

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Комп'ютеризована система моніторингу грозової активності для
оцінки ризику влучання блискавки

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-42
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Муравець М.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Паламар А.М.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Тили Є.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Деркач М.В.

(прізвище та ініціали)

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)

«27» січня 2025 р

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Муравцю Максиму Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютеризована система моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки

Керівник роботи Паламар Андрій Михайлович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «27» січня 2025 року № 4/7-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17.06.2025 р.

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. Структурна схема системи

2. Схема електрична принципова

3. Блок-схема алгоритму роботи

4. Результати моделювання системи

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка технічного завдання</i>	<i>27.01 – 02.02</i>	<i>Викон.</i>
2.	<i>Аналіз технічного завдання, вимог до комп'ютерної системи, та можливих рішень поставленого завдання</i>	<i>03.02 – 10.02</i>	<i>Викон.</i>
3.	<i>Розроблення структури, вибір апаратного забезпечення, проектування комп'ютеризованої системи</i>	<i>11.02 – 28.02</i>	<i>Викон.</i>
4.	<i>Реалізація алгоритму, написання програмного забезпечення, моделювання комп'ютеризованої системи</i>	<i>01.03 – 01.05</i>	<i>Викон.</i>
5.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>02.05 – 11.05</i>	<i>Викон.</i>
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу</i>	<i>12.05 – 08.06</i>	<i>Викон.</i>
7.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>09.06 – 15.06</i>	<i>Викон.</i>
8.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>16.06 – 22.06</i>	<i>Викон.</i>
9.	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>24.06.2025</i>	

Студент

(підпис)*Муравець М.П.*

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)*Паламар А.М.*

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Муравець М.П. Комп'ютеризована система моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки: робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: комп'ютеризована система, моніторинг грозової активності, влучання блискавки, давач AS3935, IoT, хмарна платформа.

Кваліфікаційна робота присвячена розробці комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки. Проведено аналіз технічного завдання та сформульовано основні вимоги до системи, зокрема щодо точності вимірювань, оперативності обробки даних та надійності роботи. Виконано огляд існуючих аналогічних рішень, що дозволило визначити їхні переваги та недоліки.

У роботі розроблено апаратне забезпечення системи, зокрема обґрунтовано вибір сенсора AS3935 для детектування електромагнітних імпульсів блискавки. Також спроектовано основні модулі, включаючи відображення даних на дисплеї, звукове та світлове сповіщення користувача. Розроблено алгоритм функціонування системи та створено відповідне програмне забезпечення для керування пристроєм і передавання даних на хмарну платформу.

ANNOTATION

Muravets M.P. Computerized system for monitoring thunderstorm activity to assess the risk of lightning strikes. Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — Computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: computerized system, monitoring of thunderstorm activity, lightning strike, AS3935 sensor, IoT, cloud platform.

The qualification work is devoted to the development of a computerized system for monitoring thunderstorm activity to assess the risk of lightning strikes. The terms of reference were analyzed and the main requirements for the system were formulated, in particular, in terms of measurement accuracy, data processing efficiency, and reliability. A review of existing similar solutions was performed, which allowed us to identify their advantages and disadvantages.

The hardware of the system was developed, in particular, the choice of the AS3935 sensor for detecting electromagnetic lightning pulses was justified. The main modules, including the display of data on the display, sound and light notification of the user, were also designed. An algorithm for the system's operation was developed and the corresponding software was created to control the device and, if necessary, transfer data to the cloud platform.

ЗМІСТ

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ.....	7
ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	9
1.1 Огляд сфер застосування системи моніторингу грозової активності.....	9
1.2 Аналіз вимог до системи моніторингу грозової активності.....	10
1.3 Огляд існуючих засобів для моніторингу грозової активності.....	12
1.3.1 Портативний детектор блискавок StrikeAlert HD Field.....	13
1.3.2 Сенсор блискавок Vaisala LS7002	14
1.3.3 Система Boltek Lightning Detection ERL10-KIT1.....	16
1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання.....	18
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	20
2.1 Розробка структури системи моніторингу грозової активності.....	20
2.2 Розробка апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи	22
2.2.1 Модуль Arduino Nano	22
2.2.2 Модуль давача грози AS3935.....	25
2.2.3 Барометр BMP280	28
2.2.4 LCD дисплей.....	30
2.2.5 I ² C модуль розширення	32
2.2.6 Модуль реле	33
2.2.7 Wi-Fi модуль ESP-01S	34
2.3 Розробка електричної схеми пристрою	35
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА	38
3.1 Розробка алгоритму роботи системи моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки	38
3.2 Розробка програмного забезпечення.....	40
3.3 Реалізація обміну даними з хмарним IoT сервером	46

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		Муравець М.П.			Комп'ютеризована система моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевірів		Паламар А.М.								5	76
Рецензент		Деркач М.В.						ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42			
Н. Контр.		Тиш Є.В.									
Зав. каф.		Осуківська Г.М.									

3.4 Результати моделювання системи	48
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	51
4.1 Надзвичайні ситуації метеорологічного характеру	51
4.2 Вплив електромагнітних полів на людину та заходи щодо зменшення їх впливу на обслуговуючий персонал.....	54
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
Додаток А Технічне завдання	
Додаток Б Перелік елементів	
Додаток В Лістинг програми	

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

IoT – Internet of Things

SPI – Serial Peripheral Interface

UART – Univsersal Asynchronos Reciever-Transmitter

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ГА – грозова активність

СМГА – система моніторингу грозової активності

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Сучасні зміни клімату та зростаюча кількість екстремальних погодних явищ роблять проблему моніторингу грозової активності особливо актуальною. Блискавка є серйозною загрозою для електричних та електронних систем, об'єктів інфраструктури, а також життя та здоров'я людей. Висока потужність електромагнітного імпульсу під час розряду може спричинити вихід з ладу електроприладів, аварійні ситуації на підприємствах, порушення енергопостачання та зв'язку. Тому своєчасне виявлення грозової активності та оцінка ризику влучання блискавки є важливими для запобігання негативним наслідкам.

Розробка комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності дозволяє автоматично відстежувати електромагнітні імпульси, аналізувати ризик небезпеки та своєчасно інформувати користувачів. Вбудовані системи з можливістю відображення даних, сповіщення користувачів та інтеграції з хмарними платформами можуть забезпечити додатковий рівень захисту для важливих об'єктів.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності, яка дозволить фіксувати електромагнітні імпульси блискавки, оцінювати рівень небезпеки та своєчасно сповіщати користувачів про наближення грози.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз проблеми та визначити основні вимоги до системи моніторингу;
- дослідити існуючі рішення та технології для моніторингу грозової активності;
- обґрунтувати вибір елементної бази, зокрема сенсора для детектування електромагнітних імпульсів та розробити апаратну частину системи;
- розробити алгоритм роботи системи та написати програмне забезпечення;
- розробити модель системи та провести її тестування.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Огляд сфер застосування системи моніторингу грозової активності

Комп'ютеризовані системи моніторингу грозової активності мають широкий спектр застосувань у різних галузях, де критично важливо передбачати загрозу ударів блискавки та оперативно реагувати на потенційні ризики. Вплив грозових явищ може бути значним як для промислових об'єктів, так і для інфраструктурних, транспортних, енергетичних і сільськогосподарських систем. Розглянемо основні сфери, де використання таких систем є доцільним.

Блискавка є однією з основних причин пошкодження ліній електропередач та електростанцій. Вчасне виявлення грозової активності дозволяє запобігати аварійним ситуаціям шляхом переходу на резервні джерела живлення або активації систем захисту. Комп'ютеризовані системи моніторингу гроз забезпечують аналіз погодних умов та оперативне реагування на загрози для високовольтного обладнання.

У сфері авіації своєчасне визначення грозових осередків є критично важливим для безпеки польотів. Моніторинг атмосферної активності дозволяє ухвалювати рішення щодо зміни маршрутів літаків, затримки або скасування рейсів. Крім того, аеропорти використовують такі системи для запобігання пошкодженням наземного обладнання та авіаційної техніки.

Комп'ютеризовані системи моніторингу грозової активності є важливим інструментом для метеорологічних станцій та наукових досліджень. Вони дозволяють збирати дані про електричні розряди в атмосфері, аналізувати закономірності виникнення грози та прогнозувати небезпечні погодні явища. Отримана інформація сприяє розробці більш точних моделей прогнозування погоди.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Муравець М.П.			Аналіз технічного завдання	Літ.		Арк.	Акрушів
Перевірів		Паламар А.М.						9	11
Рецензент		Деркач М.В.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42			
Н. Контр.		Тиш Є.В.							
Зав. каф.		Осуківська Г.М.							

Нафтопереробні заводи, хімічні підприємства, склади з легкозаймистими матеріалами особливо вразливі до ударів блискавки. Використання системи моніторингу грозової активності дозволяє завчасно активувати засоби захисту від блискавки, автоматично відключати критично важливе обладнання та мінімізувати ризики аварійних ситуацій.

У сільськогосподарському секторі грозові явища можуть спричиняти втрати врожаю, пошкодження обладнання та створювати загрозу для худоби. Встановлення системи моніторингу грозової активності допомагає аграріям вчасно реагувати на зміни погодних умов, знижуючи фінансові ризики.

Організація спортивних подій, фестивалів і масових зібрань потребує врахування метеорологічних умов. Система моніторингу грозової активності дозволяє своєчасно попередити учасників про наближення небезпеки, що знижує ризики нещасних випадків під час відкритих заходів.

Отже, комп'ютеризована система моніторингу грозової активності має велике значення для підвищення рівня безпеки, зменшення збитків та ефективного управління ризиками у різних галузях. Її застосування сприяє покращенню роботи критично важливих об'єктів та допомагає своєчасно реагувати на грозову активність.

1.2 Аналіз вимог до системи моніторингу грозової активності

Розробка комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності передбачає визначення основних вимог до її функціонування, продуктивності, точності вимірювань та взаємодії з користувачем. Основні вимоги формуються на основі аналізу проблеми моніторингу грозової активності, особливостей спеціалізованих давачів, а також потреб кінцевих користувачів, для яких ця система буде корисною.

До функціональних вимог системи належить можливість виявлення електромагнітних імпульсів, що виникають під час грозової активності. Для цього

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується спеціалізований сенсор, який здатний аналізувати електромагнітне поле та оцінювати відстань до джерела грозових розрядів. Дані, отримані від сенсора, повинні бути оброблені мікроконтролером та виведені на дисплей у вигляді інформативних повідомлень для користувача. Важливим функціональним аспектом є можливість звукового та світлового сповіщення у разі наближення грози, що забезпечить оперативне реагування на потенційну загрозу.

Додатково, система повинна мати можливість передавання даних на хмарну платформу для збереження історії грозових активностей та віддаленого моніторингу. Це дозволить користувачам отримувати сповіщення через мобільний додаток або веб-інтерфейс. Також розглядається можливість автоматичного перемикання електропристроїв на резервне джерело живлення у разі виявлення небезпечної грозової активності, що зменшить ризики пошкодження електронного обладнання через перенапругу.

Нефункціональні вимоги передбачають високу надійність роботи системи, стабільність вимірювань та мінімальне енергоспоживання. Крім того, система повинна бути зручною у використанні, мати простий інтерфейс взаємодії та забезпечувати швидке оновлення даних у реальному часі.

Окрему увагу слід приділити вимогам до апаратної частини системи. Вибір мікроконтролера має базуватися на його сумісності із сенсором, достатній обчислювальній потужності для обробки сигналів та можливості підключення дисплея, модулів бездротового зв'язку та реле для управління електропристроями. Живлення системи повинно забезпечувати стабільну роботу в умовах можливих перебоїв з електропостачанням.

Отже, на основі аналізу технічного завдання сформовано основні вимоги до комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності, які включають точність детектування блискавок, оперативне сповіщення користувачів, можливість інтеграції з хмарними сервісами та керування електропристроями для забезпечення їхньої безпеки.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3 Огляд існуючих засобів для моніторингу грозової активності

На ринку представлено широкий спектр засобів для моніторингу грозової активності, які відрізняються за принципом дії, функціональністю та сферою застосування. Серед них можна виокремити персональні давачі грози, професійні метеорологічні системи та глобальні мережі детекції блискавок. Однак, незважаючи на їх широке використання, більшість рішень мають певні обмеження.

Важливим класом пристроїв є професійні метеостанції, такі як серії Davis Vantage Pro2, Boltek StormTracker та Vaisala LS7002. Вони забезпечують високоточне визначення грозової активності та можуть використовувати комбіновані методи детекції, включаючи електромагнітний аналіз та оптичне спостереження. Проте їх основними недоліками є висока вартість, складність встановлення та необхідність інтеграції з іншими метеорологічними системами.

На глобальному рівні працюють мережі детекції блискавок, серед яких найбільш відомими є Blitzortung, WWLLN та система давачів Vaisala GLD360. Вони використовують численні приймачі, розташовані в різних країнах, для визначення місць удару блискавок з високою точністю. Хоча ці системи ефективні для моніторингу гроз у великих масштабах, їхнім недоліком є залежність від централізованих серверів, відсутність миттєвого локального сповіщення для користувача та необхідність підключення до Інтернету.

Також на ринку представлені портативні детектори блискавки, такі як AcuRite 02020 та Strike Alert HD, які розраховані на використання в польових умовах. Вони забезпечують автономний моніторинг грозової активності та можуть попереджати користувача про наближення грози. Проте їх основними недоліками є низька точність оцінки відстані до грози, обмежена функціональність і відсутність можливості інтеграції з іншими системами.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.1 Портативний детектор блискавок StrikeAlert HD Field

Серед персональних засобів моніторингу грозової активності одним із найбільш відомих і доступних рішень є StrikeAlert HD Field — портативний детектор блискавок, розроблений компанією Outdoors Technologies Inc [1]. Цей пристрій призначений для використання у польових умовах спортсменами, туристами, працівниками будівельних, гірничих або сільськогосподарських об'єктів, де існує підвищений ризик раптових погодних змін, зокрема появи грози (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Портативний детектор блискавок StrikeAlert HD Field

Особливістю StrikeAlert HD є його здатність виявляти блискавки в радіусі до 40 миль (приблизно 64 км) та відображати орієнтовну відстань до джерела розряду. Пристрій оснащений невеликим екраном, на якому відображається рівень активності грози, відстань до розряду та історія нещодавніх подій. Окрім візуальної індикації, StrikeAlert подає також звукові сигнали для попередження користувача про потенційну небезпеку. Він працює на батарейках, що забезпечує автономність і портативність. Серед інших функцій — індикація тенденції зміни інтенсивності грози з часом, що допомагає приймати рішення щодо евакуації або призупинення робіт.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевагами цього пристрою є простота використання, компактність, автономна робота та миттєве інформування користувача без необхідності підключення до інтернету чи зовнішніх сервісів. StrikeAlert HD підходить для індивідуального застосування в польових умовах, не потребує складного налаштування або спеціальних знань для експлуатації. Його вартість залишається помірною у порівнянні з професійними метеорологічними рішеннями.

Втім, цей детектор має і ряд обмежень. Зокрема, він не передбачає можливості збирання чи передачі даних на зовнішні сервери або у хмару. Також пристрій не має модулів розширення функціональності, наприклад, для вимірювання атмосферного тиску, температури тощо. Крім того, StrikeAlert орієнтований винятково на пасивне інформування користувача, без можливості інтеграції з іншими пристроями або автоматизованими системами керування (наприклад, для активації тривоги чи реле в разі небезпеки).

У контексті проєктування власної системи, StrikeAlert HD може слугувати прикладом зручного і доступного рішення для користувача. Його простий і ефективний інтерфейс індикації варто взяти до уваги при розробці логіки локального виведення даних. Водночас система, що проєктуватиметься, повинна бути функціонально ширшою, мати засоби зв'язку, можливість передавати дані, а також інтегрувати інші типи сенсорів для формування більш повної картини атмосферної ситуації. Таким чином, аналіз StrikeAlert HD допомагає сформувати вимоги до зручності, мобільності та базової функціональності майбутньої системи, доповнюючи їх сучасними можливостями IoT-платформи.

1.3.2 Сенсор блискавок Vaisala LS7002

Ще одним прикладом високотехнологічного аналога, який може бути врахований під час проєктування майбутньої системи виявлення грозової активності, є сенсор блискавок Vaisala LS7002 [2]. Цей давач належить до професійного обладнання, що використовується в глобальних метеорологічних мережах, авіаційній безпеці, електроенергетиці та національних системах моніторингу погодних явищ (рис. 1.2).

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.2 – Сенсор блискавок Vaisala LS7002

Особливістю LS7002 є його здатність точно і надійно виявляти як міжхмарні, так і наземні грозові розряди з високою просторовою та часовою роздільністю. Давач використовує методи вимірювання напрямку та часу надходження (TOA) сигналів, що дозволяє точно визначати місце виникнення електричного розряду навіть на великій відстані. Пристрій забезпечує точність визначення місця удару блискавки до декількох сотень метрів, що робить його ефективним у складі централізованих мереж спостереження.

Серед переваг цієї системи можна виокремити високу точність, надійність, стійкість до перешкод та адаптацію до роботи в складних погодних умовах. Також LS7002 має можливість синхронізації з іншими давачами через GPS, що дає змогу створювати масштабовані та взаємопов'язані мережі моніторингу грозової активності.

Однак попри технологічну досконалість, цей пристрій має ряд суттєвих недоліків у контексті розробки локальної автономної IoT-системи. По-перше, LS7002 є дорогим професійним рішенням, орієнтованим на використання в державному або корпоративному секторі. По-друге, його робота передбачає

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наявність зовнішньої інфраструктури: централізованих серверів обробки даних, мережевої взаємодії з іншими сенсорами тощо. По-третє, пристрій не призначений для локального виведення даних на простий дисплей або для автономної роботи в умовах обмеженого енергоспоживання, що критично важливо для мобільних або польових рішень.

Аналіз можливостей LS7002 дозволяє зробити висновок, що при проектуванні власної комп'ютеризованої системи доцільно врахувати принципи високої точності та надійності, які реалізовано у цьому професійному пристрої. Водночас необхідно адаптувати архітектуру системи до умов автономної експлуатації, забезпечити доступність з точки зору вартості, додати функції локального оповіщення, а також інтегрувати інші сенсори (наприклад, для вимірювання тиску) для комплексного аналізу атмосферного стану. Таким чином, переваги та обмеження LS7002 слугують орієнтиром при формуванні вимог до проєктованої системи.

1.3.3 Система Boltek Lightning Detection ERL10-KIT1

Одним із відомих комерційних аналогів систем виявлення атмосферних змін і грози є Boltek Lightning Detection Systems, що пропонує низку апаратно-програмних рішень для детектування блискавок та відстеження грозової активності [3]. Ці системи широко застосовуються у сфері метеорології, аеронавігації, енергетики та промислової безпеки (рис. 1.3).

Особливістю систем Boltek є використання спеціалізованих антен та високочутливих приймачів, які дозволяють визначати напрямок, відстань і силу грозових розрядів у радіусі до декількох сотень кілометрів. Продуктова лінійка включає пристрої, що підключаються до ПК через PCI або USB, а також зовнішні модулі, які можуть працювати з мобільними системами. Однією з основних переваг Boltek є наявність потужного ПЗ з графічним інтерфейсом для візуалізації мап грозової активності в реальному часі. Це забезпечує зручність для користувача та дозволяє легко інтегрувати систему в більші автоматизовані комплекси.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – Система Boltek Lightning Detection ERL10-KIT1

Разом із тим, системи Boltek мають і певні недоліки. По-перше, це висока вартість обладнання, яка робить такі рішення недоцільними або недоступними для освітніх проєктів, аматорських розробок чи застосувань у віддалених регіонах з обмеженим бюджетом. По-друге, основна орієнтація цих пристроїв — лише на моніторинг блискавок, тоді як запропонована до розробки система повинна реалізовувати також функції збору й аналізу атмосферного тиску для комплекснішого оцінювання погодних умов. Крім того, Boltek потребує підключення до комп'ютера або спеціалізованого ПЗ, що може ускладнити автономне використання в польових умовах.

Аналіз систем Boltek дозволяє сформулювати кілька базових вимог до проєктованої системи: вона повинна бути автономною, доступною за вартістю, здатною працювати без комп'ютера, забезпечувати не лише детекцію грозової активності, а й збір інших метеорологічних параметрів, а також мати можливість локального виведення інформації (наприклад, на OLED або LCD дисплей) для оперативного інформування користувача.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом, аналіз існуючих рішень показує, що більшість із них мають певні обмеження, такі як висока вартість, залежність від централізованих серверів, складність налаштування або низька точність визначення відстані до грози. Це підкреслює актуальність розробки нової системи моніторингу грозової активності, яка поєднає переваги сучасних технологій, забезпечуючи точність, автономність роботи та можливість інтеграції з іншими платформами.

1.4 Аналіз можливих рішень поставленого завдання

Під час аналізу можливих рішень для реалізації системи моніторингу грозової активності було розглянуто кілька альтернативних підходів до побудови як апаратної, так і програмної частини системи, з урахуванням критеріїв точності, енергоефективності, простоти реалізації, вартості компонентів та можливостей для розширення.

Зокрема, на етапі вибору мікроконтролера розглядалися такі платформи, як Arduino Nano, NodeMCU ESP8266, ESP32 та Raspberry Pi Pico W. Найбільш придатним для реалізації обраного функціоналу виявився Arduino Nano, оскільки він забезпечує достатню кількість виводів, має низьке енергоспоживання та є сумісним із великою кількістю бібліотек. У той же час більш потужні рішення на базі ESP32 або Raspberry Pi могли б забезпечити більшу обчислювальну потужність та ширші можливості для обробки даних, однак для поставленого завдання це не є критично.

Для виявлення блискавок розглядалися різні типи датчиків, зокрема модулі на основі AS3935, RF-модулятори, а також можливість опрацювання сигналів з аналогових антен. Оптимальним вибором став цифровий сенсор AS3935, який здатен визначати наявність електромагнітного випромінювання, викликаного блискавкою, оцінювати відстань до її джерела, а також розрізняти справжню грозу, перешкоди та шуми. Його реалізація з інтерфейсом I²C значно спрощує інтеграцію з Arduino Nano.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вимірювання атмосферного тиску було проаналізовано давачі BMP180, BME280 та BMP280. Вибір зупинився на BMP280 як більш точному, надійному та енергоефективному рішенні, що має стабільну підтримку бібліотек для платформи Arduino. Це дозволяє використовувати дані атмосферного тиску як індикатор зміни погодних умов, що є корисним додатковим фактором для оцінки грозової активності.

Щодо способу виведення інформації локально, було розглянуто використання семисегментних індикаторів, OLED-дисплеїв і LCD на базі контролера HD44780 з інтерфейсом I²C. Було обрано LCD 16x2 I2C, оскільки він забезпечує достатній обсяг для відображення актуальної інформації, легко програмується та займає мінімальну кількість пінів мікроконтролера.

Для передавання даних до хмарної платформи та віддаленого моніторингу розглядалися платформи Blynk, ThingSpeak, Firebase, Thingier.io та Arduino IoT Cloud. Зрештою, вибір було зроблено на користь Arduino IoT Cloud, яка є нативним рішенням для платформ Arduino, забезпечує швидке створення веб-інтерфейсу, дозволяє без труднощів зв'язати змінні у програмі з хмарними віджетами, а також підтримує двосторонню взаємодію — надсилання даних від пристрою та отримання команд для керування, зокрема реле.

У контексті керування виконавчим пристроєм було оцінено можливість використання транзисторів, оптопар і модулів реле. Через простоту, надійність і наявність готових бібліотек було обрано стандартний модуль реле, що керується цифровим сигналом від Arduino і дозволяє підключати різні електричні навантаження.

Отже, проаналізовані альтернативні рішення дозволили сформувати оптимальну конфігурацію системи, яка забезпечує надійне виявлення грозової активності, оперативне реагування на небезпечні метеоявища, зручну візуалізацію даних та можливість віддаленого доступу через сучасну хмарну платформу.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка структури системи моніторингу грозової активності

Структурна схема комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності (рис. 2.1) побудована з урахуванням необхідності постійного відстеження змін погодних умов, зокрема атмосферного тиску та електромагнітних розрядів, а також забезпечення автоматичної реакції на виявлені загрози та віддаленого інформування користувача через Інтернет.

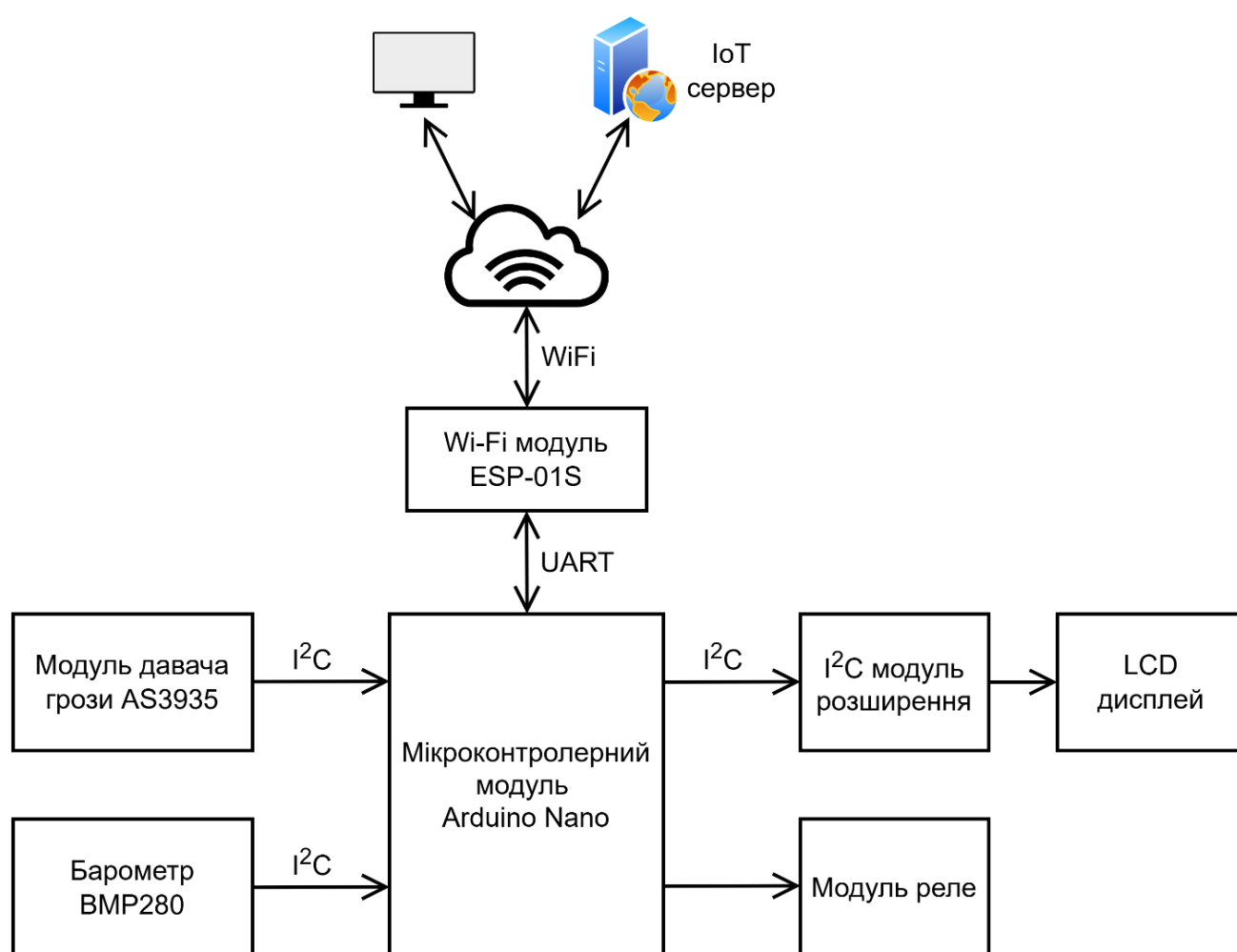


Рисунок 2.1 – Структурна схема комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Муравець М.П.				Проектна частина	Літ.	Арк.
Перевірив	Паламар А.М.						20
Рецензент	Деркач М.В.					Акрушів	
Н. Контр.	Тиш Е.В.					18	
Зав. каф.	Осуківська Г.М.					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42	

Основні сенсорні модулі – BMP280 для вимірювання атмосферного тиску, а також AS3935 для детектування грозової активності – підключені до Arduino Nano через інтерфейс I²C. Ці давачі безперервно передають інформацію до мікроконтролера, де вона обробляється в режимі реального часу. При виявленні сигналів грози або аномального зниження тиску Arduino приймає рішення щодо подальших дій.

Інформація про поточний стан середовища відображається на LCD 1602 символьному дисплеї, підключеному до мікроконтролера через I²C-адаптер, що дозволяє мінімізувати кількість задіяних пінів і спростити підключення. Для візуалізації або сповіщення про тривожні події також використовується модуль реле. За потреби цей релейний модуль може активувати зовнішні сигнальні пристрої або системи попередження.

Ключовим елементом, що забезпечує IoT-функціональність системи, є модуль ESP-01S на базі ESP8266, який отримує дані з Arduino через послідовний інтерфейс (UART). ESP-01S виконує роль передавача даних на IoT-сервер, де дані зберігаються, обробляються та візуалізуються.

На структурній схемі важливе місце займає IoT-сервер, який слугує проміжною ланкою між апаратною частиною системи та користувачем. Він приймає дані від ESP-01S, здійснює їх обробку, логування та передачу у веб-застосунок. Користувач, у свою чергу, отримує доступ до даних через веб-інтерфейс, що дозволяє переглядати історію вимірювань, отримувати сповіщення про події (наприклад, появу блискавки поблизу), а також здійснювати базове керування параметрами роботи системи.

Структурна схема реалізує розподілену архітектуру з локальною обробкою сигналів на Arduino Nano, передачею даних на віддалений сервер через ESP-01S та забезпеченням візуального інтерфейсу для користувача через веб-додаток. Такий підхід гарантує автономність, надійність та масштабованість системи, роблячи її придатною як для локального використання, так і для інтеграції в більш широкі системи моніторингу довкілля.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розробка апаратного забезпечення комп'ютеризованої системи

2.2.1 Модуль Arduino Nano

Arduino Nano — це компактна, енергоефективна плата [4], яка широко використовується для створення прототипів вбудованих систем, як-от система моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки. Завдяки своїм невеликим розмірам, простоті програмування та широкій підтримці у спільноті розробників, Arduino Nano є зручним вибором для інтеграції в мініатюрні або автономні системи (рис. 2.2).

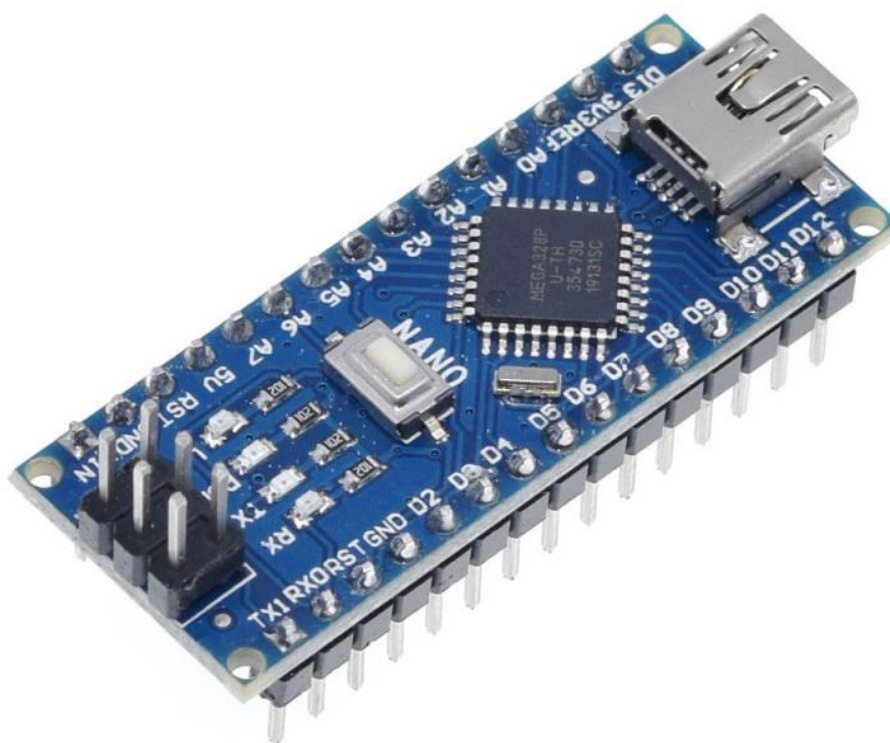


Рисунок 2.2 – Модуль Arduino Nano

Плата має прямокутну форму, стандартні габарити. В її основі лежить мікроконтролер ATmega328P, що має 32 КБ флеш-пам'яті для програм, 2 КБ оперативної пам'яті SRAM і 1 КБ EEPROM для збереження постійних налаштувань (рис. 2.3).

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

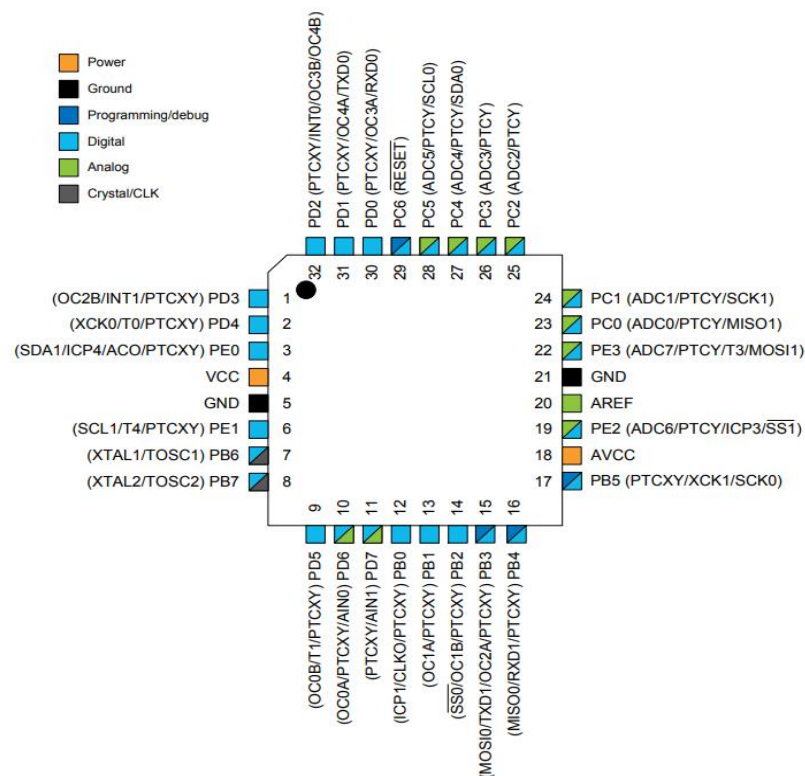


Рисунок 2.3 – Призначення виводів ATmega328P

Arduino Nano оснащена 14 цифровими виводами, 8 аналоговими входами, інтерфейсами UART, SPI, I²C, а також мікро-USB-портом для підключення до комп'ютера. Параметри модуля Arduino Nano наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри Arduino Nano

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ATmega328P
Робоча напруга	5 В
Кількість цифрових входів/виходів	14 (з них 6 — PWM)
Кількість аналогових входів	8
Тактова частота	16 МГц
Флеш-пам'ять	32 КБ
Оперативна пам'ять (SRAM)	2 КБ
EEPROM	1 КБ
Інтерфейси	UART, SPI, I ² C

Принцип роботи Arduino Nano полягає у циклічному виконанні програми, записаної у флеш-пам'ять мікроконтролера. Мікроконтролер взаємодіє з підключеними сенсорами, передає дані на інші модулі або приймає команди, після чого виконує відповідні дії — наприклад, аналізує зміну атмосферного тиску чи грозову активність і активує виконавчі механізми через модуль реле. Електрична схема модуля Arduino Nano зображена на рис. 2.4.

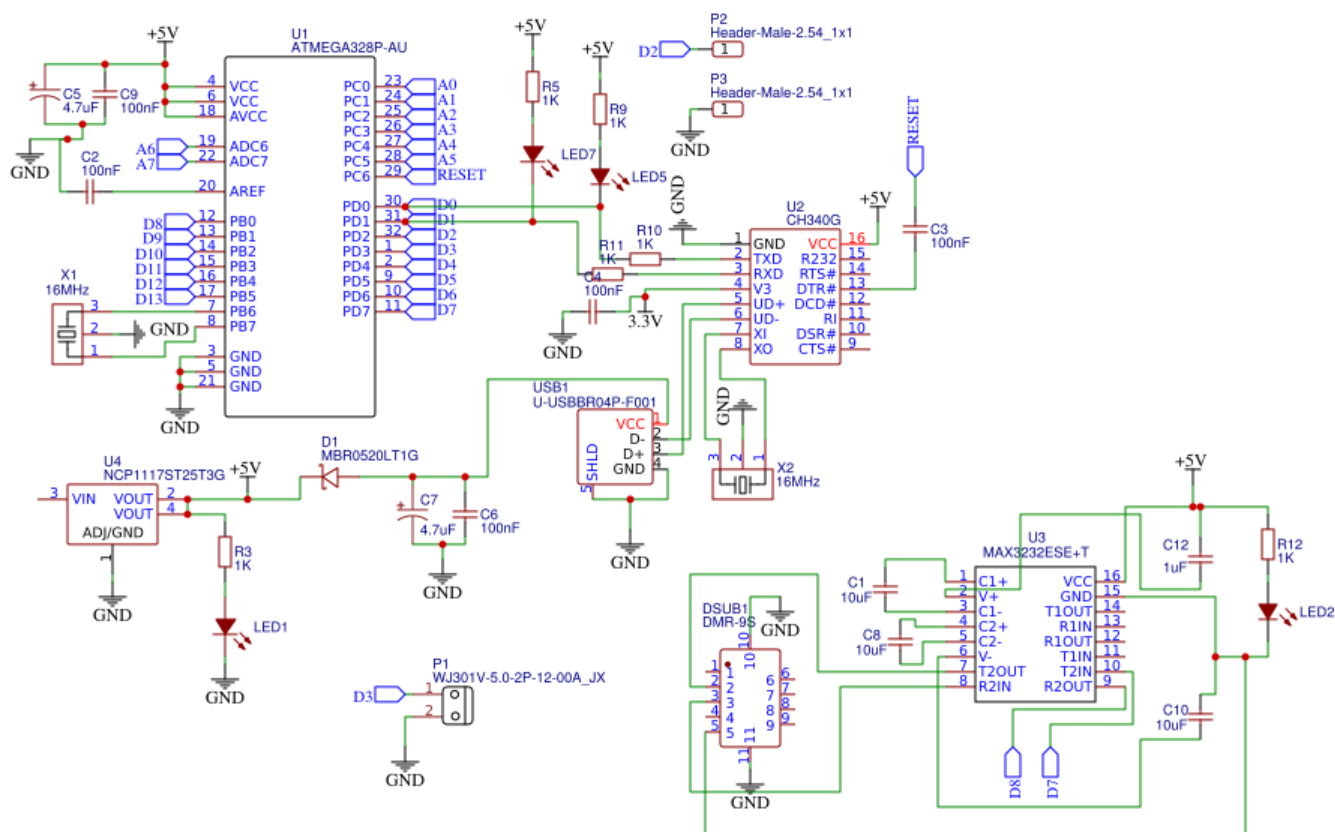


Рисунок 2.4 – Електрична схема модуля Arduino Nano

Arduino Nano є оптимальним вибором для реалізації даної системи завдяки таким перевагам:

- компактність, що дозволяє монтувати плату в обмеженому просторі;
- низьке енергоспоживання — важливо для автономних пристроїв;
- сумісність з більшістю цифрових та аналогових сенсорів;
- підтримка численних бібліотек і зручне програмне середовище;
- наявність інтерфейсів UART, SPI та I²C для підключення інших модулів,

таких як давачі, реле або дисплеї.

Це робить Arduino Nano важливим елементом у структурі комп'ютеризованої системи, відповідальним за збирання даних від сенсорів та керування іншими компонентами системи відповідно до запрограмованих алгоритмів.

2.2.2 Модуль давача грози AS3935

Модуль давача грози AS3935 є спеціалізованим електронним компонентом, призначеним для виявлення електромагнітних імпульсів, спричинених блискавкою [5]. Він забезпечує можливість оцінки наближення грози та визначення її інтенсивності, що робить його оптимальним вибором для розробки системи моніторингу грозової активності (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 – Модуль давача грози AS3935

Модуль AS3935 містить власне мікросхему AS3935, антену для приймання електромагнітних імпульсів, стабілізатор живлення, комунікаційні інтерфейси та допоміжні компоненти для налаштування параметрів роботи. Вбудована антена є важливим елементом, оскільки вона дозволяє приймати сигнали в діапазоні низьких частот (500 кГц – 10 МГц), що характерні для електричних розрядів у грозових хмарах. В табл. 2.2 наведені параметри модуля AS3935.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.2 – Характеристики модуля давача грози AS3935

Характеристика	Значення
Діапазон визначення відстані до блискавки	до 40 км
Робоча напруга живлення	3,3 В – 5 В
Інтерфейси зв'язку	SPI, I ² C
Частота роботи антени	500 кГц – 10 МГц

В модулі передбачено два основних інтерфейси для зв'язку з мікроконтролером: SPI та I²C, що робить його сумісним із широким спектром пристроїв, включаючи ESP32, STM32 та Arduino. Вибір між SPI та I²C дозволяє гнучко налаштовувати взаємодію модуля з основним обчислювальним блоком залежно від особливостей проєктованої системи.

Модуль AS3935 аналізує навколишнє електромагнітне поле та визначає присутність імпульсів, характерних для блискавки. Вбудований алгоритм обробки сигналів дозволяє фільтрувати перешкоди, спричинені електронними пристроями, що покращує точність детекції.

При виявленні блискавки мікросхема оцінює її потужність та визначає приблизну відстань до місця розряду (до 40 км). Інформація про виявлену активність передається до мікроконтролера через обраний інтерфейс. Крім того, модуль може формувати сигнал переривання для негайного реагування на виявлення грози, що дозволяє використовувати його у реальному часі для захисту обладнання. На рис. 2.6 зображена електрична схема модуля давача грози AS3935.

Вибір AS3935 для проєктованої системи моніторингу грозової активності обумовлений його високою чутливістю до електромагнітних розрядів, здатністю працювати в умовах електромагнітних завад та відносно простою інтеграцією з мікроконтролерами.

Модуль забезпечує точне визначення грозової активності та дистанції до блискавки, що дозволяє реалізувати ефективне попередження користувача про небезпеку. Його сумісність з протоколами SPI та I²C полегшує інтеграцію з

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

обчислювальним блоком, а можливість роботи від 3,3 В – 5 В дозволяє безпосередньо підключати його до різних платформ без додаткових конвертерів рівнів напруги.

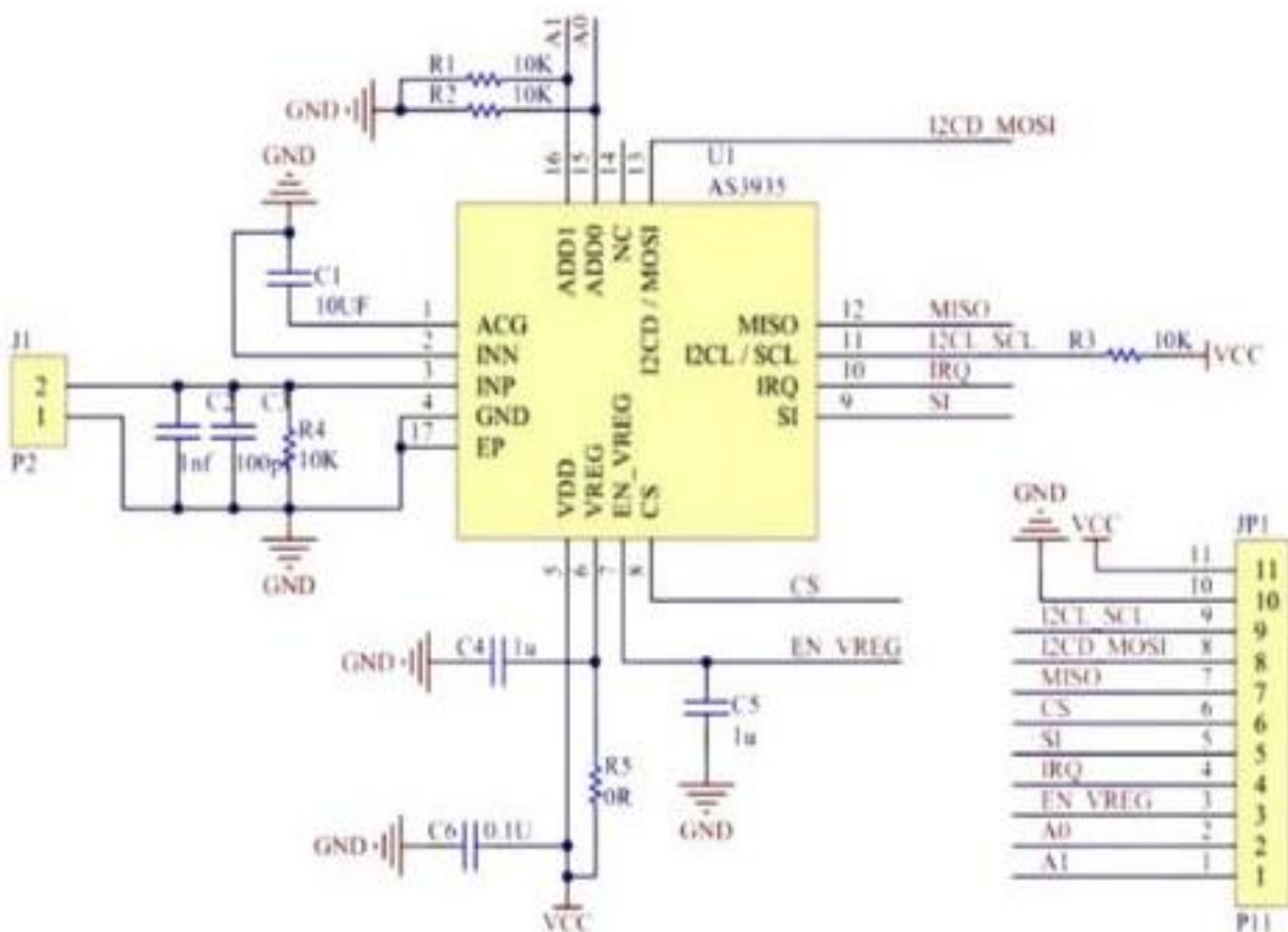


Рисунок 2.6 – Електрична схема модуля давача грози AS3935

Крім того, AS3935 має вбудовану систему фільтрації перешкод, що підвищує точність вимірювань у реальних умовах експлуатації. Важливою перевагою є також функція сигналу переривання, яка дає змогу миттєво реагувати на виявлення грозової активності та виконувати відповідні дії, наприклад, активувати сигналізацію або передати повідомлення користувачеві.

Завдяки цим характеристикам AS3935 є оптимальним вибором для створення системи моніторингу грозової активності, яка забезпечить високу точність детекції та можливість оперативного реагування на потенційну загрозу.

2.2.3 Барометр BMP280

Барометр BMP280 — це високоточний цифровий сенсор тиску та температури, розроблений для застосування в мобільних пристроях, метеостанціях, портативних навігаційних системах та системах моніторингу атмосферних умов [6]. Завдяки своїм компактним розмірам, низькому енергоспоживанню та високій точності вимірювання, модуль BMP280 є оптимальним вибором для побудови системи моніторингу грозової активності, у якій важливо враховувати атмосферний тиск як один із непрямих індикаторів розвитку грозових фронтів (рис. 2.7).

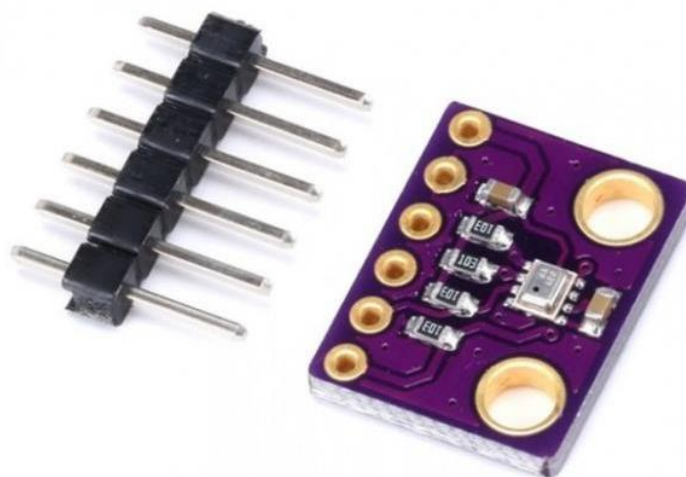


Рисунок 2.7 – Барометр BMP280

Конструктивно сенсор BMP280 складається з тискомірної мембрани, мікромеханічного тензорезистивного елемента, АЦП, температурного сенсора та інтерфейсного контролера. Вимірювання атмосферного тиску здійснюється шляхом деформації чутливої мембрани під впливом зовнішнього тиску. Ця деформація фіксується тензорезистивною матрицею, а отримані аналогові сигнали перетворюються в цифрову форму з високою роздільною здатністю. Температурна компенсація проводиться за допомогою вбудованого термодавача, що дозволяє забезпечити стабільність вимірювань в широкому діапазоні температур.

BMP280 підтримує два інтерфейси підключення: I²C та SPI, що забезпечує гнучкість при інтеграції в різні системи. Завдяки можливості налаштування

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частоти опитування, можна оптимізувати енергоспоживання системи в залежності від режиму її роботи. Крім того, мікросхема має внутрішній буфер для збереження останніх вимірювань, що дозволяє зменшити навантаження на мікроконтролер у системі. В табл. 2.3 наведені характеристики барометра BMP280.

Таблиця 2.3 – Характеристики барометра BMP280

Характеристика	Значення
Тип сенсора	Барометричний цифровий давач
Діапазон вимірювання тиску	Від 300 до 1100 гПа
Точність вимірювання тиску	± 1 гПа
Діапазон температур	Від -40 до +85 °C
Точність вимірювання температури	± 1 °C
Інтерфейс	I ² C (до 3.4 МГц), SPI (до 10 МГц)
Робоча напруга	1.71 – 3.6 В
Споживання струму	В середньому 2.7 мкА, максимум 720 мкА
Роздільна здатність (тиск)	до 0.16 Па
Роздільна здатність (температура)	до 0.01 °C
Розміри модуля	приблизно 15 × 11 × 2.5 мм

Вибір BMP280 для розробки системи моніторингу грозової активності є цілком обґрунтованим. Визначення змін атмосферного тиску дозволяє виявити наближення фронтів негоди, які можуть супроводжуватись грозовою активністю. У поєднанні з даними з давача блискавки AS3935, сенсор BMP280 підвищує загальну достовірність оцінки ризику влучання блискавки, формуючи багатокомпонентну модель спостереження за погодними умовами.

Модуль BMP280 є надійним і ефективним компонентом у складі системи моніторингу, що доповнює дані про грозову активність інформацією про динаміку атмосферного тиску, підвищуючи якість аналізу погодних умов і точність прогнозування ризиків.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

2.2.4 LCD дисплей

LCD — це символьний рідкокристалічний дисплей з двома рядками по 16 символів у кожному, що широко використовується в мікроконтролерних системах для виведення текстової інформації [7]. Цей модуль оснащений контролером HD44780 або його сумісним аналогом, що забезпечує сумісність із більшістю мікроконтролерів. Він є зручним рішенням для візуалізації параметрів роботи пристроїв, повідомлень про помилки або системного стану. LCD здатен виводити великі та малі літери, цифри, символи кирилиці та спеціальні символи, а також підтримує створення власних графічних символів (до 8 за один раз). У контексті системи моніторингу грозової активності дисплей LCD дозволяє оперативно візуалізувати отримані дані від давача блискавки AS3935 (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – LCD дисплей

Конструктивно дисплей складається з двох шарової скляної панелі, між шарами якої знаходиться рідкокристалічна речовина. Під впливом електричного струму змінюється орієнтація кристалів, що змінює їх прозорість. Під панеллю розташована матриця керувальних електродів, яка утворює сітку з комірок — кожна така комірка відповідає за виведення окремого пікселя або елемента символу. Підсвітка дисплея (зазвичай синього або зеленого кольору) реалізована за допомогою світлодіодів, які освітлюють екран із тильного боку, забезпечуючи добру читаність навіть при низькому рівні освітлення.

Принцип роботи дисплея базується на циклічному оновленні внутрішньої пам'яті відображення, у яку мікроконтролер записує коди символів. Відповідно до

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цих кодів контролер дисплея формує зображення на екрані. Керування дисплеєм можливе у 8-бітному або 4-бітному режимі, що дозволяє економити кількість використовуваних виводів мікроконтролера. Часто до дисплея додають модуль I²C для спрощення підключення — замість 6–10 ліній використовуються лише дві: SDA та SCL. В табл. 2.4 наведені характеристики LCD дисплея.

Таблиця 2.4 – Характеристики LCD дисплея

Параметр	Значення
Тип дисплея	Рідкокристалічний (LCD)
Кількість символів	16 символів × 2 рядки
Контролер	HD44780 або сумісний
Напруга живлення	5 В
Інтерфейс керування	Паралельний (8 або 4 біти), I ² C (опціонально)
Колір підсвітки	Синій або зелений
Колір символів	Білий або чорний
Робоча температура	від 0°C до +50°C
Кількість створюваних символів	До 8 власних символів (CGRAM)

LCD був обраний завдяки компактним розмірам, низькому енергоспоживанню, зручному інтерфейсу взаємодії з Arduino та чіткому текстовому відображенню. Він забезпечує достатній обсяг інформації для виведення ключових параметрів системи — таких як атмосферний тиск, стан реле та наявність небезпечних погодних явищ. Простота підключення та доступність бібліотек для Arduino дозволяють легко інтегрувати його в проєкт без значного збільшення складності системи.

LCD є оптимальним вибором для реалізації базового інтерфейсу користувача в мікроконтролерних пристроях, де не потрібне графічне відображення, але необхідно оперативно і наочно передавати текстову інформацію користувачеві.

2.2.5 I²C модуль розширення

I²C-модуль до LCD1602 — це плата розширення [8], яка дозволяє значно спростити підключення символьного дисплея до мікроконтролера, зменшуючи кількість необхідних пінів введення-виведення (рис. 2.9). У стандартному варіанті дисплей LCD1602 потребує до 12 з'єднань, тоді як при використанні I²C-модуля — лише два (SDA і SCL). Це критично важливо для побудови комп'ютеризованих IoT-систем, де мікроконтролер має обмежену кількість вільних портів.

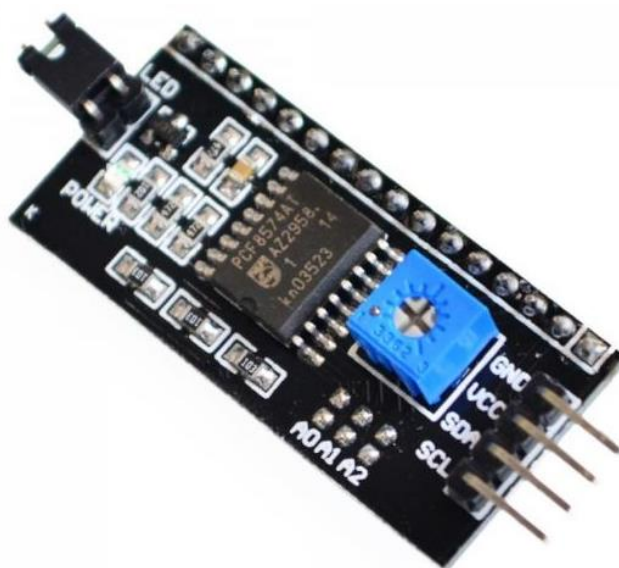


Рисунок 2.9 – I²C модуль розширення

Модуль побудований на основі мікросхеми PCF8574 — 8-бітного розширювача введення-виведення з інтерфейсом I²C. Він приймає дані з мікроконтролера через шину I²C і перетворює їх у сигнали, необхідні для керування LCD-дисплеєм. На платі є потенціометр для регулювання контрастності дисплея, перемичка для керування підсвічуванням, а також роз'єми для підключення до LCD (зазвичай 16-піновий роз'єм).

Принцип роботи модуля полягає у взаємодії мікроконтролера з розширювачем PCF8574 по шині I²C, після чого PCF8574 формує сигнали відповідно до стандартного паралельного протоколу керування дисплеєм. Завдяки цьому забезпечується повноцінна робота дисплея при мінімальному навантаженні

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на ресурси мікроконтролера. Адресація модуля здійснюється за допомогою трьох перемичок, що дозволяє підключати до восьми таких модулів до однієї шини I²C.

Використання I²C-модуля доцільне для реалізації систем дистанційного моніторингу, оскільки дозволяє:

- заощадити пінів мікроконтролера для підключення інших компонентів;
- спростити монтаж схеми;
- полегшити програмну реалізацію через стандартні бібліотеки.

Загалом, I²C-модуль значно підвищує ефективність побудови пристроїв на базі мікроконтролера, особливо в умовах обмежених апаратних ресурсів. Його застосування в комп'ютеризованій системі моніторингу грозової активності забезпечує надійний та компактний спосіб відображення важливої інформації без надмірного ускладнення схеми.

2.2.6 Модуль реле

Модуль реле — це один із ключових виконавчих компонентів у складі комп'ютеризованих систем автоматичного керування, що забезпечує замикання або розмикання силових електричних кіл за командою від мікроконтролера [9]. У контексті розробки системи моніторингу грозової активності, реле може використовуватись для автоматичного відключення або перемикавання обладнання, яке потребує захисту в умовах підвищеної грозової небезпеки, або для запуску аварійного сигналу чи живлення резервних систем (рис. 2.10).

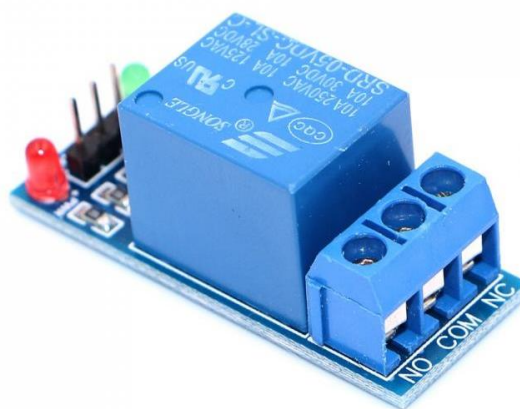


Рисунок 2.10 – Модуль реле

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Принцип роботи реле базується на електромагнітній індукції: коли на вхід керування подається високий рівень (логічна "1"), транзистор відкривається і через обмотку реле протікає струм. Це створює магнітне поле, яке притягує якор, замикаючи (або розмикаючи, залежно від типу реле) контакти, через які протікає силовий струм. У момент припинення керуючого сигналу контакт повертається у вихідне положення під дією зворотної пружини.

Для реалізації системи моніторингу грозової активності вибір модуля реле обґрунтовується його здатністю:

- ізолювати низьковольтну логіку від силових кіл;
- забезпечувати надійне керування навантаженням;
- автоматизувати реакцію на події, виявлені сенсорами (наприклад, при підвищенні ризику удару блискавки).

Вибір саме такого модуля реле забезпечує простоту інтеграції з іншими компонентами системи, та гарантує стабільність і безпечність роботи системи під час автоматичного реагування на загрозу удару блискавки.

2.2.7 Wi-Fi модуль ESP-01S

Wi-Fi модуль ESP-01S є одним із найпопулярніших і доступних засобів для реалізації бездротового підключення в мікроконтролерних системах [10]. У контексті розробки комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності цей модуль доцільно використовувати як інтерфейс передавання даних з польових вузлів на сервер або хмарну платформу. Його вибір обґрунтовується поєднанням невеликих габаритів, низького енергоспоживання, прийнятної вартості та достатньої продуктивності для обробки й передавання даних (рис. 2.11).

Модуль ESP-01S побудований на базі чипа ESP8266, який поєднує в собі 32-бітний процесор Tensilica L106 із тактовою частотою до 80/160 МГц, оперативну пам'ять SRAM та вбудований Wi-Fi-модуль із підтримкою стандартів 802.11 b/g/n. Модуль має 2 GPIO-виводи, інтерфейс UART (TX/RX) для зв'язку з іншими мікроконтролерами, а також вбудовану антену для прийому та передавання сигналу.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

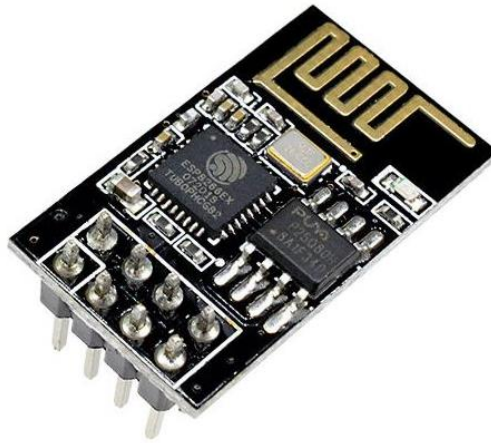


Рисунок 2.11 – Wi-Fi модуль ESP-01S

Принцип роботи ESP-01S полягає у встановленні з'єднання з бездротовою мережею Wi-Fi і передаванні даних за допомогою стандартних протоколів. Для конфігурації і програмування можуть використовуватися АТ-команди або прошивка з Arduino IDE. У типовому сценарії мікроконтролер, наприклад Arduino або ESP32, передає дані на ESP8266 через UART, а той, у свою чергу, відправляє їх на сервер або хмарний сервіс.

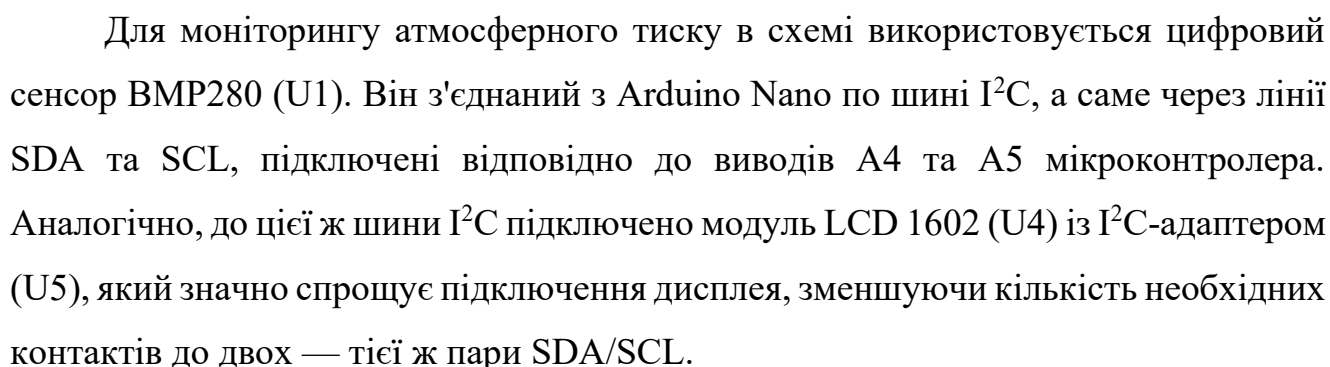
Завдяки своїм характеристикам ESP-01S підходить для побудови енергоефективних вузлів збору даних, які потребують лише базової логіки та WiFi-зв'язку. У проєктованій комп'ютеризованій системі він може використовуватись як окремий вузол зв'язку або як WiFi-розширення для мікроконтролера, що не має вбудованого бездротового інтерфейсу. Таким чином, ESP-01S забезпечує гнучке, доступне та надійне рішення для бездротового з'єднання польових пристроїв із сервером системи.

2.3 Розробка електричної схеми пристрою

Схема електрична принципова пристрою для моніторингу грозової активності базується на використанні мікроконтролерного модуля Arduino Nano (U3) як основного елемента (рис. 2.12). Саме Arduino Nano забезпечує зчитування даних з датчиків, обробку отриманої інформації та керування виконавчими елементами системи. Живлення всієї системи здійснюється через вхідний роз'єм

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.12 – Електрична схема пристрою для моніторингу грозової активності



Для виявлення грозових розрядів у схемі передбачено використання спеціалізованого датчика AS3935 (U6). Цей модуль також працює за інтерфейсом I²C, що дозволяє інтегрувати його на спільну шину з BMP280 та LCD-модулем. Для виявлення грози модуль має вивід переривання, який підключено до цифрового входу Arduino Nano (D13), що дозволяє обробляти події у реальному часі.

З метою перемикавання зовнішнього обладнання передбачено використання реле (RL1), керування яким здійснюється через цифровий вивід D3 Arduino Nano. Це реле дозволяє, зокрема, автоматично вмикати сигнальний пристрій або зовнішній виконавчий механізм у разі виявлення загрозової метеорологічної ситуації (наприклад, грози поблизу).

Для забезпечення бездротової передачі даних передбачено включення в схему модуля ESP-01S, який базується на чипі ESP8266. Він підключається до Arduino Nano через послідовний інтерфейс (TX, RX). Оскільки ESP-01S працює від 3,3 В, а Arduino Nano оперує логічними рівнями 5 В, у схемі використовується подільник напруги на резисторах R1 і R2 для зниження напруги з виводу TX Arduino перед подачею її на RX ESP-01S. Це дозволяє безпечно передавати дані з Arduino до ESP без ризику пошкодження модуля.

Розроблена принципова схема забезпечує взаємодію між різними типами сенсорів, елементами відображення інформації, виконавчими пристроями та засобами бездротового зв'язку. Така архітектура дозволяє забезпечити комплексний моніторинг погодних умов з урахуванням грозової активності, атмосферного тиску, а також передбачає можливість передачі даних на хмарну платформу чи сповіщення користувача у реальному часі.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка алгоритму роботи системи моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки

Алгоритм роботи комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності базується на циклічному зчитуванні показників із сенсорів, відображенні отриманих даних на символьному дисплеї, передаванні інформації на хмарну платформу Arduino Cloud та керуванні реле на основі виявленої блискавкової активності. Робота системи умовно поділяється на етапи ініціалізації, збору даних, прийняття рішень та взаємодії з користувачем.

На етапі ініціалізації мікроконтролер Arduino Nano виконує налаштування інтерфейсів і підключених модулів. Зокрема, ініціалізуються сенсори BMP280 та AS3935, LCD-дисплей із I²C-розширенням, релейний модуль, модуль бездротового зв'язку ESP-01S та з'єднання з хмарною платформою Arduino Cloud. Після успішного підключення система переходить у режим моніторингу.

У циклічному режимі роботи (рис. 3.1) система постійно зчитує атмосферний тиск з сенсора BMP280 та дані з детектора блискавок AS3935. Оскільки цей сенсор підтримує протокол I²C, обмін даними здійснюється двома дротами, а отримання інформації про активність грози відбувається за допомогою переривань. Коли сенсор реєструє подію, система аналізує її тип: шум (Noise), перешкоди (Disturber) або справжній розряд блискавки (Lightning Strike). У разі виявлення блискавки зчитується орієнтовна відстань до неї.

Далі система приймає рішення про активацію або деактивацію реле на основі заздалегідь встановленого порогового значення відстані. Якщо відстань до блискавки менша за поріг, реле вмикається, що дозволяє, наприклад, запустити зовнішній захисний механізм. У протилежному випадку – реле вимикається.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Муравець М.П.			Практична частина	Літ.	Арк.
Перевірив		Паламар А.М.					38
Рецензент		Деркач М.В.					13
Н. Контр.		Тиш Є.В.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42	
Зав. каф.		Осуківська Г.М.					

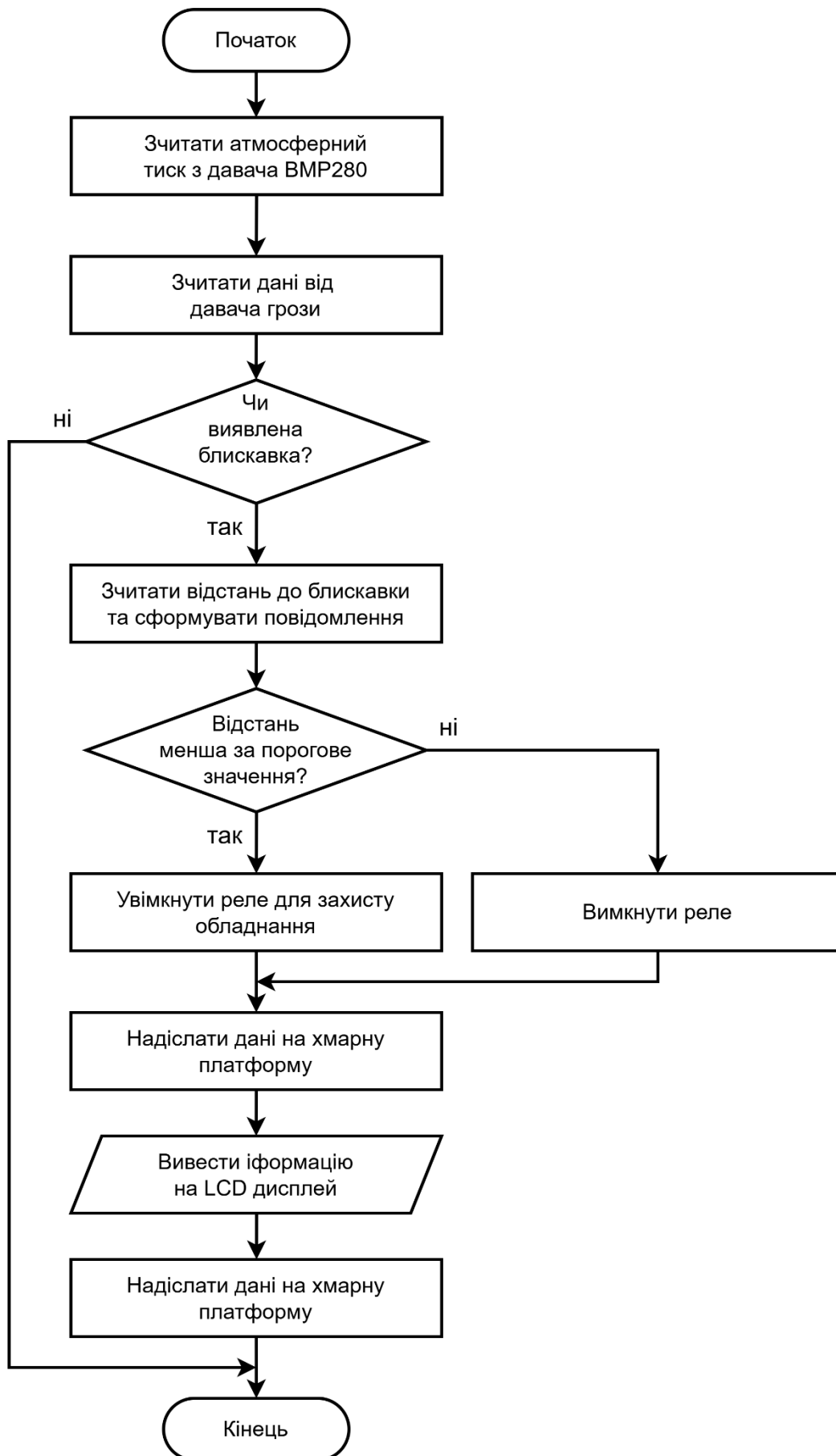


Рисунок 3.1 – Блок-схема алгоритму роботи циклічної підпрограми loop у системі моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки

Крім автоматичного режиму керування, стан реле також може бути змінений вручну через хмарну платформу. У разі ручного втручання, система оновлює стан реле відповідно до команди користувача.

Всі отримані показники — атмосферний тиск, тип події з сенсора AS3935, відстань до блискавки (за наявності), а також поточний стан реле — відображаються на LCD-дисплеї в реальному часі. Паралельно ці ж дані передаються на хмарну платформу Arduino Cloud, що дозволяє здійснювати віддалений моніторинг та керування пристроєм через веб-інтерфейс.

Таким чином, алгоритм забезпечує автономну роботу пристрою, адаптивне реагування на зміну метеоумов та доступ до показників системи з будь-якої точки через інтернет. Гнучке керування реле, двостороння синхронізація з хмарною платформою та зрозумілий інтерфейс користувача підвищують зручність і функціональність системи.

3.2 Розробка програмного забезпечення

У розробленій програмі для мікроконтролера Arduino Nano, що реалізує функціонал комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності, використовується кілька спеціалізованих бібліотек. Кожна з них виконує певну функцію, пов'язану з роботою окремих апаратних компонентів або забезпеченням зв'язку з хмарною платформою. Їх правильне використання дозволяє суттєво спростити розробку, забезпечити стабільну роботу системи та спростити читабельність коду (рис. 3.2).

```
#include <ArduinoIoTCloud.h>
#include <Arduino_ConnectionHandler.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#include "DFRobot_AS3935_I2C.h" // Бібліотека для I2C варіанту AS3935
```

Рисунок 3.2 – Підключення бібліотек

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Бібліотека <ArduinoIoTCloud.h> є ключовою для інтеграції системи з хмарною платформою Arduino Cloud. Вона забезпечує взаємодію з віртуальними змінними, які створюються на платформі для моніторингу та керування. Ця бібліотека автоматизує процес синхронізації даних між пристроєм та хмарним середовищем, включаючи відправлення показників сенсорів та прийом команд від користувача, наприклад, для керування реле.

Бібліотека <Arduino_ConnectionHandler.h> використовується разом із ArduinoIoTCloud.h для забезпечення підключення пристрою до Інтернету через Wi-Fi-модуль. Вона відповідає за налаштування параметрів з'єднання, обробку збоїв підключення та відновлення зв'язку у разі втрати.

Для зчитування даних з сенсора атмосферного тиску BMP280 використовується бібліотека <Adafruit_BMP280.h>, яка надає зручний API для ініціалізації модуля та отримання значень атмосферного тиску. Бібліотека сумісна з протоколом I²C.

Виведення даних на символьний LCD-дисплей здійснюється з використанням бібліотеки <LiquidCrystal_I2C.h>. Вона реалізує підтримку дисплеїв, підключених через I²C-інтерфейс за допомогою спеціального розширювального модуля. Бібліотека дозволяє виводити текстові повідомлення, числові значення сенсорів, а також повідомлення про статус системи у зручному для користувача форматі.

Стандартна бібліотека <Wire.h> використовується для роботи з I²C-шиною, що забезпечує обмін даними між Arduino Nano та модулями BMP280, AS3935 і дисплеєм. Ця бібліотека є основною для ініціалізації та обміну інформацією через шину I²C.

Для роботи з сенсором виявлення грозової активності AS3935 у версії з I²C-інтерфейсом використовується спеціалізована бібліотека "DFRobot_AS3935_I2C.h". Вона дозволяє легко отримувати повний набір даних від сенсора: наявність грозової активності, тип сигналу (грозовий або шум), кількість

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

імпульсів, а також розраховану відстань до джерела блискавки. Бібліотека підтримує налаштування чутливості, калібрування антени та фільтрацію шумів.

Загалом, вибір цих бібліотек зумовлений необхідністю забезпечення стабільної роботи системи, сумісності з апаратними модулями та підтримки сучасних засобів передачі даних до хмари. Їх використання забезпечує надійне зчитування та відображення інформації, керування виконавчими пристроями та хмарну інтеграцію з веб-інтерфейсом.

Підпрограма `setup()` у програмі для мікроконтролера Arduino Nano виконує початкову ініціалізацію усіх компонентів системи моніторингу грозової активності. Вона викликається один раз при запуску або перезавантаженні пристрою та забезпечує готовність системи до основного циклу роботи (рис. 3.3).

На початку виконання функції відбувається налаштування виводу, до якого підключено модуль реле. Наступним етапом ініціалізується LCD-дисплей через інтерфейс I²C. Після цього здійснюється перевірка готовності сенсора атмосферного тиску BMP280, який підключений через I²C. Якщо сенсор не відповідає на запит, на дисплеї виводиться повідомлення “BMP280 error”, і виконання програми зупиняється через нескінченний цикл, що запобігає помилковій роботі системи без даних з сенсора.

Аналогічно ініціалізується сенсор виявлення блискавки AS3935 за допомогою `lightningSensor.begin()`. Якщо ініціалізація завершується помилкою, виводиться повідомлення “AS3935 error” і виконання також блокується. У випадку успішної ініціалізації сенсор конфігурується для використання всередині приміщення, що зменшує ймовірність хибних спрацьовувань у складних електромагнітних умовах. Додатково встановлюються параметри чутливості, які регулюють фільтрацію шуму та визначають мінімальну кількість імпульсів для ідентифікації блискавки.

Нарешті, викликається функція `initProperties()`, яка ініціалізує змінні, пов’язані з хмарною платформою Arduino Cloud, а команда `ArduinoCloud.begin()`

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

запускає підключення пристрою до хмари для подальшого передавання даних та віддаленого керування реле.

```
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(1000);
  // Реле
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
  digitalWrite(relayPin, LOW);
  // LCD
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Initializing...");
  // BMP280
  if (!bmp.begin(0x76)) {
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("BMP280 error");
    while (1);
  }
  // AS3935
  if (!lightningSensor.begin()) {
    lcd.clear();
    lcd.print("AS3935 error");
    while (1);
  }
  lightningSensor.setIndoors();
  lightningSensor.setNoiseFloor(2);
  lightningSensor.setWatchdogThreshold(2);
  lightningSensor.setSpikeRejection(2);
  lightningSensor.setLightningThreshold(1); // min 1 strike
  // IoT
  initProperties();
  ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
}
```

Рисунок 3.3 – Код підпрограми setup

Загалом, підпрограма setup() готує усі апаратні та програмні компоненти до роботи, перевіряє їх працездатність, інформує користувача через дисплей та забезпечує підключення до хмарного середовища для віддаленого моніторингу.

Підпрограма loop() у програмі для мікроконтролера Arduino Nano виконує основний цикл роботи системи моніторингу грозової активності. Вона постійно

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

виконується після ініціалізації пристрою і забезпечує зчитування даних з сенсорів, їх обробку, передавання на хмарну платформу Arduino Cloud, керування реле та відображення інформації на LCD-дисплеї (рис. 3.4).

```
void loop() {
  ArduinoCloud.update();
  // Атмосферний тиск
  pressureValue = bmp.readPressure() / 100.0;
  // Зчитування блискавки
  int irq = lightningSensor.getInterruptSource();
  if (irq == 1) { // блискавка
    int distance = lightningSensor.getLightningDistanceKm();
    lightningDistance = distance;
    lightningStatus = "Lightning " + String(distance) + " km";

    if (distance > 0 && distance < lightningThresholdKm) {
      relayState = true;
      digitalWrite(relayPin, HIGH);
    }
  }
  else if (irq == 2) {
    lightningStatus = "Disturber";
    lightningDistance = -1;
  }
  else if (irq == 3) {
    lightningStatus = "Noise";
    lightningDistance = -1;
  }
  // Виведення на дисплей
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("P:" + String(pressureValue, 1) + " hPa");

  lcd.setCursor(0, 1);
  if (lightningDistance > 0) {
    lcd.print("L: " + String(lightningDistance) + " km");
  } else {
    lcd.print(lightningStatus);
  }
  delay(1000);
}
```

Рисунок 3.4 – Код підпрограми loop

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

На початку циклу викликається функція `ArduinoCloud.update()`, яка забезпечує синхронізацію пристрою з хмарною платформою. Ця команда дозволяє оновлювати значення змінних у хмарі та зчитувати команди керування реле, що надходять від користувача через веб-інтерфейс.

Далі здійснюється зчитування значення атмосферного тиску з сенсора BMP280. Метод `bmp.readPressure()` повертає значення тиску в паскалях, яке ділиться на 100 для переведення в гектопаскалі. Отримане значення зберігається у змінній `pressureValue` для подальшого використання в інтерфейсі та на дисплеї.

Наступним кроком є аналіз сигналів від сенсора грозової активності AS3935. Використовується функція `getInterruptSource()`, яка повертає тип події. Якщо значення `irq` дорівнює 1, то зафіксовано справжню блискавку. У цьому випадку зчитується відстань до джерела блискавки (в кілометрах) методом `getLightningDistanceKm()` і присвоюється змінній `lightningDistance`. У рядок `lightningStatus` записується повідомлення про виявлену блискавку разом із відстанню. Якщо ця відстань є позитивною і меншою за встановлений пороговий рівень `lightningThresholdKm`, то спрацьовує реле — змінна `relayState` встановлюється в `true`, а реле активується.

У разі, якщо значення `irq` дорівнює 2 або 3, це означає, що виявлено хибний сигнал — відповідно порушник (`disturber`) або електричний шум (`noise`). У такому випадку змінна `lightningStatus` оновлюється відповідним повідомленням, а `lightningDistance` приймає значення `-1`, щоб позначити відсутність достовірного сигналу.

Після обробки даних здійснюється виведення інформації на LCD-дисплей. Спочатку дисплей очищується, після чого на першому рядку виводиться поточне значення атмосферного тиску. На другому рядку, залежно від того, чи було зафіксовано блискавку, виводиться або відстань до неї (наприклад, “L: 5 km”), або статус “Noise” чи “Disturber”, що інформує користувача про природу електромагнітного сигналу.

Завершується цикл затримкою, яка встановлює інтервал між оновленнями даних. Такий підхід забезпечує стабільну роботу системи, уникнення

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевантаження інтерфейсу та надає користувачу достатній час для сприйняття інформації на дисплеї.

Загалом, підпрограма `loop()` реалізує повний алгоритм моніторингу погодних умов у режимі реального часу з динамічним реагуванням на небезпечні явища та відображенням інформації як локально, так і через хмарну інфраструктуру.

3.3 Реалізація обміну даними з хмарним IoT сервером

Для реалізації функціональності віддаленого моніторингу метеорологічних даних та дистанційного керування реле у комп'ютеризованій системі моніторингу грозової активності було обрано хмарну платформу Arduino Cloud. Вибір саме цієї платформи зумовлений низкою вагомих технічних та організаційних переваг, які забезпечують надійність, простоту інтеграції з Arduino-сумісними пристроями, а також інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для створення вебпанелі управління та візуалізації даних.

Однією з головних причин вибору Arduino Cloud є її тісна інтеграція з апаратною платформою Arduino та модулями на базі ESP8266/ESP32, зокрема ESP-01S, що використовується в цій системі для бездротового з'єднання з Інтернетом. Завдяки офіційній підтримці бібліотек, зокрема `ArduinoIoTCloud` та `Arduino_ConnectionHandler`, користувач отримує змогу швидко налаштувати зв'язок пристрою з хмарою, не вдаючись до складних процедур авторизації чи ручного програмування протоколів MQTT або HTTP.

Ще однією перевагою є зручний вебінтерфейс для побудови дашборду — панелі, яка дозволяє виводити показники з сенсорів (атмосферний тиск, тип грозової активності, відстань до блискавки) у вигляді графіків, текстових віджетів, індикаторів чи гістограм. Крім того, можливе створення керуючих елементів — перемикачів, повзунків, кнопок, які можуть змінювати стан змінних пристрою в режимі реального часу. У нашому випадку на дашборді реалізується перемикач для ручного керування реле, а також блоки для виведення значень атмосферного тиску та відстані до блискавки.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Процедура налаштування Arduino Cloud включає кілька основних етапів. Спершу створюється новий "Thing" (пристрій) у вебінтерфейсі платформи, де визначаються змінні, які будуть передаватися між пристроєм і хмарою (рис. 3.5). Для проєктованої системи створюються змінні atmosphericPressure (тип Float), lightningDistance (тип Int), lightningDetected (тип Boolean) та relayState (тип Boolean, двосторонній). Після цього генерується автоматичний скетч з готовим шаблоном, який включає налаштування з'єднання Wi-Fi, авторизаційні токени та зворотні функції для обробки змін.

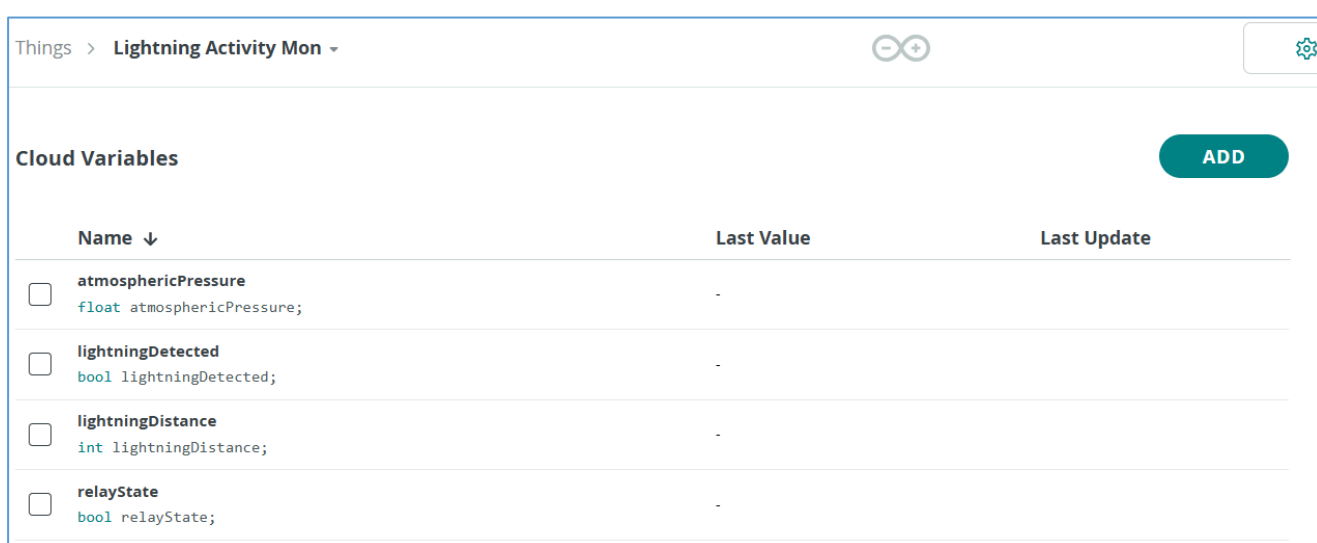


Рисунок 3.5 – Визначення змінних для проєктованої системи в інтерфейсі платформи Arduino Cloud

Підключення до платформи забезпечується через модуль ESP-01S, який виступає в ролі клієнта Wi-Fi. Він встановлює з'єднання з мережею Інтернет, після чого забезпечує постійну синхронізацію змінних між фізичним пристроєм (Arduino Nano) та хмарою. Після оновлення прошивки на мікроконтролер, пристрій автоматично передає показники сенсорів на хмару та реагує на керуючі команди, надіслані з вебінтерфейсу.

Використання Arduino Cloud дозволяє мінімізувати складність створення IoT-рішення, забезпечити візуалізацію параметрів навколишнього середовища та зручне керування функціями пристрою через інтернет. Простота налаштування,

підтримка Arduino-екосистеми, а також стабільність передачі даних стали ключовими факторами для вибору саме цієї платформи для реалізації функціональності моніторингу та керування у рамках розроблюваної комп'ютеризованої системи.

3.4 Результати моделювання системи

Cirkit Designer — це сучасне онлайн середовище для проєктування, моделювання та документування електронних схем, яке поєднує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс з широкими функціональними можливостями. Платформа дозволяє створювати макети на макетних платах (breadboard), креслити принципові електричні схеми (schematics), формувати друковані плати (PCB), а також швидко переходити між цими представленнями в одному проєкті.

Однією з ключових переваг Cirkit Designer є підтримка великої бібліотеки популярних електронних компонентів, включно з модулями Arduino, дисплеями, сенсорами та реле, що робить її особливо зручною для роботи з мікроконтролерними проєктами.

Для моделювання та тестування прототипу комп'ютеризованої системи на базі Arduino Nano саме Cirkit Designer був обраний завдяки кільком важливим причинам. По-перше, середовище дозволяє швидко і наочно зібрати модель системи з урахуванням реального розташування елементів на макетній платі, що значно полегшує подальше перенесення проєкту у фізичну реалізацію. По-друге, можливість створення зрозумілих схем і автоматичне створення документації дозволяє зберігати високу якість проєктної роботи та забезпечити повторюваність результатів. По-третє, середовище надає базову можливість перевірки коректності підключень та логічної цілісності проєкту, що знижує ризик помилок ще на етапі проєктування.

Завдяки поєднанню простоти використання, достатнього функціоналу та орієнтації на роботу з реальними компонентами, ця платформа є оптимальним

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вибором для створення і тестування прототипу системи моніторингу грозової активності.

У процесі моделювання та тестування прототипу системи в середовищі Circuit Designer було побудовано структурну модель, яка включає Arduino Nano, сенсор атмосферного тиску BMP280, давач грози AS3935, WiFi модуль, реле для комутації зовнішнього навантаження та LCD-дисплей для виведення інформації (рис. 3.6).

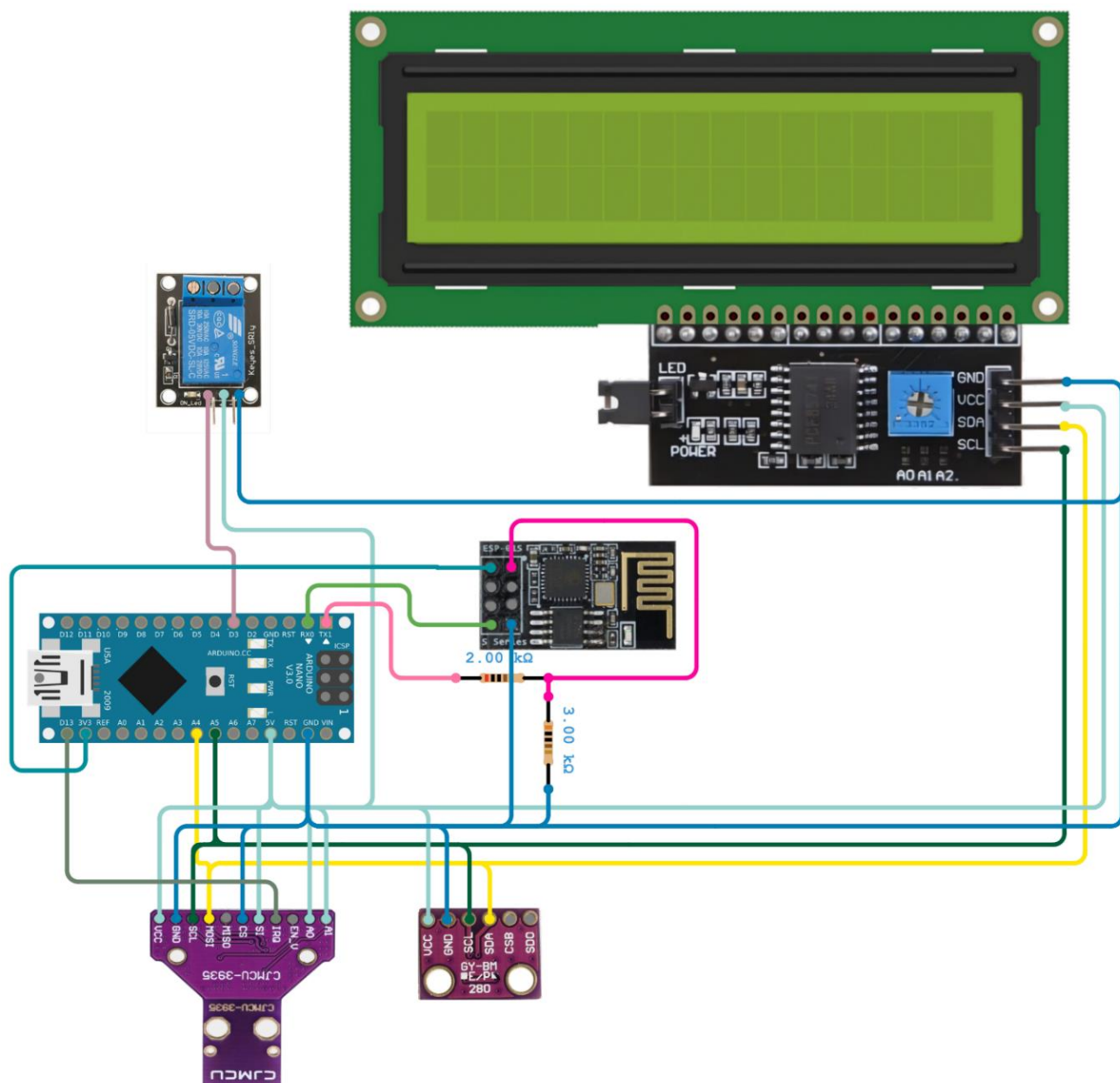


Рисунок 3.6 – Результати моделювання та тестування прототипу системи в середовищі Circuit Designer

Усі компоненти були з'єднані між собою відповідно до схеми електричної принципової, що дало змогу візуально перевірити коректність підключень. Під час тестування в середовищі Cirkuit Designer були перевірені основні функціональні режими роботи системи. Зокрема, було змодельовано сценарії зміни атмосферного тиску та імітації сигналів від давача грози. За результатами перевірок було підтверджено правильність алгоритмів прийняття рішень у мікроконтролері: у разі виявлення грози система пріоритетно активує реле незалежно від значення атмосферного тиску, тоді як при нормальних погодних умовах управління реле здійснюється на основі встановленого порогового значення тиску.

Крім цього, було протестовано правильність виведення інформації на LCD-дисплей. Значення тиску та статус подій відображалися стабільно і без затримок, що свідчить про ефективність роботи підпрограм оновлення екрана. Завдяки інтегрованим можливостям середовища Cirkuit Designer вдалося оперативно виявити та усунути дрібні помилки у схемі підключення.

Результати моделювання підтвердили працездатність прототипу системи та готовність до її подальшої фізичної реалізації. Cirkuit Designer зарекомендував себе як ефективний інструмент для попередньої перевірки складних мікроконтролерних проєктів на етапі проєктування.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Надзвичайні ситуації метеорологічного характеру

Землю оточує повітряна оболонка – атмосфера, яка простягається на висоту до 1000 км, хоча основна її частина зосереджена в нижніх шарах. Вітри — це так звані «прилади-змішувачі», вони забезпечують обмін між забрудненим повітрям міст та чистим, насиченим киснем полів і лісів, теплим екваторіальним та холодним повітрям полярних областей, розганяють хмари і приносять дощові хмари на поля, на яких без них нічого б не росло. Таким чином, вітер — це один з найважливіших компонентів життя. Але він може бути і руйнівним, набагато більш небезпечним від багатьох стихій.

Англійський адмірал Ф. Бофорт ще 1806 р. запропонував 12-бальну шкалу для вимірювання вітрів. Він розподілив вітри залежно від швидкості переміщення повітряних мас. Вітер силою в 9 балів, коли швидкість становить від 20 до 24 м/с, руйнує старі будівлі, зриває дахи з будівель. Цей вітер називається шторм.

Якщо швидкість вітру досягає 32 м/с, то це ураган. Ураганами називають також тропічні циклони, які виникають в Тихому океані поблизу узбережжя Центральної Америки. На Далекому Сході і в районах Індійського океану урагани (циклони) мають назву тайфунів. Суть усіх явищ одна. Ураган, тайфун, тропічний циклон — це велетенські віхоли нашої планети. Американські вчені підрахували, що енергії урагану вистачило б, щоб на цілих п'ять місяців забезпечити всю Західну Європу електроенергією. Щорічно на земній кулі виникає та повністю розвивається не менше 70 тропічних циклонів зі штормовими та ураганними вітрами.

Тропічні урагани найчастіше виникають влітку над Атлантикою або Тихим океаном, коли нагріта сонцем вода віддає своє тепло повітрю. Діаметр такого

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Муравець М.П.			Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Літ.	Арк.
Перевірив		Паламар А.М.					51
Консульт.		Пилипець М.І.				Акрушів	
Н. Контр.		Тиш Е.В.				6	
Зав. каф.		Осуківська Г.М.				ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-42	

урагану може досягати 900 км, а швидкість обертання повітряних мас доходить до 500 км/год., в цьому і полягає його руйнівна сила. У центрі кожного тропічного циклону утворюється область дуже низького тиску з високою температурою. Це і є «око тайфуну». Його діаметр – 10-30 км. Швидкість вітру в тропічному циклоні – до 400 км/год [33].

Коли ураган наближається до узбережжя, він жене поперед себе величезні маси води. Штормовий вал, який супроводжується зазвичай зливами і смерчами, шалено налітає на узбережжя і нищить усе живе.

Одне з найстрашніших стихійних лих, яке трапилось на нашій планеті, приніс тропічний ураган, який утворився у листопаді 1970 р. в Бенгальській затоці. Тайфун, який там виник, рушив на північ, в гирло Гангу. Води «великої священної» ріки Індії затопили 800000 кв. км узбережжя. Ураган мав швидкість вітру 200-250 м/с, морські хвилі досягали висоти 10 м. В цій катастрофі загинуло близько 400 тис. осіб.

На сьогодні існують сучасні методи прогнозування ураганів. Кожне підозріле скупчення хмар, де б воно не виникало, фотографується метеорологічними супутниками з космосу, літаки метеослужби летять до «ока тайфуну», щоб отримати точні дані. Ця інформація закладається в комп'ютери, щоб розрахувати шлях і тривалість урагану та заздалегідь сповістити населення про небезпеку.

Атмосферне явище, що є стрімким воронкоподібним вихором заввишки до 1,5 км, який витягується від купчасто-дощової хмари до поверхні води або землі називають смерч або торнадо.

Смерчі трапляються частіше, ніж урагани й тайфуни. Щорічно в Америці спостерігається близько 900 смерчів, які там називають торнадо. Найчастіше це стихійне лихо трапляється на території штатів Техас і Огайо, де від нього гине в середньому 114 осіб на рік. Та в останньому, 2012 р., потужний смерч спостерігався на півночі Італії, чого в цих краях майже ніколи не було. Цього ж року рідке явище – водночас 5 смерчів – спостерігали в Криму.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Смерчі утворюються тоді, коли стикаються дві великі повітряні маси різної температури і вологості, до того ж в нижніх шарах повітря тепле, а в верхніх — холодне. Тепле повітря, звичайно, піднімається вгору й охолоджується, а водяна пара, яка міститься в ньому, випадає дощем. Але коли збоку починає дути вітер, котрий відхиляє вбік потік теплого повітря, який піднімається вгору, то виникає вихор, швидкість якого досягає 450 км/год.

Смерч спричиняє нищення будівель, пожежі, руйнування різноманітної техніки, вихрові рухи повітряних потоків смерчу здатні піднімати машини, потяги, мости. І водночас смерчі здатні на дивні речі. В одному місці вихор підняв у повітря будинок з трьома його мешканцями, повернув його на 360° і опустив на землю без жодного ушкодження. Трапляються смерчі і в Україні: південні смерчі спостерігаються на Чорному та Азовському морях.

Аналогічно ураганам смерчі спочатку розпізнають з космічних метеорологічних супутників погоди, а потім за допомогою зйомок простежують їх розвиток та рух.

При ураганах рекомендується слідувати таким правилам поведінки [32]:

- отримавши повідомлення про ураган, необхідно щільно зачинити двері, вікна;
- з дахів та балконів забрати предмети, які при падінні можуть травмувати людину;
- в будівлях необхідно триматися подалі від вікон, щоб не отримати травми від осколків розбитого скла;
- найбезпечнішими місцями під час урагану є підвали, сховища, метро та внутрішні приміщення перших поверхів цегляних будинків;
- коли ураган застав людину на відкритій місцевості, найкраще знайти укриття в западині (ямі, яру, канаві);
- ураган може супроводжуватись грозою, необхідно уникати ситуацій, при яких збільшується ймовірність ураження блискавкою: не стояти під окремими деревами, не підходити до ліній електропередач.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Вплив електромагнітних полів на людину та заходи щодо зменшення їх впливу на обслуговуючий персонал

Внаслідок інтенсивного розвитку електроніки, радіо- та комп'ютерної техніки значно підвищився рівень забруднення електромагнітним випромінюванням природного середовища. Джерела електромагнітних полів (ЕМП) можуть бути антропогенного та природного характеру.

Електромагнітні випромінювання антропогенного походження вважаються одним з різновидів енергетичних забруднювачів, тому що вони здійснюють шкідливий вплив на екологічні системи, негативно впливають на людський та інші живі організми. ЕМП володіють енергією і поширюються у формі електромагнітних хвиль, основними параметрами яких є швидкість поширення, частота коливань та довжина хвилі. Напруженість (В/м) є мірою вимірювання забруднення електромагнітними полями.

Штучними джерелами електромагнітного випромінювання є потужні радіолокаційні та радіотелевізійні станції, недосконалі комп'ютери, базові станції мобільного зв'язку, електростанції й підстанції, електротранспорт, високовольтні лінії електрозв'язку, мікрохвильові печі, вимірювальні прилади, промислове обладнання високочастотного нагріву, а також усі елементи, під'єднані до мережі.

Інтенсивність електромагнітного поля в будь-якій точці простору залежить від відстані від нього і потужності генератора. На характер розподілу поля в приміщенні має вплив наявність металевих конструкцій і предметів, які є провідниками, а також діелектриків, які знаходяться в ЕМП. Рівень інтенсивності ЕМП у зв'язку із зростанням їх потужності та кількості джерел наразі різко виріс. В деяких районах він в сотні разів перевищує значення середнього нормального "природного фону".

Електромагнітні поля негативно впливають на людей, які безпосередньо мають справу із джерелами випромінювань, а також на населення, яке проживає поблизу таких джерел. Рівень впливу електромагнітних випромінювань на організм людини залежить від розмірів поверхні тіла, яка опромінюється, режиму

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опромінення, індивідуальних особливостей організму, характеру випромінювання, тривалості опромінення, діапазону частот та інтенсивності впливу відповідних чинників [34].

Рівень електромагнітних випромінювань у районах, де розміщені потужні локаційні та радіопередавальні станції, часто перевищує допустимі санітарні норми. Це дуже шкодить здоров'ю людей, які проживають біля таких станцій. Вплив ЕМП характеризується біологічною дією. Вони негативно впливають на нервову систему, спричинюють сильну втому і головний біль, зумовлюють зниження точності робочих рухів, млявість, безсоння, розвиток неврозів, порушення в органах і системах (підшлункової залози, селезінки, печінки, шлунку), функціональні зсуви в діяльності кровотворної, ендокринної, серцево-судинної, нервово-психічної систем, фіксуються зміни показників вуглеводного та білкового обміну, зафіксовані порушення на клітинному рівні, змінюється склад крові. Вплив ЕМП на біологічні об'єкти залежить від рівня інтенсивності опромінення [34].

Нормування рівня напруженості електромагнітних полів на робочих місцях здійснюється згідно вимог ДСанПін 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами (ВДП) електронно-обчислювальних машин» [35].

Тепловий вплив характеризується загальним збільшенням температури тіла, подібним до локалізованого нагріву тканини. Впливаючи на живу тканину організму, ЕМП спричиняє змінну поляризацію атомів і молекул, які формують клітини, внаслідок чого виникає небезпечний нагрів. Надмірне тепло може мати негативний вплив на окремі органи і весь людський організм. Особливо шкідливим є перегрів таких органів, як нирки, мозок, очі. З ростом інтенсивності проявляється вплив на клітини печінки, умовно-рефлекторну діяльність, нервову систему, підвищення тиску, викликає втрату зору та зміни у корі головного мозку.

Для запобігання професійних захворювань, які з'являються під впливом ЕМП, розроблені санітарні правила та норми щодо електротехнічних і радіотехнічних об'єктів на основі медикобіологічних досліджень. Вони також

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

регламентують умови експлуатації для охорони населення від негативного впливу випромінювань.

Для захисту людини від дії електромагнітних опромінювань використовуються різні заходи і засоби захисту: захист відстанню, часом, застосування засобів індивідуального захисту, скорочені робочі дні, додаткова відпустка, медичні огляди, дистанційне керування і контроль в екранованому приміщенні, виділення зон випромінювання, екранування джерел випромінювання, екранування робочих місць, встановлення санітарних кордонів навколо джерела ЕМП, зменшення випромінювання безпосередньо в самому джерелі випромінювання. Основні заходи захисту від негативного впливу електромагнітних випромінювань [35]:

- використання засобів індивідуального захисту, від електромагнітних випромінювань, до яких відносять і халати з металізованої тканини, комбінезони, переносні парасолі;
- організаційні заходи (допуск осіб не молодших за 18 років і тих, які не мають захворювань очей, серця, центральної нервової системи, скорочений робочий день, додаткова відпустка, проведення медогляду – не рідше одного разу на рік, проведення дозиметричного контролю інтенсивності електромагнітних випромінювань – не рідше одного разу на шість місяців);
- зменшення випромінювання безпосередньо біля джерела (досягається шляхом збільшення відстані між робочим місцем і джерелом спрямованої дії, зменшенням потужності випромінювання генератора);
- екранування джерел випромінювання.

Для захисту працівників від електромагнітних випромінювань також використовують заземлені захисні козирки, кожухи, екрани, які встановлюються на шляху випромінювання. Засоби захисту (кожухи, екрани) з радіопоглинаючих матеріалів виконують у вигляді феромагнітних пластин, жорстких або гнучких листів поролону, тонких гумових килимків.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було виконано наступне:

1) Розроблено концепцію комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності, що поєднує функції збору метеорологічних даних, виявлення блискавок, локального оповіщення та віддаленого інформування користувача про небезпечні погодні умови.

2) Виконано аналітичний огляд існуючих апаратно-програмних рішень, на основі якого сформульовано вимоги до проєктованої системи, що передбачає використання доступних компонентів, точне виявлення блискавок, виведення інформації на дисплей і можливість віддаленого керування.

3) Розроблено структурну схему системи з урахуванням вибраних компонентів: мікроконтролер Arduino Nano, давач атмосферного тиску BMP280, сенсор грозової активності AS3935, символічний дисплей LCD, модуль реле та модуль ESP-01S для зв'язку з хмарною платформою.

4) Реалізовано принципову електричну схему пристрою, що забезпечує взаємодію між усіма функціональними блоками системи.

5) Написано програмне забезпечення для Arduino Nano, яке забезпечує зчитування даних з сенсорів, аналіз подій (блискавка, перешкоди, шум), виведення значень тиску та відстані до джерела блискавки на LCD-дисплей, керування реле на основі заданих умов і передавання змінних на платформу Arduino Cloud.

6) Налаштовано хмарну платформу Arduino Cloud, створено веб-інтерфейс для відображення атмосферного тиску, статусу блискавки, відстані до неї та стану реле, а також передбачено можливість віддаленого керування виконавчим елементом.

7) Проведено моделювання системи в середовищі Circuit Designer. Перевірено стабільність зчитування та обробки даних, роботу дисплея, коректне реагування системи на зміну атмосферного тиску та сигнали блискавки.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. StrikeAlert – personal lightning detector. URL: <https://strikealert.com/products>
(дата звернення: 08.03.2025).

2. Advanced Lightning Sensor Vaisala LS7002. URL: <https://www.vaisala.com/en/products/advanced-lightning-sensor-ls7002>
(дата звернення: 10.03.2025).

3. ERL10-KIT1 Boltek Lightning Detection Package. URL: <https://www.boltek.com/product/erl10-kit1-rs485-lightning-alarm-package>
(дата звернення: 11.03.2025).

4. Arduino Nano V3.0. URL: <https://arduino.ua/prod166-arduino-nano-v3-0-avr-atmega328p-s-raspayannimi-razemami> (дата звернення: 25.03.2025).

5. Модуль датчика блискавок AS3935. URL: <http://www.kosmodrom.com.ua/el.php?name=AS3935-MODUL> (дата звернення: 26.03.2025).

6. Барометр BMP280 3.3В (датчик атмосферного тиску). URL: <https://arduino.ua/prod1758-barometr-datchik-atmosfernogo-davleniya-na-bmp280>
(дата звернення: 26.03.2025).

7. LCD 1602 символний дисплей 16x2. URL: <https://arduino.ua/prod1813-lcd-1602-simvolnii-displei-16x2-jeltii> (дата звернення: 26.03.2025).

8. I2C модуль розширення для підключення LCD дисплея на PCF 8574T. URL: <https://arduino.ua/prod1790-ici2cinterfeis-lcd1602-2004> (дата звернення: 26.03.2025).

9. Модуль реле 5В 10А низького рівня. URL: <https://arduino.ua/prod1706-modyl-rele-5v-10a-nizkogo-yrovnya-low-level> (дата звернення: 26.03.2025).

10. Wi-Fi модуль ESP8266 ESP-01S. URL: <https://arduino.ua/prod2892-esp-01s-wi-fi-modyl-esp8266> (дата звернення: 26.03.2025).

11. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Луцків А., Лупенко С., Пасічник В. Паралельні та розподільнені обчислення. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 566 с.

13. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д., Пасічник В.В. Комп'ютерні мережі. Книга 1. Львів: «Магнолія 2006», 2024. 256 с.

14. Palamar A., Karpinsky M., Vodovozov V. Design and Implementation of a Digital Control and Monitoring System for an AC/DC UPS. 7th International Conference-Workshop «Compatibility and Power Electronics» (CPE 2011), June 1-3, 2011. P. 173–177.

15. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.

16. Palamar A., Karpinsky M. Control of an Uninterruptible Power Supply in a DC Microgrid System. 10th International Symposium Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 10-15, 2011), Pärnu, Estonia, 2011. P. 80-84.

17. Palamar A. Control system simulation by modular uninterruptible power supply unit with adaptive regulation function. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 98, No 2. P. 129–136.

18. Palamar M., Pasternak Y., Palamar A., Poikhalo A. Precision tracking of the trajectory LEO satellite by antenna with induction motors in the control system. Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS 2017), Bucharest, Romania, September 21–23, 2017. Vol. 2. P. 1051–1055.

19. Паламар М., Пастернак Ю., Паламар А. Дослідження динамічних похибок системи прецизійного керування антеною з асинхронним електроприводом. Вісник ТНТУ, Тернопіль: ТНТУ, 2014. Вип. 76, № 4. С. 164–173.

20. Погребенник В.Д., Клим Г.І., Бордун І.М., Пташник В.В., Паламар А.М. Системи оперативного контролю інтегральних параметрів водного середовища. Т. 2. Елементи комп'ютерних систем оперативного контролю: колективна монографія. Житомир: Видавничий дім «Бук-Друк», 2021. 180 с.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Palamar A., Pettai E. Microgrid for the Department of Electrical Drives and Power Electronics. 8th International Symposium "Topical Problems in the Field of Electrical and Power Engineering" and "Doctoral School of Energy and Geotechnology II" (January 11-16, 2010), Pärnu, Estonia, 2010. P. 54-61.

22. Palamar A. Methods and means of increasing the reliability of computerized modular uninterruptible power supply system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2020. Vol. 99, No 3. P. 133–141.

23. Stadnyk M., Palamar A. Project management features in the cybersecurity area. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 106, No 2. P. 54–62.

24. Palamar A., Palamar M. Fire Safety Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2023. 1st International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2023), Ternopil, Ukraine, June 14-16, 2023. Vol. 3468. P. 164-172.

25. Palamar A., Palamar M., Osukhivska H. Real-time Health Monitoring Computer System Based on Internet of Medical Things. CEUR Workshop Proceedings, 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2023), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, November 22–24, 2023. Vol. 3628. P. 106-115.

26. Voloshchuk A., Velychko D., Osukhivska H., Palamar A. Computer system for energy distribution in conditions of electricity shortage using artificial intelligence. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024), Ternopil, Ukraine, June 12-14, 2024. Vol. 3742 P. 66-75.

27. Voloskyi V., Leshchyshyn Y., Romanyshyn N., Palamar A., Tarasenko L. Method and algorithm for efficient cell balancing in the lithium-ion battery control system. CEUR Workshop Proceedings, The 1st International Workshop on Bioinformatics and Applied Information Technologies (BAIT 2024), Zboriv, Ukraine, October 02-04, 2024. Vol. 3842. P. 258-267.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

28. Palamar A., Stadnyk M., Palamar M. Adaptive PID regulation method of uninterruptible power supply battery charge current based on artificial neural network. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 107, No 3. P. 5–13.

29. Palamar A., Voloskyi V., Kramar O., Kramar T., Stankevych O., Yatsyshyn V. Information computer system with a virtual tour for cultural heritage preservation of the Zbarazh Castle Museum's exhibition hall. CEUR Workshop Proceedings, The 3rd International Workshop on Social Communication and Information Activity in Digital Humanities (SCIA 2024), Lviv, Ukraine, October 31, 2024. Vol. 3851. P. 6-16.

30. Palamar M., Horyn T., Palamar A., Batuk V. Method of calibration MEMS accelerometer and magnetometer for increasing the accuracy determination angular orientation of satellite antenna reflector. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2022. Vol. 108, No 4. P. 79–88.

31. Yatsyshyn V., Pastukh O., Kukharska V., Palamar A., Kulikov S. Method and tool of detecting software architecture patterns in the process of computer systems development. CEUR Workshop Proceedings, 4th International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2024), Ternopil, Ukraine, Opole, Poland, October 23-25, 2024. Vol. 3896. P. 12-24.

32. Palamar M., Nakonetchnyi Y., Palamar A., Strembitskyi M., Apostol Y. Modernization of the azimuth drive design for the antenna system. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2025. Vol 117, No 1, P. 54–61.

33. Бедрій І.Я., Нечай В.Я. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. – Львів: Манголія 2006, 2007. 499 с.

34. Желібо Є. П. Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. К.: Каравела, 2004. 328 с.

35. Зеркалов Д.В. Безпека життєдіяльності. Навчальний посібник. К.: Основа. 2011. 526 с.

					КС КРБ 123.228.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедрою КС

_____ Осухівська Г.М.

“ ____ ” _____ 2025 р.

КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ГРОЗОВОЇ
АКТИВНОСТІ ДЛЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ВЛУЧАННЯ БЛИСКАВКИ

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на ____ 8 ____ листках

Вид робіт: Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

Керівник кваліфікаційної роботи

_____ к.т.н. Паламар А.М.

“ ____ ” _____ 2025 р.

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Студент групи СІ-42

_____ Муравець М.П.

“ ____ ” _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи бакалавра: «Комп'ютеризована система моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.228.00.00.

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-42, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Муравець Максим Павлович.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра є наказ по університету № 4/7-53 від «27» січня 2025 року.

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи бакалавра – 24.06.2025 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Оформлення технічної документації до кваліфікаційної роботи бакалавра здійснюється згідно діючих вимог вітчизняних та міжнародних стандартів. Технічна документація до кваліфікаційної роботи бакалавра включає в себе текст пояснювальної записки та креслення, які максимально інформативно та стисло відображають основні результати розробки комп'ютеризованої системи моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки. Основними регламентними документами при оформленні та пред'явленні результатів проектування є групи діючих стандартів ДСТУ, ISO, ЄСКД та ЕСПД. Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи бакалавра відбувається шляхом захисту роботи на відповідному засіданні ДЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Система призначена для реєстрації та аналізу грозової активності, прогнозування можливого ураження блискавкою та оперативного сповіщення користувача про загрозу. Вона може бути використана в приватних господарствах, на промислових об'єктах, у метеорологічних станціях та для забезпечення безпеки інфраструктурних об'єктів.

2.2 Мета створення системи

Головною метою є розробка ефективного інструменту для виявлення електричних розрядів в атмосфері, аналізу отриманих даних та формування попереджень про можливу грозову активність.

2.3 Характеристика об'єкту

Об'єктом моніторингу є електромагнітні імпульси, що виникають під час грозових розрядів. Система повинна розпізнавати та аналізувати ці імпульси, визначати їхню інтенсивність і дистанцію до джерела грози.

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

Комп'ютеризована система моніторингу грозової активності призначена для своєчасного виявлення небезпеки ураження блискавкою та оцінки ризиків, що виникають при цьому. Вона повинна забезпечувати безперервний збір, обробку та відображення даних з давача грози, а також передавати ці дані на віддалену хмарну платформу. Система має бути надійною, енергоефективною та працювати в реальному часі, забезпечуючи швидке сповіщення користувачів про загрозу.

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Функціонування системи повинно забезпечувати збір, аналіз і відображення інформації в режимі реального часу, а також своєчасне реагування на зміну умов.

Структура системи повинна включати наступні основні компоненти:

- давач грози для виявлення електромагнітних імпульсів блискавки;
- мікроконтролерний модуль для обробки даних і зв'язку з мережею;
- OLED-дисплей для візуального відображення отриманої інформації;
- сигналізаційні пристрої (світлодіод, звуковий сигналізатор) для миттєвого сповіщення про небезпеку;
- модуль зв'язку для передачі даних у хмарну платформу.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

Передача даних між основними компонентами системи має здійснюватися за допомогою стандартних цифрових інтерфейсів. Давач грози повинен підключатися до мікроконтролера через інтерфейс I²C або SPI. Зв'язок з хмарною платформою здійснюється через Wi-Fi, використовуючи протокол MQTT або HTTP. OLED-дисплей взаємодіє з мікроконтролером через I²C-шину. Для сповіщень на мобільний пристрій може використовуватися хмарний сервіс або мобільний додаток.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Система повинна працювати у двох основних режимах:

- моніторинг – безперервне зчитування даних з давача грозової активності, обробка отриманої інформації та виведення її на дисплей;
- сповіщення – при виявленні загрози (перевищення встановленого порогу активності) система вмикає світлове та звукове оповіщення, а також надсилає сповіщення користувачеві.

Система також повинна мати можливість автоматичного перемикання електроживлення критично важливих пристроїв на резервне джерело у разі загрози грози.

3.1.4 Перспективи розвитку та модернізації системи

Модернізація системи може включати:

- додавання додаткових давачів (температури, вологості, атмосферного тиску) для комплексного аналізу погодних умов;
- інтеграцію з метеорологічними API для більш точного прогнозування;
- покращення алгоритмів обробки сигналів для підвищення точності визначення грозової активності.

3.1.5 Вимоги до надійності системи

Система повинна працювати стабільно за різних погодних умов та електромагнітного фону. Надійність роботи забезпечується:

- захистом електронних компонентів від перевантажень і перешкод;
- наявністю функції автоматичного перезапуску у випадку збою;
- збереженням критичних даних у незалежній пам'яті;
- використанням надійних алгоритмів обробки та фільтрації сигналів.

Показники надійності системи моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки повинні відповідати вимогам ДСТУ 50136-1. Ймовірність безвідмовної роботи системи повинна складати не менше 99,8 %.

3.1.6 Вимоги до функцій та задач, які виконує система

Функції та задачі, які повинна виконувати система, передбачають:

- виявлення електромагнітних імпульсів блискавки та аналіз їхньої інтенсивності;
- відображення отриманих даних на LCD-дисплеї;
- сповіщення користувачів за допомогою світлодіода, звукового сигналу та повідомлень на мобільний пристрій;
- передача даних на хмарну платформу для подальшого аналізу та збереження;
- автоматичне перемикання електроживлення для захисту підключених пристроїв.

3.1.7 Вимоги до апаратного забезпечення

Для реалізації системи необхідно використовувати такі апаратні компоненти:

- давач грози – для детекції електромагнітних імпульсів блискавки;
- мікроконтролер – для обробки отриманих даних та зв'язку з мережею;

- LCD-дисплей – для візуального представлення інформації;
- сигналізаційні пристрої (світлодіод, зумер) – для миттєвого інформування користувача;
- реле або керований перемикач живлення – для автоматичного відключення важливих пристроїв від електромережі у разі грози.

Апаратне забезпечення повинно відповідати вимогам енергоефективності, компактності та надійності для безперервної роботи в реальному часі.

Вимоги до елементної бази системи:

- вибрана елементна база має забезпечувати необхідні режими роботи системи;
- елементна база по можливості має бути широкоживаною, доступною і дешевою. Необхідно також враховувати можливість заміни вибраних елементів на аналогічні (вітчизняні чи імпортного виробництва).

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

Комплект конструкторської документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 1. структурна схема системи;
 2. схема електрична принципова;
 3. блок-схема алгоритму роботи програми;
 4. результати моделювання системи.

*Примітка: В комплект конструкторської документації можуть вноситися зміни та доповнення в процесі розробки.

5 Техніко-економічні показники

Собівартість розробки системи повинна становити не більше 8000 грн.

Термін експлуатації системи повинен бути не менший 10 років.

*Примітка: собівартість системи може змінюватись під час розрахунку в процесі розробки.

6 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання КРБ

№ етапу	Назва етапу виконання КРБ	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання	27.01.2025 – 02.02.2025
2.	Аналіз технічного завдання, вимог до комп'ютерної системи, та можливих рішень поставленого завдання	03.02.2025 – 10.02.2025
3.	Розроблення структури, вибір апаратного забезпечення, проектування комп'ютеризованої системи	11.02.2025 – 28.02.2025
4.	Реалізація алгоритму, написання програмного забезпечення, моделювання комп'ютеризованої системи	01.03.2025 – 01.05.2025
5.	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	02.05.2025 – 11.05.2025
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	12.05.2025 – 08.06.2025
7.	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	09.06.2025 – 15.06.2025
8.	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	16.06.2025 – 22.06.2025
9.	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	24.06.2025

7 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б

Перелік елементів

Додаток В

Лістинг програми

Лістинг В.1 – Код програми мікроконтролера Arduino Nano для реалізації системи моніторингу грозової активності для оцінки ризику влучання блискавки.

```
#include <ArduinoIoTCloud.h>
#include <Arduino_ConnectionHandler.h>
#include <Adafruit_BMP280.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Wire.h>
#include "DFRobot_AS3935_I2C.h" // Бібліотека для I2C варіанту AS3935

// Хмарні змінні
float pressureValue;
String lightningStatus;
int lightningDistance;
bool relayState;

// Піни
const int relayPin = 3;

// Об'єкти
Adafruit_BMP280 bmp;
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
DFRobot_AS3935_I2C lightningSensor(&Wire, 0x03); // Адреса може відрізнатись!

// Конфігурація хмари
const char SSID[] = "your_wifi_ssid";
const char PASS[] = "your_wifi_pass";
const char DEVICE_LOGIN_NAME[] = "your_device_id";
const char DEVICE_KEY[] = "your_device_key";

// Попіг спрацювання реле
const int lightningThresholdKm = 10;

// Функція для зміни реле віддалено
void onRelayStateChange() {
    digitalWrite(relayPin, relayState ? HIGH : LOW);
}
```

```

// Ініціалізація хмарних змінних
void initProperties() {
    ArduinoCloud.setBoardId(DEVICE_LOGIN_NAME);
    ArduinoCloud.setSecretDeviceKey(DEVICE_KEY);

    ArduinoCloud.addProperty(pressureValue, READ, 30 * SECONDS);
    ArduinoCloud.addProperty(lightningStatus, READ, 30 * SECONDS);
    ArduinoCloud.addProperty(lightningDistance, READ, 30 * SECONDS);
    ArduinoCloud.addProperty(relayState, READWRITE, ON_CHANGE,
onRelayStateChange);
}

WiFiConnectionHandler ArduinoIoTPreferredConnection(SSID, PASS);

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    delay(1000);

    // Реле
    pinMode(relayPin, OUTPUT);
    digitalWrite(relayPin, LOW);

    // LCD
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Initializing...");

    // BMP280
    if (!bmp.begin(0x76)) {
        lcd.setCursor(0, 1);
        lcd.print("BMP280 error");
        while (1);
    }

    // AS3935
    if (!lightningSensor.begin()) {
        lcd.clear();
        lcd.print("AS3935 error");
        while (1);
    }

    lightningSensor.setIndoors();
    lightningSensor.setNoiseFloor(2);
    lightningSensor.setWatchdogThreshold(2);
}

```

```

lightningSensor.setSpikeRejection(2);
lightningSensor.setLightningThreshold(1); // min 1 strike
// IoT
initProperties();
ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);
}

void loop() {
    ArduinoCloud.update();

    // Атмосферний тиск
    pressureValue = bmp.readPressure() / 100.0;

    // Зчитування блискавки
    int irq = lightningSensor.getInterruptSource();
    if (irq == 1) { // блискавка
        int distance = lightningSensor.getLightningDistanceKm();
        lightningDistance = distance;
        lightningStatus = "Lightning " + String(distance) + " km";

        if (distance > 0 && distance < lightningThresholdKm) {
            relayState = true;
            digitalWrite(relayPin, HIGH);
        }
    }
    else if (irq == 2) {
        lightningStatus = "Disturber";
        lightningDistance = -1;
    }
    else if (irq == 3) {
        lightningStatus = "Noise";
        lightningDistance = -1;
    }
    // Виведення на дисплей
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("P:" + String(pressureValue, 1) + " hPa");
    lcd.setCursor(0, 1);
    if (lightningDistance > 0) {
        lcd.print("L: " + String(lightningDistance) + " km");
    } else {
        lcd.print(lightningStatus);
    }
    delay(1000);
}

```