPI:

а) Режим 0 ($CPOL=0$, $CPHA=0$):

- тактовий сигнал у стані покою має низький рівень;
- дані читаються на фронті тактового сигналу.

б) Режим 1 ($CPOL=0$, $CPHA=1$):

- тактовий сигнал у стані покою має низький рівень;
- дані читаються на спаді тактового сигналу.

в) Режим 2 ($CPOL=1$, $CPHA=0$):

- тактовий сигнал у стані покою має високий рівень;
- дані читаються на фронті тактового сигналу.

г) Режим 3 ($CPOL=1$, $CPHA=1$):

- тактовий сигнал у стані покою має високий рівень;
- дані читаються на спаді тактового сигналу.

2.4 Опис алгоритму роботи комп'ютеризованої системи

Робота комп'ютеризованої телеметричної системи збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa ґрунтується на вимірюванні температури, вологості, тиску та рівня вуглекислого газу в різних точках приміщення. Отримані таким чином дані обробляються мікроконтролером та відображаються на екрані. Для зручності користувачів система оснащена інфрачервоним датчиком для перемикання показників на екрані.

Блок-схема алгоритму роботи комп'ютеризованої системи моніторингу клімату наведена на рис. 2.9.

Алгоритм роботи комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень:

- Ініціалізація системи
 - зчитування налаштувань: Після включення системи мікроконтролер зчитує початкові дані та налаштування з пам'яті, включаючи конфігурацію сенсорів та параметри зв'язку.
 - підготовка до роботи: Мікроконтролер ініціалізує підключені компоненти, такі як сенсори та дисплей, і перевіряє їх готовність до роботи.
- Перевірка сенсорів
 - тестування сенсорів: Мікроконтролер послідовно перевіряє кожен сенсор на працездатність, зчитуючи тестові значення.
 - обробка помилок: Якщо якийсь із сенсорів не відповідає або передає некоректні дані, система реєструє помилку та відображає відповідне повідомлення на екрані. У разі серйозної помилки система може перейти в режим очікування до усунення несправності.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Опитування сенсорів
 - збір даних: Мікроконтролер опитує кожен сенсор для отримання актуальних даних про температуру, вологість, тиск і рівень вуглекислого газу.
 - частота опитування: Опитування сенсорів відбувається з визначеною періодичністю, наприклад, кожні 10 секунд, щоб забезпечити актуальність даних.
- Обробка даних
 - фільтрація та усереднення: Зібрані дані проходять попередню обробку, включаючи фільтрацію від шумів та усереднення для підвищення точності вимірювань.
 - аналіз даних: Мікроконтролер аналізує дані для виявлення аномалій, таких як раптове підвищення рівня CO₂ або різке зниження температури.
- Вивід інформації на екран
 - відображення даних: Оброблені дані відображаються на екрані в зручному для користувача форматі. Інформація може включати поточні значення температури, вологості, тиску та рівня вуглекислого газу.
 - перемикання показників: Інфрачервоний датчик дозволяє користувачам перемикати між різними параметрами, наприклад, для перегляду історичних даних або налаштування порогових значень.
- Циклічне опитування
 - постійний моніторинг: Система постійно повторює цикл опитування сенсорів, обробки даних та виведення інформації на екран для забезпечення безперервного моніторингу кліматичних умов.

- оновлення інтерфейсу: Дані на екрані оновлюються з кожним циклом опитування, надаючи користувачам найсвіжішу інформацію про стан клімату в приміщенні.

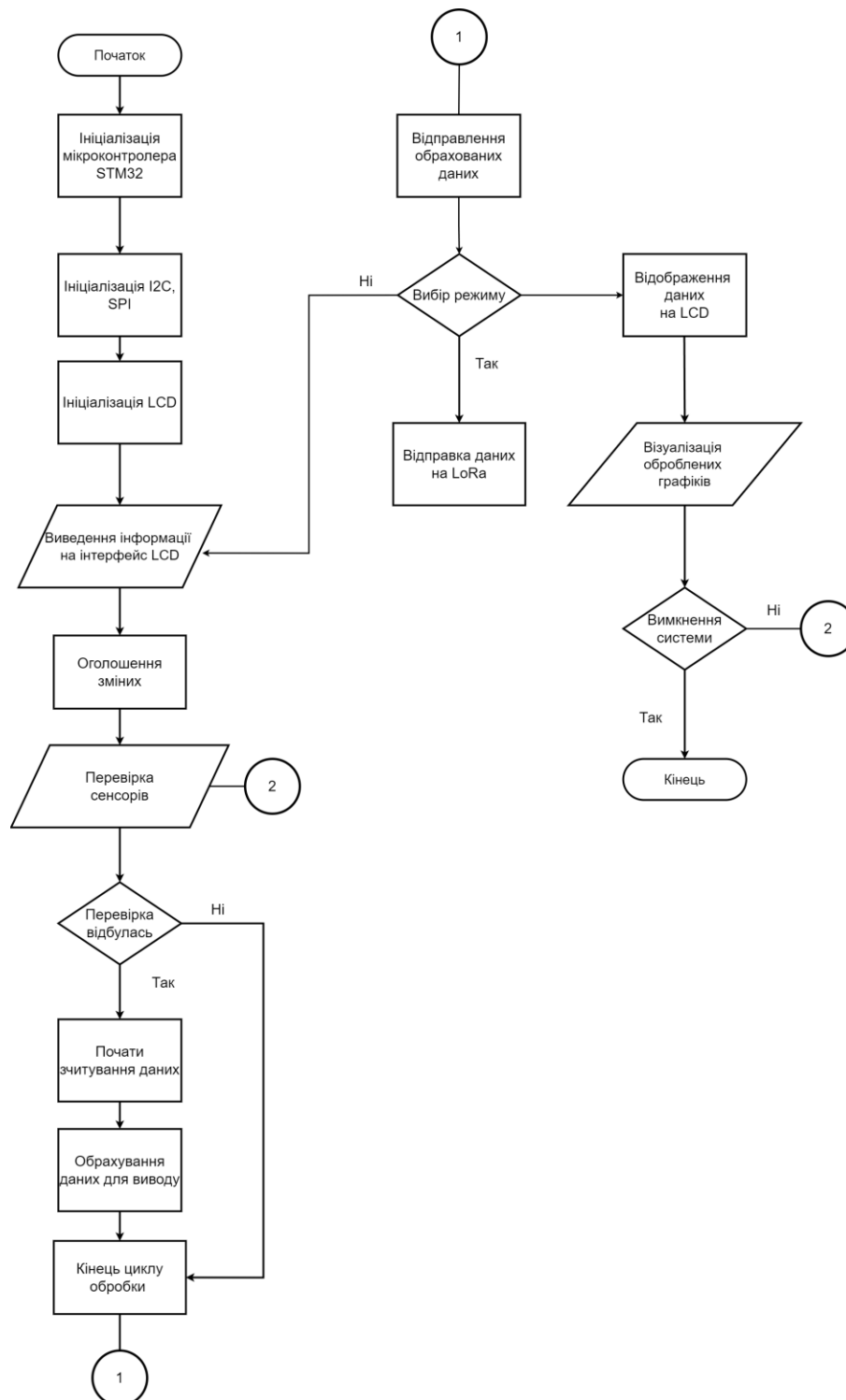


Рисунок 2.9 – Блок-схема алгоритму роботи комп’ютеризованої телеметричної система збору даних мікроклімату

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Підключення і налаштування комп'ютеризованої системи

Налаштування системи починається з покрокового підключення і налаштування всіх модулів на макетній платі.

3.1.1 Підключення датчиків. Схема на рис. 3.1.

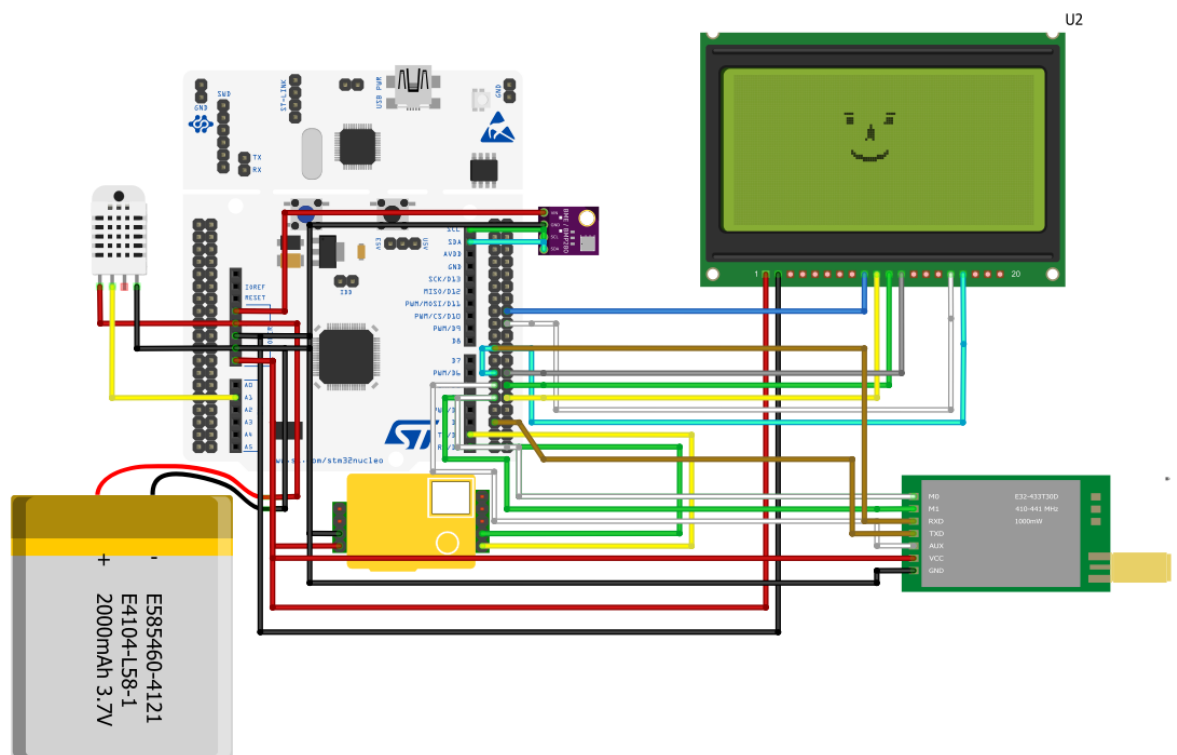


Рисунок 3.1 – STM32 схема підключення сенсорів

Для загального налаштування мікроконтролера застосовано STM32CubeIDE (див. рис. 3.2), за допомогою якого проініціалізовано необхідні функції пристрою в графічному середовищі.

Features

Block Diagram

Docs & Resources

CAD Resources

Datasheet

Buy

STM32F4 Series

STM32F401RET6

ACTIVE

Product is in mass production

Unit Price for 10kU (US\$) : 2.7654

Board: NUCLEO-F401RE



LQFP 64 10x10x1.4 mm

STM32 Dynamic Efficiency MCU, Arm Cortex-M4 core with DSP and FPU, up to 512 Kbytes of Flash memory, 84 MHz CPU, Art Accelerator

The STM32F401xD/xE devices are based on the high-performance ARM®Cortex®-M4 32-bit RISC core operating at a frequency of up to 84 MHz. Its Cortex®-M4 core features a Floating point unit (FPU) single precision which supports all ARM single-precision data-processing instructions and data types. It also implements a full set of DSP instructions and a memory protection unit (MPU) which enhances application security.

The STM32F401xD/xE incorporates high-speed embedded memories (512 Kbytes of Flash memory, 96 Kbytes of SRAM), and an extensive range of enhanced I/Os.

MCUs/MPUs List: 2 items

Display similar items

Export

*	Commercial Part No	Reference	Marketing St...	Unit Price for...	Package	Flash	RAM	I/O	Frequ...	Board
☆	STM32F401RET6	STM32F401R...	Active	2.7654	LQFP 64 10x1...	512 kBytes	96 kBytes	50	84 MHz	NUCLEO-F401RE
☆	STM32F401RET6TR	STM32F401R...	Active	2.7654	LQFP 64 10x1...	512 kBytes	96 kBytes	50	84 MHz	

Рисунок 3.2 – Вибір плати для створення проекту в STM32CubeIDE

Для роботи виконавчого модуля потрібно задати наступні налаштування системи:

- а) 1 пін в режимі GPIO_Input для ІЧ сенсора;
- б) 1 пін в режимі I2C1_SDA для BMP280;
- в) 1 пін в режимі I2C1_SCL для BMP280;
- г) 1 пін в режимі SPI_MISO для підключення LCD;
- г) 1 пін в режимі SPI_SCK для підключення LCD;
- д) 1 пін в режимі SPI_MOSI для підключення LCD.

На рисунку 3.3 зображено конфігурація виконавчого модуля.

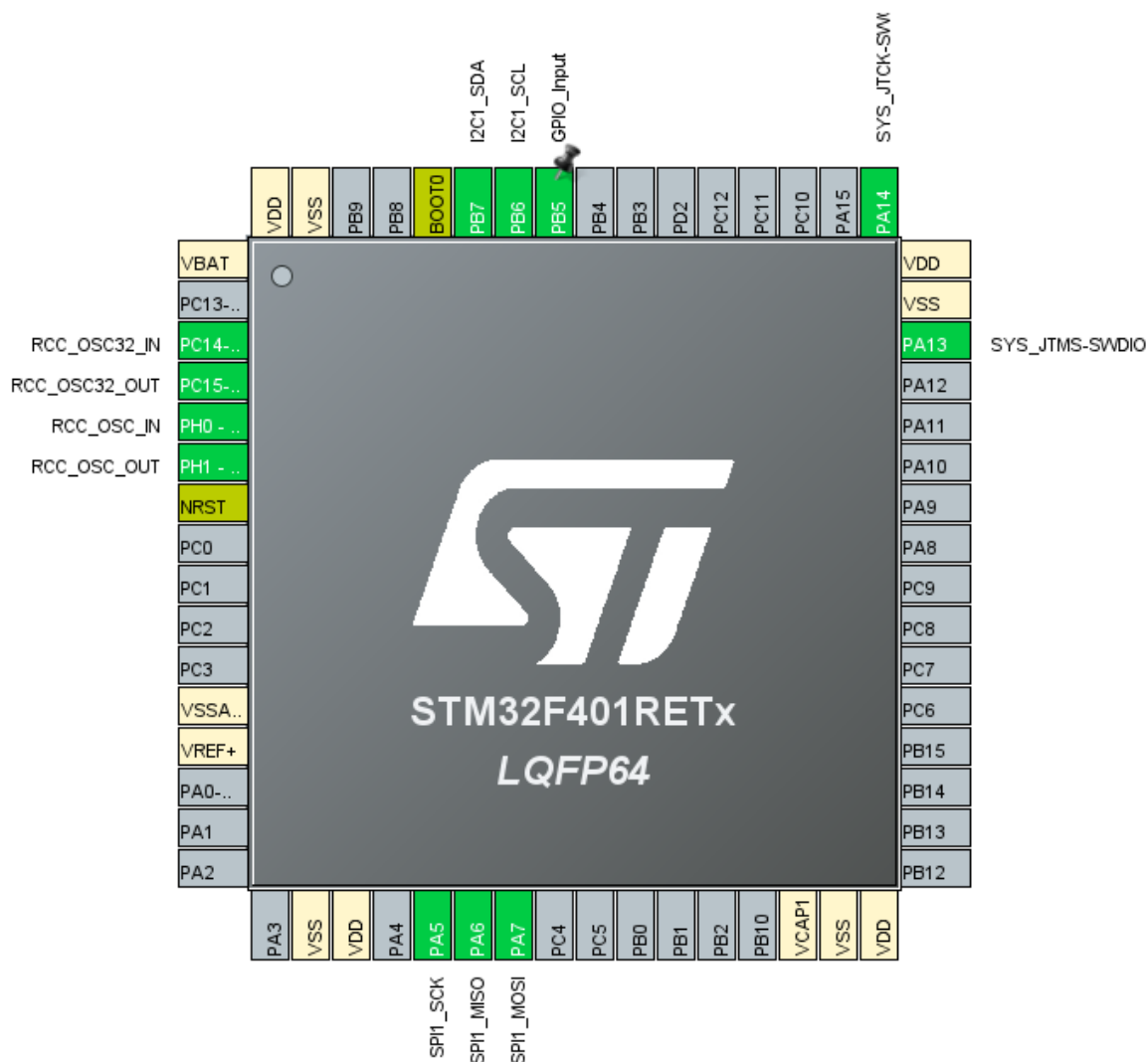


Рисунок 3.3 – Конфігурація плати

Після збереження конфігурації CubeIDE генерує весь потрібний код для вибраних налаштувань у графічному інтерфейсі, що значно спрощує роботу з STM32. На рисунку 3.4 зображено електрична принципова схема.


```

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    // Ініціалізація SPI
    SPI.begin();
    // Ініціалізація модуля LoRa
    if (!radio.begin(868MHz)) {
        Serial.println("Failed to initialize LoRa module!");
        while (1);
    }
}

```

Рисунок 3.5 – Ініціалізація модуль

```

void setLoRaParameters() {
    // Налаштування коефіцієнта розширення
    radio.setSpreadingFactor(7);
    // Налаштування пропускної здатності
    radio.setBandwidth(125000);
    // Налаштування коефіцієнта кодування
    radio.setCodingRate(4);
    // Налаштування довжини преамбули
    radio.setPreambleLength(8);
    // Налаштування синхронізуючого слова
    radio.setSyncWord(0x12);
    // Вмикання перевірки CRC
    radio.setCRCEnable(true);
    // Налаштування максимальної кількості повторних спроб
    radio.setMaxRetries(3);
    // Налаштування затримки між повторними спробами
    radio.setRetryDelay(1000);
    // Налаштування рівня потужності передавача
    radio.setTXPower(20);
}

```

Рисунок 3.6 – Налаштування параметрів модуль

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програмування мікроконтролера складається з наступних етапів:

- Ініціалізація бібліотек і оголошення змінних наведено в лістингу 3.1.

На рисунку 3.7 показано ініціалізацію бібліотек і оголошення змінних інформаційного модуля.

```
#include "main.h"
#include "stdbool.h"
#include "stdio.h"
#include "string.h"
#include "math.h"
#include "ssd1306.h"
#include "fonts.h"
#include "test.h"
#include "button.h"
#include "oledStrOut.h"
#define TIME_DISPLAY_DELEY 4
uint16_t timer_val;
uint16_t timeSec = 0;
uint16_t timeMilSec = 0;
uint16_t defaultTimerVal = TIME_DISPLAY_DELEY;
```

Рисунок 3.7 – Ініціалізація бібліотек

Stdbool.h ця бібліотека визначає макроси для роботи з логічними значеннями (true і false). Макрос bool розширюється до _Bool. Він використовується для оголошення змінних типу логічного. Інші макроси, визначені в stdbool.h, включають false (розширюється до 0), true (розширюється до 1) та __bool_true_false_are_defined (розширюється до 1). Бібліотека дозволяє писати більш зрозумілий код при роботі з умовами. stdio.h слугує як заголовочний файл відповідає за стандартний ввід та вивід. Він містить прототипи функцій, таких як printf, scanf, fread, fwrite, а також функції для роботи з файлами (наприклад, open, close). Використовується для обробки введення та виведення даних.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Math.h ця бібліотека містить математичні функції, такі як обчислення кореня, тригонометричні функції, логарифми та інші операції. Ssd1306.h бібліотека, пов'язана роботою з OLED-дисплеями типу SSD1306. Вона містить функції для відображення тексту, графіки та інших елементів на таких дисплеях. Fonts.h бібліотека, містить шрифти для відображення тексту на дисплеях. Вона включає різні розміри та стилі шрифтів. Test.h самописна бібліотека для тестування правильного надходження даних з підключених сенсорів і виводу даних на дисплеї і модулі для передачі даних. Button.h відповідає за роботу з кнопками або іншими введеннями. Вона містить функції для обробки натискань кнопок. OledStrOut.h відповідає за виведення тексту на OLED-дисплеї, і також містить функції для відображення готових поблокових рядків тексту попередньо налаштованих.

На даному етапі виконується підключення бібліотек для роботи з LCD, сенсорних датчиків та ІЧ датчика. Також оголошуються глобальні змінні та константи які використовуються в процесі виконання програми.

На рисунку 3.8 показано початкове налаштування системи інформаційного модуля

```
HAL_Init();
SystemClock_Config();
MX_GPIO_Init();
MX_I2C1_Init();
MX_TIM13_Init();
HAL_TIM_Base_Start_IT(&htim13);
SSD1306_Init();
strData_Init();
```

Рисунок 3.8 – Налаштування системи інформаційного модуля

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

На даному етапі виконується початковий запуск всіх систем, а саме:

- а) апаратного рівня;
- б) системного годинника;
- в) запрограмованих пінів;
- г) таймера;
- г) шини I²C;
- д) димплею;
- є) метеодатчика.

Також виконується запуск таймера та виведення початкової інформації на екран.

На рисунку 3.9 – Основний циклічний код інформаційного модуля

```
chekResetSTR ();  
  
ledInfo();
```

Рисунок 3.9 – Основний циклічний код інформаційного модуля

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 3.8 зображений основний код виведення даних на дисплей.

```
void chekResetSTR(void){
    if(!threSecA){ // button 1 no pressed on 3 seconds
        if(nowScroll){
            SSD1306_ScrollLeft(0x00, 0x0f); // start scroll
            nowScroll = !nowScroll;
            resetSelectChar(); // clear selected symbol
            dataOledOut(); // out data on display
        }
    }
    else{ // button 1 pressed on 3 seconds
        SSD1306_Stopscroll(); // stop scroll
        nowScroll = !nowScroll;
        resetData(); // ken select character on display
    }
}
```

Рисунок 3.8 – Електрична принципова схема

Логіка роботи коду виведення даних на дисплей. Спочатку код перевіряє змінну threSecA. Якщо threSecA неправдива (кнопка не натиснута протягом 3 секунд) Якщо nowScroll істина (прокручування ввімкнено) Викликає SSD1306_ScrollLeft, запускаючи анімацію прокручування вліво на дисплеї. Змінює значення nowScroll на протилежне (можливо, щоб зупинити прокручування після однієї ітерації). Викликає resetSelectChar, щоб очистити будь-який виділений символ. Нарешті, викликає dataOledOut, щоб оновити дисплей новими даними.

Інакше (кнопка натиснута протягом 3 секунд або більше) Викликає SSD1306_Stopscroll, щоб зупинити будь-яку анімацію прокручування, що триває. Змінює значення nowScroll на протилежне (можливо, щоб запобігти подальшому прокручуванню). Викликає resetData, щоб, скинути весь вміст дисплея.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Принципи, способи та засоби захисту населення.

Підготовчі заходи щодо захисту населення є однаковими для мирного та воєнного часу, оскільки вони враховують комбінований вплив техногенних надзвичайних ситуацій та можливе застосування сучасних засобів ураження агресором.

Принципи захисту населення.

Захист населення від надзвичайних ситуацій базується на кількох ключових принципах, які забезпечують ефективність заходів та мінімізацію негативних наслідків:

- пріоритетність захисту людей. Захист життя та здоров'я населення є головним завданням під час будь-якої надзвичайної ситуації. Це включає як фізичний захист, так і збереження психічного та емоційного благополуччя;
- завчасне планування. Планування заходів щодо захисту населення повинно здійснюватися заздалегідь, враховуючи всі можливі ризики та особливості регіону. Це передбачає розробку детальних планів дій у разі виникнення НС, проведення навчань та тренувань, а також забезпечення необхідними ресурсами та обладнанням;
- комплексний підхід. Використання різноманітних методів і засобів захисту в комплексі для досягнення максимального ефекту. Це означає, що заходи з захисту населення повинні бути взаємопов'язаними і взаємодоповнюючими;
- відкритість інформації. Громадяни повинні мати доступ до повної та достовірної інформації про ризики та заходи захисту. Це включає своєчасне інформування населення про загрози, інструкції щодо дій у надзвичайних

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Бобрик В.Р.									
Перевір.		Лецишин Ю.З.								46	
Реценз.											
Н. Контр.		Луцик Н.С.									
Затверд.		Осухівська Г.М.									
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІс-42						

ситуаціях та забезпечення засобами масової інформації. Особиста відповідальність керівників органів ЦЗ і піклування громадян про власну безпеку, неухильне дотримання ними правил поведінки та дій у НС;

- особиста відповідальність. Важливість особистої відповідальності громадян за власну безпеку та дотримання встановлених правил поведінки. Кожна особа повинна знати основні правила безпеки та бути готовою діяти в надзвичайних ситуаціях.

Методи захисту населення.

Захист населення від впливу факторів надзвичайних ситуацій включає такі основні методи;

- укриття у захисних спорудах. Спеціально обладнані укриття (бомбосховища, протирадіаційні укриття) забезпечують захист від фізичних, хімічних та радіаційних загроз. Важливо забезпечити своєчасне укриття населення у таких спорудах. Захисні споруди повинні бути розташовані в зручних місцях, мати необхідні запаси води, продуктів харчування та медичних засобів;

- евакуація. Завчасне або оперативне переміщення людей з небезпечних зон у безпечні райони. Евакуація може бути загальною або частковою, в залежності від масштабу надзвичайної ситуації. Під час евакуації необхідно забезпечити організоване переміщення населення, надання медичної допомоги, а також створення умов для тимчасового або постійного проживання евакуйованих осіб;

- радіаційний та хімічний захист. Включає моніторинг радіаційної та хімічної обстановки, використання засобів індивідуального захисту (протигази, захисний одяг), а також проведення дезактивації та дегазації. Необхідно також забезпечити населення знаннями про правильне використання цих засобів та організувати регулярні навчання;

- медичний захист. Охоплює надання першої медичної допомоги, лікування постраждалих, профілактичні заходи, забезпечення населення медичними засобами та вакцинами. Медичний захист повинен включати

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підготовку медичного персоналу, створення мобільних медичних пунктів та запасів необхідних медичних засобів;

- біологічний захист. Передбачає виявлення, локалізацію та ліквідацію осередків біологічного зараження, проведення карантинних та дезінфекційних заходів. Це включає своєчасне виявлення біологічних загроз, проведення епідеміологічного моніторингу, забезпечення колективних та індивідуальних засобів захисту, а також впровадження спеціальних режимів карантину;

- психологічний захист. Спрямований на надання психологічної допомоги постраждалим, зниження стресу та запобігання панічним настроям серед населення. Психологічний захист повинен включати роботу психологів, соціальних працівників, а також організацію інформаційної підтримки для населення;

- інженерний захист територій. Включає заходи інженерного напрямку під час проектування, будівництва і експлуатації споруд та потенційно небезпечних об'єктів, спрямовані на запобігання виникненню НС, підвищення стійкості функціонування об'єктів в умовах НС. Це можуть бути спеціальні інженерні споруди, протизсувні системи, захист від паводків, будівництво дамб та інших захисних конструкцій.

Засоби захисту населення. Для реалізації зазначених методів використовуються різноманітні засоби захисту:

- захисні споруди. Бомбосховища, протирадіаційні укриття, тимчасові укриття (метро, підвали). Важливо, щоб ці споруди були обладнані всім необхідним для тривалого перебування людей;

- засоби індивідуального захисту. Протигази, респіратори, захисні костюми, індивідуальні аптечки. Ці засоби повинні бути доступні кожному громадянину та підтримуватися у справному стані;

- моніторингові системи. Радіаційні та хімічні детектори, системи раннього попередження про надзвичайні ситуації. Вони забезпечують своєчасне виявлення загроз та дозволяють швидко реагувати на них;

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- медичне обладнання та препарати. Аптечки першої допомоги, мобільні медичні пункти, вакцини, антивірусні та антибактеріальні засоби. Це необхідне для надання медичної допомоги постраждалим та проведення профілактичних заходів;

- транспортні засоби. Спеціально обладнані транспортні засоби для евакуації та транспортування постраждалих. Вони повинні бути готові до швидкого використання у разі необхідності;

- інформаційні системи. Засоби масової інформації, мобільні додатки для інформування населення про надзвичайні ситуації та заходи захисту. Це забезпечує своєчасне та точне інформування громадян.

Захист населення від надзвичайних ситуацій є комплексним завданням, що потребує узгоджених дій державних органів, місцевих адміністрацій та самих громадян. Тільки спільними зусиллями можна досягти максимального рівня безпеки та мінімізувати ризики для життя і здоров'я населення.

4.2 Організація безпечної роботи електроустановок

Безпечна робота електроустановок є критично важливою для забезпечення безпеки працівників та безперебійного функціонування енергетичних систем. Одним із основних принципів є дотримання всіх чинних нормативно-правових актів, стандартів та інструкцій з охорони праці. Роботи з електроустановками виконують виключно кваліфіковані спеціалісти, які пройшли відповідне навчання та мають дозвіл на проведення таких робіт.

Регулярне навчання та інструктажі з охорони праці є необхідною умовою для підтримання високого рівня безпеки. Працівники використовують засоби індивідуального захисту, такі як діелектричні рукавички, килимки, взуття, захисні окуляри, під час роботи з електроустановками.

Основні заходи безпеки. Організація безпечної роботи електроустановок включає низку заходів. Одним із них є розробка та затвердження детальних інструкцій з охорони праці. Для кожної електроустановки та виду робіт

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

призначаються відповідальні особи, які контролюють дотримання правил безпеки. Перед початком робіт проводяться обов'язкові інструктажі з охорони праці для всіх залучених працівників.

Технічні заходи з безпеки передбачають відключення напруги перед початком робіт та перевірку відсутності напруги. Встановлення заземлення забезпечує безпеку під час роботи з електроустановками. Використання фізичних бар'єрів та огорожень допомагає запобігти випадковому доступу до небезпечних зон. Сигнальні пристрої встановлюються для попередження про небезпеку та забезпечення контролю над електроустановками.

Засоби індивідуального захисту, такі як діелектричні рукавички, взуття, килимки, захисні окуляри та каски, є обов'язковими для захисту працівників від ураження електричним струмом та механічних пошкоджень.

Регламентні роботи та технічне обслуговування. Для забезпечення безпеки необхідно проводити планові перевірки та технічне обслуговування електроустановок. Регулярні огляди допомагають виявляти та усувати потенційно небезпечні дефекти. Виконання регламентних робіт з технічного обслуговування забезпечує справний стан та безпечну експлуатацію електроустановок.

Документування та звітність є важливими складовими безпечної роботи. Всі роботи з технічного обслуговування та перевірок задокументовуються в журналах обліку. Звіти про виконані роботи включають інформацію про виявлені дефекти та заходи щодо їх усунення.

Аварійні ситуації та реагування. Планування дій у разі аварій є важливим аспектом забезпечення безпеки. Для кожної електроустановки повинні бути розроблені та затверджені плани аварійного реагування, включаючи евакуаційні маршрути та заходи першої допомоги. Регулярні тренування та навчання персоналу з питань аварійного реагування та надання першої допомоги є необхідними для ефективного реагування на надзвичайні ситуації.

У разі виникнення аварійної ситуації необхідно швидко відключити електроустановку для запобігання подальшим пошкодженням та ураженням.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідальні особи та служби повинні бути негайно поінформовані про аварію для координації дій з її ліквідації.

Організація безпечної роботи електроустановок є важливою складовою загальної системи охорони праці та забезпечення безпеки на виробництві. У даному проєкті, присвяченому комп'ютеризованій телеметричній системі збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa, були виконані всі необхідні умови для забезпечення безпеки. Включено комплекс заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам та аваріям, забезпечення безпеки працівників та безперебійного функціонування електроустановок. Дотримання нормативних вимог, регулярне навчання персоналу, використання засобів індивідуального захисту та проведення планових перевірок були забезпечені та є невід'ємними елементами ефективної системи безпеки.

Працівники які використовують компютеризовану телеметричну систему збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa. Виконують вимоги організації безпечної роботи з електроустановками.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено комп'ютеризовану телеметричну система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa. Ця система вимірює температуру, вологість, тиск і рівень вуглекислого газу за допомогою відповідних сенсорів і відображає ці дані на екрані для подальшого аналізу. Крім того, система оснащена інфрачервоним датчиком для зручного перемикавання між різними показниками на екрані.

Тестування схеми та коду на макеті розробленої комп'ютеризованої телеметричної системи збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa підтвердило її працездатність та ефективність.

У першому розділі було виконано аналіз технічного завдання та сформульовано вимоги до комп'ютеризованої системи моніторингу клімату в промислових приміщеннях, а також проведено аналіз можливих рішень.

У другому розділі описується процес проектування та реалізації комп'ютеризованої системи. Було розроблено апаратне забезпечення для функціонування системи, включаючи сенсори та дисплей. Також детально описано компоненти системи та їх функціональні можливості.

У третьому розділі виконано налаштування компонентів, програмну реалізацію та тестування комп'ютеризованої системи. Було перевірено коректність роботи всіх сенсорів та інтерфейсу виведення даних.

Четвертий розділ описує питання безпеки життєдіяльності та основи охорони праці, що є важливими аспектами під час експлуатації комп'ютеризованих систем.

Таким чином, розроблена система моніторингу клімату забезпечує точний і надійний контроль за кліматичними умовами в промислових приміщеннях, сприяючи підтримці оптимальних умов роботи та зберігання.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лецишин Ю.З., Романишин Н.Р., Наконечний В.В., Паламарчук А.О. Розробка системи зв'язку як інтегрованого елементу роботизованих систем. Проблеми створення, розвитку та застосування високотехнологічних систем спеціального призначення з урахуванням досвіду антитерористичної операції. Збірник тез доповідей XXI Всеукраїнської науково-практичної конференції. Житомир, 2016. С. 102.
2. Лецишин Ю.З., Назаревич Т.О., Міська І.В. Створення вбудованих систем на базі структурно - параметричних моделей цифрових каналів зв'язку. VIII Науково-технічна конференція «Інформаційні моделі, системи та технології». Тернопіль, 2020. С. 127.
3. Марків В.А., Осухівська Г.М., Лецишин Ю.З., Луцків А.М. Комп'ютерна система аутентифікації осіб. Матеріали XX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя. 2017. С. 90–91.
4. Leschyshyn Y., Scherbak L., Nazarevych O., Gotovych V., Tymkiv P., Shymchuk G. Multicomponent Model of the Heart Rate Variability Change-point. IEEE XVth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH). 2019. P. 110–113.
5. Tymkiv P., Leshchyshyn Y. Algorithm Reliability of Kalman Filter Coefficients Determination for Low-Intensity Electroretinosignal. IEEE 15th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD Systems (CADSM). 2019. P.1-5.
6. Leschyshyn Y., Semchyshyn O. Periodically correlated heart rate variability detection by Neyman - Pearson criterion. 9th International Conference - The Experience of Designing and Applications of CAD Systems in Microelectronics. 2007. P. 139–140.
7. Осухівська Г.М., Тиш Є.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційних робіт здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль, ТНТУ. 2022. 28 с.

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

8. Серіков Я. О. Безпека життєдіяльності. Харків: ХНАМГ, 2005. 298 с.
9. Геврик Є.О. Охорона праці. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.
10. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці. К.: Каравела, 2007. 408 с.
11. STM32 connect lcd 16x2. URL: <https://controllerstech.com/interface-lcd-16x2-with-stm32-without-i2c/> (дата звернення: 04.05.2024).
12. I²C in STM32F103C8T6? STM32 I2C Tutorial. URL: <https://www.electronicshub.org/how-to-use-i2c-in-stm32f103c8t6/> (дата звернення: 04.05.2024).
13. STM32 as I2C. URL: <https://controllerstech.com/stm32-as-i2c-slave-part-1/> (дата звернення: 04.05.2024).
14. Data sheet BMP180 Digital pressure sensor. 2023. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/514264/TI1/BMP180.html> (дата звернення: 04.05.2024).
15. DHT22 (DHT22 also named as AM2302). 2023. URL: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf> (дата звернення: 04.05.2024).
16. MH-Z19 Datasheet Infrared CO2 Sensor Module. 2023. URL: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=MH-Z19> (дата звернення: 04.05.2024).

					КС КРБ 123.310.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ДОДАТОК А.
Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

«Затверджую»

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

" ____ " _____ 2024 р.

Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень

з використанням модуля LoRa

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на __4__ листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н., доц. Лещишин Ю.З.

« ____ » _____ 2024 р

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІс-42

_____ Бобрик В.Р.

« ____ » _____ 2024 р

Тернопіль 2024

1. Назва та підстава для виконання роботи.

1.1. Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa.

1.2. Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра (КРБ) є Наказ по Університету (№ 4/7-468 від 26.04.2024 р.).

2. Виконавець.

2.1. Студент групи СІс-42 кафедри КС (СІс-22-310)

Тернопільського національного технічного університету ім. І. Пулюя
Бобрик Віталій Романович (Bobryk Vitalii Romanovych).

3. Мета роботи.

3.1. Метою роботи є розробити структуру та програмне забезпечення Комп'ютеризована телеметрична система збору даних мікроклімату виробничих приміщень з використанням модуля LoRa.

4. Склад виробу.

4.1. До складу вимірювача повинні входити:

- 1) сенсори температури;
- 2) сенсор тиску;
- 3) сенсор вологості;
- 4) сенсор рівня CO₂;
- 5) автономне джерело живлення;
- 6) мікроконтролер;
- 7) комплект документації.

5. Технічні вимоги.

5.1. Вимоги по призначенню.

5.1.1. Вбудована система повинна мати наступні параметри:

- 1) Діапазон вимірюваної температури: від -40°C до $+80^{\circ}\text{C}$
- 2) Діапазон вимірювання тиску: від 300 до 1100 гПа
- 3) Діапазон вимірювання вологості: від 0% до 100% RH
- 4) Діапазон вимірювання CO_2 : від 0 до 5000 ppm
- 5) Протоколи обміну даними SPI I2C

5.1.2. Система повинна живитись напругою постійного

струму, В $+5\pm 10\%$

5.2. Вимоги до умов експлуатації:

5.2.1. По умовам експлуатації виріб повинен відповідати вимогам ГОСТ 15150 для УХЛ4.1

5.2.2. Температура експлуатації від 0 до $+40^{\circ}\text{C}$

5.2.3. Відносна вологість до 100% при $t=25^{\circ}\text{C}$

5.3. Конструктивні вимоги.

5.3.1. Конструювання корпусу приладу в КРБ не передбачено.

5.3.2. Для побудови системи мають бути використані сучасні компоненти з можливістю поверхневого монтажу друкованого вузла.

5.3.3. При побудові системи необхідно передбачити розміщення роз'ємів живлення і обміну даними.

5.3.4. Габаритні розміри при макетуванні, мм, не більше:

довжина	200
ширина	200
висота	200

5.3.5. Маса макету, кг, не більше 0,9

5.3.6. Конструкція макету повинна забезпечувати доступ до всіх комплектуючих виробів при тестуванні.

5.4. Вимоги до надійності.

5.4.1. Система повинна відповідати вимогам ДСТУ 2862-94.

5.4.2. Наробка на відмову, не менше 5000 год.

5.5. Вимоги метрології.

5.5.1. Вимірювання параметрів системи при моделюванні повинно виконуватись на універсальних вимірювальних приладах.

6. Економічні показники.

6.1. Собівартість системи повинна бути не більше 10000 грн.

7. Вимоги до документації.

7.1. Конструкторська документація повинна відповідати вимогам ЄСКД, ДСТУ та ГОСТ.

7.2. До складу документації повинно входити:

- 1) ПЗ
- 2) Структурна схема Е1
- 3) Електрична схема Е3
- 4) Схема з'єднань Е4
- 5) Блок схема алгоритму роботи

8. Стадії та етапи розробки КРБ

8.1 Стадії та етапи виконання КРБ наведенні в таблиці 1.

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	01.02-29.02.2024
2	Аналіз технічного завдання та обґрунтування можливих рішень	05.02-11.02.2024
3	Розробка структурної та функціональної схеми	25.04-03.05.2024
4	Вибір елементної бази	05.05-20.05.2024
5	Розробка програмного забезпечення для проектованої системи	20.05-31.05.2024
6	Опрацювання питань розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці»	03.06-09.06.2024
7	Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	10.06-15.06.2024
8	Оформлення графічної частини	16.06-20.06.2024
9	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	14.06.2024
10	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	24.06-27.06.2024