

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

**МИСЬКІВ МИКОЛА МИКОЛАЙОВИЧ**

**РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ  
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ  
ПРИМІЩЕНЬ**

Спеціальність 171 Електроніка

Освітня програма Електронні системи

Кваліфікаційна робота на здобуття  
освітнього ступеня бакалавра

**Науковий керівник:**  
**Юркін Ігор Михайлович**  
К.ф.-м. наук, доцент

Реєстрація \_\_\_\_\_  
(номер)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

\_\_\_\_\_ Тетяна СЕМАК  
(підпис)

**Кваліфікаційна робота допущена до захисту**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Тарас ЗАЯЦЬ  
(підпис)

к.ф.-м.н., доцент

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_ (науковий ступінь, вчене звання)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

Інженерно-технічний факультет

**Кафедра електронних систем**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри, доц. \_\_\_\_\_ (Заяць Т. М.)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 року

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

На кваліфікаційну роботу бакалавра  
на тему:

### **РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНИХ ПРИМІЩЕНЬ**

Студента групи ЕС: Микола Миськів

(\_\_\_\_\_)

Керівник: к.ф.-м. наук, доцент, кафедри ЕС

(\_\_\_\_\_)

**ЮРКІН ІГОР**

**ДВНЗ «Ужгородський національний університет»**

**Факультет: Інженерно-технічний**

**Кафедра: Електронних систем**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Керівник: к.ф.-м. наук, доцент Юркін Ігор Михайлович

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 року

### **ЗАВДАННЯ**

**на кваліфікаційну бакалаврську роботу  
студента Миськіва Миколи Миколайовича**

**1. Тема роботи:** «Розробка системи контролю параметрів навколишнього середовища для лабораторних приміщень (на основі мікроконтролера ATmega328P)».

**2. Термін подання студентом роботи:** « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

**3. Термін закінчення роботи:** —

**4. Вихідні дані до роботи:**

Розробити систему безперервного моніторингу параметрів навколишнього середовища в лабораторних приміщеннях класу Б (відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 та ДСТУ EN ISO 7730) на основі мікроконтролера ATmega328P архітектури AVR. Система повинна забезпечувати вимірювання та відображення таких параметрів:

4.1. Вимірювання температури повітря в діапазоні 15–35 °С (нормований діапазон для класу Б: 22–24 °С) з точністю  $\pm 0,5$  °С;

4.2. Вимірювання відносної вологості повітря в діапазоні 20–95 % (норма класу Б: 40–60 %) з точністю  $\pm 2$  %;

4.3. Контроль концентрації CO<sub>2</sub> та шкідливих газів (аміак, окис вуглецю) для підтвердження відсутності шкідливих виробничих факторів або їх рівня в межах допустимих значень;

4.4. Вимірювання рівня освітленості робочих місць у діапазоні 300–500 люкс для забезпечення нормативного освітлення приміщення класу Б;

4.5. Живлення системи від стабілізованого джерела напругою  $U = 5$  В (із подальшою стабілізацією до 3,3 В, LDO XC6206) для живлення мікроконтролера та датчиків; струм споживання  $I \leq 200$  мА; з можливістю бездротової передачі даних через радіомодуль SYN115 (ASK/OOK, частота 433 МГц);

4.6. Відображення вимірних параметрів на LCD-дисплеї та світлова сигналізація (LED) при виході значень за межі норм, встановлених ДСН 3.3.6.042-99 та ДСТУ EN ISO 7730 для приміщень класу Б.

## **5. Зміст роботи (перелік питань, що підлягають розробці):**

5.1. Характеристика параметрів навколишнього середовища в лабораторних приміщеннях та аналіз існуючих систем контролю мікроклімату; огляд сучасних датчиків температури, вологості, газів та освітленості; аналіз мікроконтролерних платформ; постановка задачі та формування технічних вимог;

5.2. Розробка структурної схеми системи: загальна архітектура, обґрунтування вибору основних компонентів, опис взаємодії між функціональними вузлами, алгоритм роботи системи;

5.3. Схемотехнічна розробка та розрахунки: принципова електрична схема, розрахунок вузла живлення (LDO XC6206), вимірювальних каналів, аналогових та цифрових інтерфейсів, елементів узгодження та фільтрації сигналів;

5.4. Моделювання та дослідження роботи схеми: вибір програмного середовища моделювання, моделювання вузла живлення, вимірювального каналу та обробки сигналів, аналіз результатів;

5.5. Розробка програмного забезпечення: вибір середовища розробки, алгоритм обробки даних, реалізація програмного коду (мова C/C++, платформа Arduino IDE або AVR-GCC), тестування програмної частини;

5.6. Охорона праці та безпека в лабораторних умовах: аналіз небезпечних та шкідливих факторів, вимоги до електробезпеки, заходи забезпечення безпечної експлуатації системи;

**6. Перелік посилань:** за вибором студента.

**7. ДОДАТКИ:**

Додаток А. Структурна схема системи (A1).

Додаток Б. Принципова електрична схема.

Додаток В. Лістинг програми.

**8. Консультанти розділів роботи:**

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

Дата видачі завдання 2026 року.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ (к.ф.-м. наук, доцент Юркін І.М.)  
(підпис)

Завдання прийняв на виконання \_\_\_\_\_ ( Миськів М.М.)

(підпис)

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів виконання КБР	Термін виконання етапів	Примітки
1.	Пошук та аналіз аналогів об'єкта досліджень.	до 20.12.2025 року	
2.	Огляд та аналіз аналогів	до 20.02.2026 року	
3.	Вибір технічного рішення та обґрунтування технічної пропозиції.	до 20.03.2026 року	
4.	Синтез структурної та принципової схем, їх розрахунок.	до 20.04.2026 року	
5.	Виготовлення конструкторської документації.	до 20.05.20256 року	
6.	Оформлення кваліфікаційної бакалаврської роботи.	до 10.06.20256 року	
7.	Захист на державній екзаменаційній комісії.	згідно з графіком захисту	

Студент \_\_\_\_\_ (Миськів М.М.)

(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ (к.ф.-м. наук, доцент Юркін І.М.)

(підпис)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна бакалаврська робота на тему «Розробка системи контролю параметрів навколишнього середовища для лабораторних приміщень (на основі мікроконтролера ATmega328P)» / ДВНЗ «УжНУ»; Керівник Юркін І. М.; Студент Миськів М. М.

Пояснювальна записка: роботу викладено на 68 сторінках, вона містить 15 рисунків, 1 таблицю та 26 джерел у переліку літератури.

Графічна частина: 1 лист формату А1 (структурна схема), принципова електрична схема та лістинг програми.

Об'єктом дослідження є процеси контролю параметрів навколишнього середовища в лабораторних умовах.

Предметом роботи є методи та засоби побудови автоматизованої системи моніторингу на базі мікроконтролерних технологій.

Мета роботи – розробка системи безперервного контролю параметрів навколишнього середовища для лабораторних приміщень із відображенням результатів на LCD-дисплеї та бездротовою передачею даних.

У першому розділі проаналізовано параметри мікроклімату лабораторних приміщень, розглянуто існуючі системи контролю, сучасні датчики та мікроконтролерні платформи.

У другому – розроблено структурну схему та обґрунтовано вибір компонентів на базі ATmega328P.

У третьому – виконано схемотехнічну розробку та розрахунки вузлів живлення й вимірювальних каналів.

У четвертому – проведено моделювання роботи схеми.

У п'ятому – розроблено програмне забезпечення мовою C/C++.

Ключові слова: ATmega328P, мікроконтролер, AVR, DHT22, BH1750, MQ-135, XC6206, SYN115, LCD-дисплей, Arduino, моніторинг навколишнього середовища.

## ABSTRACT

Bachelor's qualification thesis on the topic "Development of an Environmental Parameter Monitoring System for Laboratory Premises (Based on ATmega328P Microcontroller)" / Uzhhorod National University; Supervisor Yurkin I. M.; Student Myskiv M. M.

Explanatory note: the work is presented on 68 pages, it contains 15 figures, 1 table and 26 references in the bibliography.

Graphical section: 1 sheet of A1 format (block diagram), circuit schematic and program listing.

The object of study is the processes of environmental parameter monitoring in laboratory conditions.

The subject of the work is the methods and means of building an automated monitoring system based on microcontroller technologies.

The aim of the work is to develop a continuous environmental parameter monitoring system for laboratory premises that measures temperature, humidity, illuminance and gas concentration with results displayed on an LCD screen and wireless data transmission.

In the first chapter, environmental parameters of laboratory premises are analyzed, existing microclimate control systems are reviewed, modern sensors are surveyed, and technical requirements are formulated.

In the second chapter, the block diagram is developed and main components based on ATmega328P are justified. In the third chapter, the circuit schematic is designed and calculations for the XC6206 LDO power supply unit and measurement channels are performed.

In the fourth chapter, circuit operation is simulated and results are analyzed. In the fifth chapter, software is developed in C/C++ using Arduino IDE.

Keywords: ATmega328P, microcontroller, AVR, DHT22, BH1750, MQ-135, XC6206 LDO regulator, SYN115, LCD display, Arduino, environmental monitoring.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	12
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ</b> .....	14
1.1. Характеристика параметрів навколишнього середовища в лабораторних приміщеннях.....	14
1.2. Аналіз існуючих систем контролю мікроклімату .....	16
1.3. Огляд сучасних датчиків температури, вологості, газів та освітленості .....	18
1.4. Аналіз мікроконтролерних платформ для реалізації системи .....	22
1.5. Постановка задачі та формування технічних вимог .....	25
<b>РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ</b> .....	27
2.1. Загальна архітектура системи контролю.....	27
2.2. Обґрунтування вибору основних компонентів.....	28
2.3. Розробка структурної схеми .....	34
2.4. Опис взаємодії між функціональними вузлами .....	35
2.5. Алгоритм роботи системи.....	36
<b>РОЗДІЛ 3. СХЕМОТЕХНІЧНА РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНКИ</b> .....	40
3.1. Розробка принципової електричної схеми.....	40
3.2. Розрахунок вузла живлення.....	41
3.3. Розрахунок вимірювальних каналів.....	43
3.4. Розрахунок аналогових та цифрових інтерфейсів.....	44
3.5. Розрахунок елементів узгодження та фільтрації сигналів .....	46
<b>РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СХЕМИ</b> .....	48
4.1. Вибір програмного середовища моделювання .....	48
4.2. Моделювання вузла живлення .....	49
4.3. Моделювання вимірювального каналу .....	51

					<i>КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Миськів.М.М</i>			<i>Розробка системи контролю параметрів навколишнього середовища для лабораторних приміщень</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Юркін І.М.</i>					8	75
<i>Н. Контр.</i>		<i>Папп О.В.</i>			<i>ІТФ “ЕС” УжНУ</i>			
<i>Затверд.</i>		<i>Заяць Т.М.</i>						

4.4. Моделювання обробки сигналів .....	53
4.5. Аналіз результатів моделювання .....	54
<b>РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....</b>	<b>57</b>
5.1. Вибір середовища розробки .....	57
5.2. Алгоритм обробки даних .....	58
5.3. Реалізація програмного коду .....	59
5.4. Тестування програмної частини.....	62
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>64</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>65</b>

### ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

МК – мікроконтролер

АТmega328P – 8-бітний мікроконтролер AVR архітектури, що використовується як центральний керуючий елемент системи АТmega328P

АЦП (ADC) – аналогово-цифровий перетворювач, пристрій для перетворення аналогового сигналу в цифровий код

LDO (Low Dropout Regulator) – стабілізатор напруги з малим падінням напруги між входом і виходом XC6206

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

RF (Radio Frequency) – радіочастотний діапазон передачі даних

ASK/OOK – ампліудна маніпуляція / ампліудне включення-виключення, спосіб модуляції радіосигналу

SYN115 – радіочастотний передавальний модуль для бездротової передачі даних SYN115

LED – світлодіод, напівпровідниковий прилад для візуальної індикації стану

RC-ланцюг – електричне коло, що складається з резистора та конденсатора, використовується для фільтрації сигналів

МКС (мікрокліматичні параметри) – сукупність параметрів навколишнього середовища (температура, вологість, освітленість тощо)

UART – універсальний асинхронний приймач-передавач, інтерфейс обміну послідовними даними

GPIO – загального призначення цифрові входи/виходи мікроконтролера

LDR – фоторезистор, датчик рівня освітленості

DHT (датчик вологості та температури) – комбінований датчик для вимірювання температури та вологості повітря

Газовий сенсор – датчик для вимірювання концентрації шкідливих або контрольованих газів у повітрі

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Сучасні лабораторні приміщення висувають підвищені вимоги до контролю параметрів навколишнього середовища, оскільки стабільність температури, вологості, освітленості та якості повітря безпосередньо впливає на точність проведення експериментів, працездатність обладнання та безпеку персоналу. У зв'язку з цим актуальним є розроблення автоматизованих систем моніторингу, здатних у режимі реального часу здійснювати вимірювання та аналіз відповідних параметрів.

Традиційні методи контролю мікроклімату часто базуються на періодичних ручних вимірюваннях, що не забезпечує безперервності спостереження та може призводити до запізненого виявлення критичних відхилень. Автоматизовані системи дозволяють усунути ці недоліки за рахунок використання мікроконтролерних платформ, сучасних датчиків та засобів бездротової передачі даних.

Метою даного дипломного проекту є розробка системи контролю параметрів навколишнього середовища для лабораторних приміщень, яка забезпечує безперервний моніторинг основних фізичних параметрів та оперативне реагування на їх відхилення від допустимих значень.

Для досягнення поставленої мети визначено такі основні завдання:

- проаналізувати існуючі системи контролю мікроклімату;
- дослідити сучасну елементну базу датчиків та мікроконтролерних платформ;
- розробити структурну та принципову схеми системи;
- виконати розрахунок основних функціональних вузлів;
- здійснити моделювання роботи апаратної частини;
- розробити програмне забезпечення для обробки та передачі даних;
- оцінити економічну ефективність запропонованого рішення.

Об'єктом дослідження є процеси контролю параметрів навколишнього середовища в лабораторних умовах.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Предметом дослідження є методи та засоби побудови автоматизованої системи моніторингу на базі мікроконтролерних технологій.

Практична значущість роботи полягає у створенні функціонально завершеного пристрою, який може бути використаний у навчальних та лабораторних приміщеннях для підвищення якості контролю умов експлуатації обладнання та забезпечення безпеки проведення досліджень.

Е С Т Т Ф У К Ж Н У

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

### 1.1. Характеристика параметрів навколишнього середовища в лабораторних приміщеннях

Мікроклімат лабораторних приміщень є сукупністю фізичних, хімічних та біологічних параметрів навколишнього середовища, які впливають на комфорт, безпеку та ефективність роботи персоналу, а також на точність експериментальних досліджень. Контроль цих параметрів є необхідною умовою для забезпечення стабільності технологічних процесів і достовірності отриманих результатів.

До основних параметрів навколишнього середовища, що підлягають контролю в лабораторіях, належать температура повітря, відносна вологість, концентрація газів, рівень освітленості та якість повітря.

Температура повітря є одним із ключових факторів, що впливають як на самопочуття людини, так і на роботу обладнання. Для більшості лабораторних приміщень оптимальний температурний діапазон становить від 18 до 25 °С. Відхилення від цих значень може призводити до погіршення точності вимірювань, зміни фізико-хімічних властивостей досліджуваних речовин та зниження надійності електронних компонентів[1].

Відносна вологість повітря також має суттєвий вплив на лабораторні процеси. Зазвичай рекомендований рівень вологості знаходиться в межах 40–60 %. Занадто низька вологість може спричинити накопичення статичної електрики, що негативно впливає на електронні прилади, тоді як надмірна вологість сприяє корозії обладнання та розвитку мікроорганізмів.

Важливим параметром є концентрація газів у повітрі, зокрема вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), чадного газу (CO) та летких органічних сполук (VOC). Підвищений рівень CO<sub>2</sub> свідчить про недостатню вентиляцію приміщення та може негативно впливати на працездатність персоналу.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наявність шкідливих газів у перевищених концентраціях становить потенційну небезпеку для здоров'я[2].

Рівень освітленості визначає умови візуального сприйняття та точність виконання лабораторних операцій. Для лабораторій зазвичай встановлюються нормативні значення освітленості в межах 300–500 лк залежно від характеру виконуваних робіт. Недостатнє освітлення може призводити до підвищеної втомлюваності та зниження точності роботи.

Сукупність наведених параметрів визначає належність лабораторного приміщення до певного класу за умовами мікроклімату. У даній роботі система орієнтована на приміщення класу Б — приміщення з нормованими (оптимальними) умовами мікроклімату, що відповідають категорії робіт Ia (легка фізична робота, яку виконують сидячи) згідно з ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» та ДСТУ EN ISO 7730. Для приміщень цього класу встановлено такі нормовані діапазони: температура повітря 22–24 °С, відносна вологість 40–60 %, освітленість робочих місць 300–500 лк, а також відсутність перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих газів. Саме на підтримання та контроль цих норм орієнтована розроблювана система[3].

Окрім зазначених параметрів, важливим є також контроль якості повітря, що включає наявність пилу, аерозолів та біологічних забруднень. У спеціалізованих лабораторіях (наприклад, хімічних або біологічних) ці показники мають критичне значення та регламентуються відповідними стандартами[4].

Забезпечення стабільних параметрів навколишнього середовища є важливим завданням, що безпосередньо впливає на безпеку, ефективність та точність лабораторної діяльності. Це обумовлює необхідність розробки автоматизованих систем контролю мікроклімату, здатних у реальному часі вимірювати, аналізувати та регулювати відповідні показники.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2. Аналіз існуючих систем контролю мікроклімату

На сьогодні існує широкий спектр систем контролю мікроклімату, які застосовуються у житлових, промислових та лабораторних приміщеннях. Їх розвиток обумовлений необхідністю забезпечення комфортних умов, підвищення енергоефективності та автоматизації процесів управління параметрами середовища[5].

Сучасні системи контролю мікроклімату умовно можна поділити на три основні групи: локальні (автономні), централізовані та інтелектуальні (адаптивні) системи.

Локальні системи є найпростішими за структурою і призначені для контролю окремих параметрів, таких як температура або вологість. До них належать термостати, гігрометри та прості регулятори. Основною перевагою таких систем є їх низька вартість та простота реалізації. Однак вони не забезпечують комплексного контролю мікроклімату та не дозволяють ефективно координувати роботу різних пристроїв.

Централізовані системи базуються на єдиному керуючому контролері, який обробляє дані від декількох датчиків і керує виконавчими пристроями (вентиляторами, кондиціонерами, нагрівачами тощо). Такі системи широко використовуються в HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning) комплексах. Вони забезпечують узгоджену роботу всіх елементів системи та підтримання заданих параметрів мікроклімату. Основними компонентами є датчики, контролери та виконавчі механізми, які працюють у єдиній системі управління[6].

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

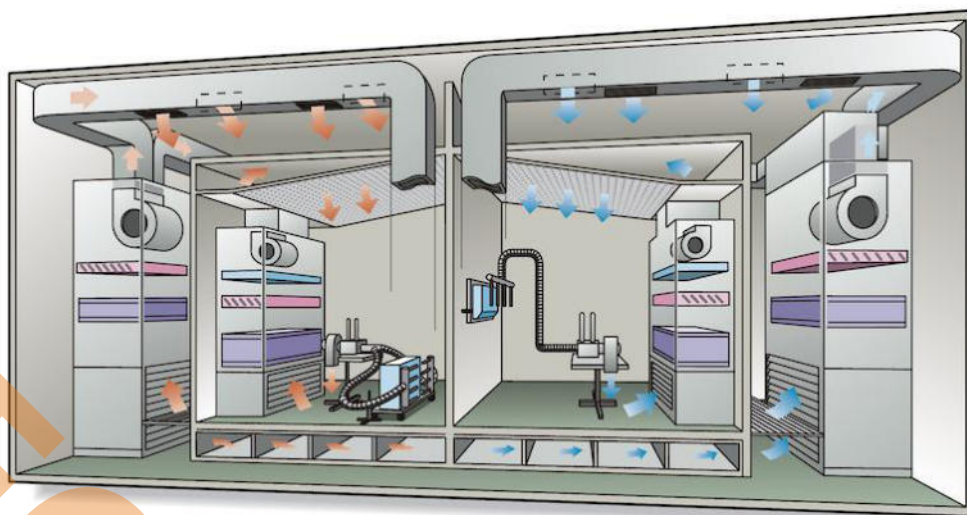


Рис.1.1 – HVAC система для лабораторій та інженерії

Сучасні HVAC-системи можуть включати інтелектуальні контролери, які аналізують параметри середовища та автоматично регулюють режими роботи обладнання. Наприклад, використання датчиків температури, вологості та концентрації газів дозволяє оперативно реагувати на зміни умов та підтримувати стабільний мікроклімат[7].

Інтелектуальні (адаптивні) системи є найбільш перспективним напрямком розвитку. Вони використовують методи математичного моделювання, машинного навчання та прогнозування для оптимізації роботи системи. Такі системи здатні враховувати зовнішні фактори (погодні умови, присутність людей, теплові навантаження) та динамічно змінювати режими роботи обладнання. Застосування подібних підходів дозволяє значно знизити енергоспоживання та підвищити ефективність системи [8].

Окрему категорію становлять системи на базі концепції «розумного будинку», які інтегрують контроль мікроклімату з іншими інженерними системами будівлі. У таких системах забезпечується координація роботи опалення, вентиляції, кондиціонування та додаткових функцій (зволоження, очищення повітря), що дозволяє досягти високого рівня комфорту та енергоефективності[9].

Незважаючи на значні переваги сучасних систем, вони мають і певні недоліки. До основних з них належать висока вартість впровадження, складність налаштування та залежність від програмного забезпечення. Крім того, багато існуючих рішень є надлишково складними для використання в невеликих лабораторних приміщеннях.

В підсумку, аналіз існуючих систем контролю мікроклімату показує, що найбільш ефективними є автоматизовані та інтелектуальні системи, які забезпечують комплексний контроль параметрів середовища. Водночас актуальним залишається завдання розробки доступних, гнучких та масштабованих систем, орієнтованих на специфічні умови лабораторних приміщень.

### 1.3. Огляд сучасних датчиків температури, вологості, газів та освітленості

Функціонування систем контролю мікроклімату базується на використанні сенсорних пристроїв, призначених для вимірювання параметрів навколишнього середовища. Точність, стабільність та швидкодія таких систем значною мірою визначаються характеристиками застосованих датчиків. До основних контрольованих параметрів належать температура, відносна вологість повітря, концентрація газів та рівень освітленості.

Датчики температури та вологості представлені широким спектром аналогових і цифрових рішень. У вбудованих системах найбільш поширеними є інтегровані цифрові сенсори, зокрема DHT11, DHT22 (AM2302) та BME280. Вказані пристрої забезпечують одночасне вимірювання температури та відносної вологості з передачею результатів у цифровому форматі. Наприклад, датчик DHT22 характеризується діапазоном вимірювання температури від  $-40$  до  $+80$  °C та відносної вологості 0–100 %, із типовою похибкою  $\pm 0,5$  °C та 2–5 % відповідно. Його застосування спрощує схемотехнічну реалізацію завдяки відсутності потреби в додатковому аналого-цифровому перетворенні.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Водночас обмеженням є невисока швидкість оновлення даних та залежність точності від зовнішніх умов[10].

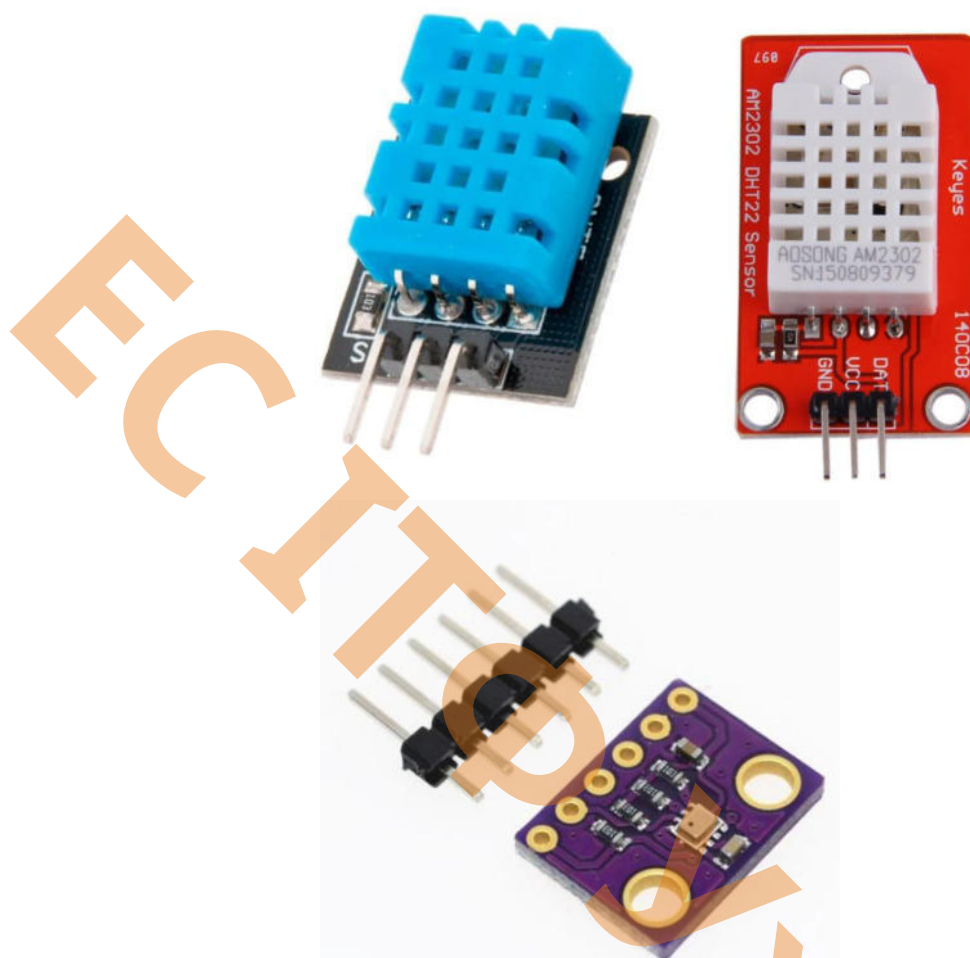


Рис.1.2 – Датчики DHT11, DHT22 (AM2302) та BME280

Альтернативним рішенням для вимірювання температури є цифрові датчики типу DS18B20, які реалізують інтерфейс 1-Wire та забезпечують розширений температурний діапазон ( $-55...+125$  °C) і підвищену точність. Їх використання доцільне у випадках, коли контроль вологості не є необхідним.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

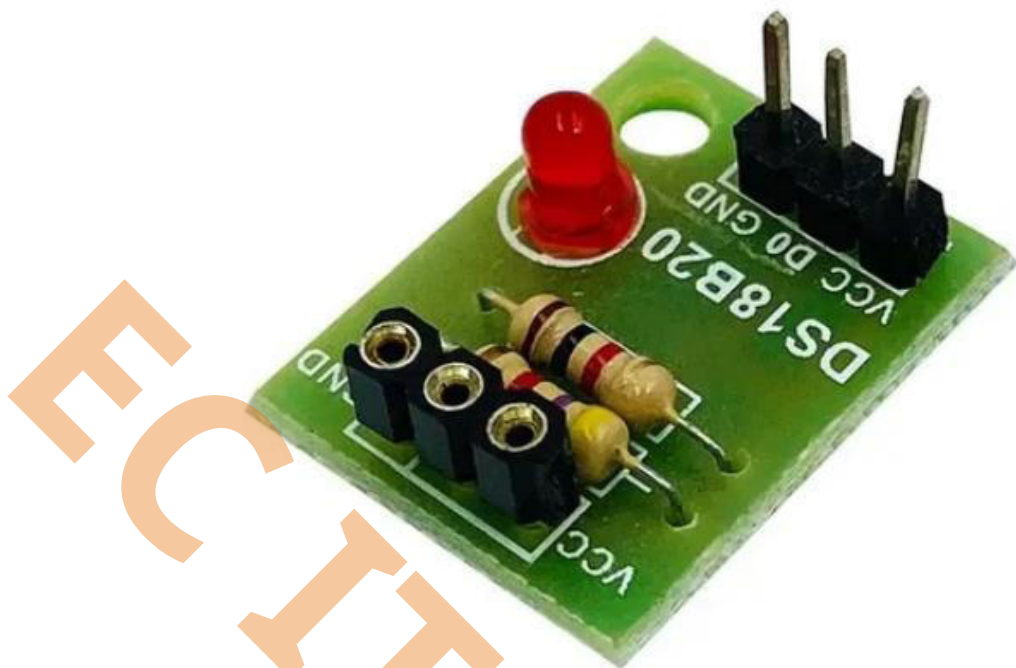


Рис.1.3 – Датчик DS18B20

Контроль газового складу повітря здійснюється за допомогою сенсорів різних типів, серед яких поширеними є напівпровідникові датчики серії MQ. Зокрема, MQ-135 застосовується для оцінки якості повітря та виявлення таких газів, як аміак, чадний газ, вуглекислий газ та леткі органічні сполуки. Принцип дії цих датчиків базується на зміні електричного опору чутливого шару під впливом адсорбованих газових молекул. Сигнал з датчика подається у вигляді аналогової напруги, що потребує подальшої обробки за допомогою аналого-цифрового перетворювача. Характерними особливостями є необхідність попереднього прогріву, низька селективність та залежність показів від температури і вологості[11].

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис.1.4 – Детектори газу MQ-135 Sensor

Для підвищення точності вимірювання концентрації окремих газів використовуються інфрачервоні (NDIR) датчики, зокрема для CO<sub>2</sub>, а також цифрові сенсори летких органічних сполук (VOC). Такі пристрої забезпечують вищу точність і стабільність вимірювань, проте відзначаються більшою вартістю та складністю інтеграції.

Вимірювання рівня освітленості реалізується за допомогою фоторезистивних або цифрових сенсорів. Аналогові фоторезистори характеризуються простотою та низькою вартістю, однак мають обмежену точність і потребують додаткових схем обробки сигналу. Більш досконалі є цифрові датчики освітленості, зокрема BH1750, які забезпечують пряме вимірювання освітленості в люксах у широкому діапазоні. Використання інтерфейсу I<sup>2</sup>C спрощує інтеграцію таких датчиків у мікроконтролерні системи, а також забезпечує високу повторюваність результатів вимірювань[12].

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

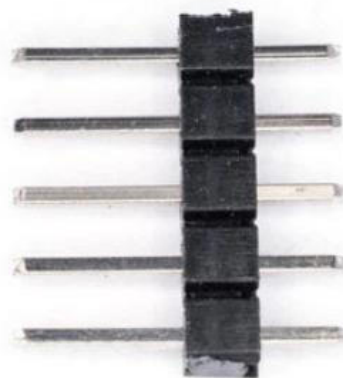


Рис.1.5 – Датчик освітлення BH1750

Порівняльний аналіз сучасних сенсорів свідчить про доцільність використання комбінованих цифрових датчиків для контролю температури та вологості, напівпровідникових сенсорів для базового моніторингу якості повітря та цифрових датчиків освітленості для забезпечення точного вимірювання світлових параметрів. Комплексне застосування зазначених типів сенсорів дозволяє сформувати інформативну систему моніторингу стану навколишнього середовища.

#### 1.4. Аналіз мікроконтролерних платформ для реалізації системи

Реалізація систем контролю мікроклімату передбачає використання мікроконтролерних платформ, які забезпечують збір, обробку та передачу даних від сенсорних елементів, а також керування виконавчими пристроями. Вибір відповідної платформи визначається вимогами до обчислювальної продуктивності, енергоспоживання, кількості інтерфейсів введення-виведення та можливостей інтеграції з іншими системами.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Серед найбільш поширених платформ для побудови вбудованих систем виділяються рішення на базі мікроконтролерів сімейств AVR, ARM Cortex-M та ESP.

Платформи на основі мікроконтролерів AVR (наприклад, Arduino Uno на базі ATmega328P) характеризуються простотою використання, широкою доступністю та значною кількістю готових бібліотек. Вони забезпечують достатній рівень продуктивності для реалізації базових функцій збору даних і керування. До переваг належать низька вартість, простота програмування та велика спільнота користувачів. Обмеженням є невисока тактова частота, обмежений обсяг оперативної пам'яті та відсутність вбудованих засобів бездротового зв'язку[13].

Мікроконтролери сімейства ARM Cortex-M (зокрема STM32) забезпечують значно вищу продуктивність, розширений набір периферійних модулів та гнучкі можливості конфігурації. Вони підтримують широкий спектр інтерфейсів (I<sup>2</sup>C, SPI, UART, ADC, DAC), що дозволяє інтегрувати різноманітні сенсори та виконавчі пристрої. Перевагами є висока швидкодія, енергоефективність та масштабованість. Разом з тим, їх використання потребує більш глибоких знань у галузі програмування та налаштування периферії.

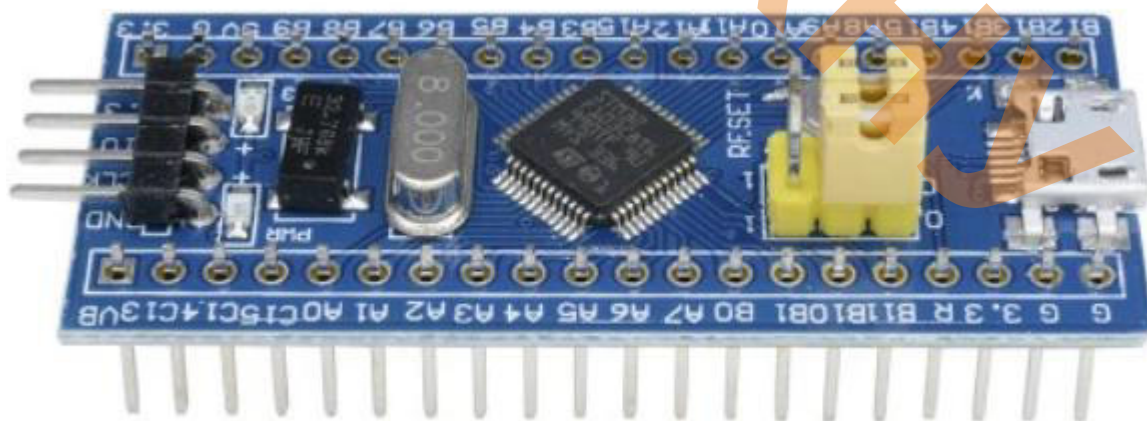


Рис.1.6 – Контролер STM32F103C8T6 ARM 32 Cortex-M3 STM32

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Окрему групу становлять мікроконтролерні платформи з інтегрованими засобами бездротового зв'язку, зокрема ESP8266 та ESP32. Дані рішення поєднують у собі обчислювальні можливості мікроконтролера та модулі Wi-Fi (а у випадку ESP32 – також Bluetooth). Це дозволяє реалізовувати функції віддаленого моніторингу та передачі даних у мережу без використання додаткових модулів. Платформа ESP32 характеризується вищою продуктивністю, наявністю двоядерного процесора, значним обсягом оперативної пам'яті та широким набором периферійних інтерфейсів[14].

Порівняльний аналіз зазначених платформ показує, що AVR-рішення доцільні для простих систем із обмеженим функціоналом, де не передбачено складної обробки даних або мережевої взаємодії. Платформи STM32 є ефективними для задач, що потребують високої точності, швидкодії та розширених можливостей обробки сигналів. Мікроконтролери ESP8266 та ESP32 є оптимальними для реалізації систем з функціями дистанційного моніторингу та інтеграції в мережеву інфраструктуру [15].

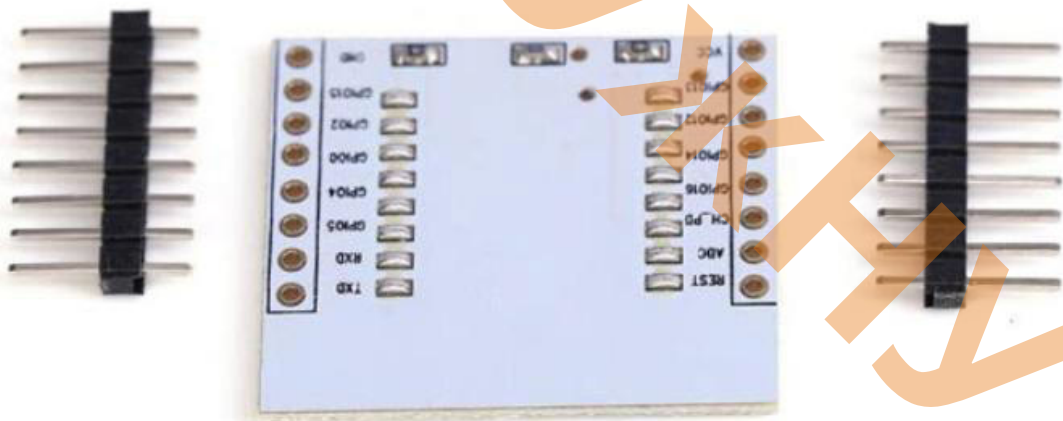


Рис.1.7 – Плата-адаптер для ESP8266

Вибір конкретної мікроконтролерної платформи для системи контролю мікроклімату має базуватися на балансі між функціональністю, вартістю та складністю реалізації. Для лабораторних систем доцільним є використання

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

платформ із підтримкою бездротового зв'язку, що забезпечує можливість віддаленого доступу до даних та підвищує гнучкість системи[16].

### 1.5. Постановка задачі та формування технічних вимог

Аналіз параметрів навколишнього середовища лабораторних приміщень, існуючих систем контролю мікроклімату, сучасних сенсорних елементів та мікроконтролерних платформ свідчить про доцільність розробки автоматизованої системи моніторингу, здатної забезпечити комплексний контроль основних параметрів мікроклімату в реальному часі.

Основною задачею даної роботи є розробка мікроконтролерної системи контролю параметрів навколишнього середовища лабораторного приміщення, яка забезпечує вимірювання температури, відносної вологості, рівня освітленості та якості повітря з подальшою обробкою, відображенням та передачею отриманих даних.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі підзадачі:

- провести вибір та обґрунтування сенсорних елементів для вимірювання заданих параметрів;
- визначити оптимальну мікроконтролерну платформу з урахуванням вимог до продуктивності та функціональності;
- розробити структурну та принципову електричну схеми системи;
- реалізувати алгоритм збору, обробки та передачі даних;
- виконати моделювання та дослідження роботи системи;
- здійснити програмну реалізацію та тестування розробленого рішення.

Формування технічних вимог до системи базується на необхідності забезпечення стабільної, точної та надійної роботи в умовах лабораторного середовища.

До основних функціональних вимог належать:

- безперервний або періодичний моніторинг температури, вологості, освітленості та концентрації газів;

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- обробка вимірних даних у реальному часі;
- можливість відображення інформації на локальному інтерфейсі або передачі на зовнішні пристрої;
- забезпечення можливості масштабування системи шляхом підключення додаткових сенсорів.

До нефункціональних вимог відносяться:

- достатня точність вимірювань відповідно до характеристик обраних датчиків;
- надійність функціонування та стійкість до впливу зовнішніх факторів;
- енергоефективність системи;
- простота апаратної та програмної реалізації;
- мінімізація вартості компонентної бази.

Окремо слід виділити вимоги до апаратної частини системи, які включають наявність необхідних інтерфейсів (I<sup>2</sup>C, UART, ADC), сумісність із цифровими та аналоговими датчиками, а також забезпечення стабільного живлення. Вимоги до програмного забезпечення передбачають реалізацію алгоритмів фільтрації та обробки сигналів, а також забезпечення надійної передачі даних.

Сформульовані задачі та технічні вимоги визначають подальші етапи проектування системи контролю мікроклімату та слугують основою для розробки її структурної та схемотехнічної реалізації.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ

### 2.1. Загальна архітектура системи контролю

Загальна архітектура системи контролю параметрів навколишнього середовища для лабораторних приміщень побудована за модульним принципом, що забезпечує гнучкість, надійність та можливість подальшого розширення функціональних можливостей. Основним призначенням системи є безперервний контроль температури, вологості повітря, концентрації газів та рівня освітленості з подальшою передачею даних для аналізу й відображення користувачу.

Основу системи становить центральний мікроконтролер, який виконує функції збору, обробки та передачі інформації. До мікроконтролера підключаються сенсорні модулі, що здійснюють вимірювання параметрів середовища в режимі реального часу. Отримані сигнали надходять до блоку обробки, де здійснюється фільтрація, перетворення та порівняння із заданими допустимими межами[17].

Архітектурно система складається з таких основних функціональних блоків:

- блоку сенсорів;
- блоку обробки даних;
- блоку індикації;
- блоку сигналізації;
- блоку передачі даних;
- джерела живлення.

Блок сенсорів включає датчики температури та вологості (DHT22), освітленості (BH1750) і газового складу повітря (MQ-135). Цифрові датчики DHT22 і BH1750 передають результати вимірювання у вигляді цифрового коду через інтерфейси 1-Wire та I<sup>2</sup>C відповідно, а газовий датчик MQ-135 формує аналоговий сигнал, який оцифровується вбудованим АЦП

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроконтролера. Блок обробки даних на базі мікроконтролера аналізує отриману інформацію та визначає відповідність параметрів нормам мікроклімату приміщення класу Б.

Для відображення поточних параметрів використовується дисплейний модуль, на який виводяться результати вимірювання. У разі перевищення допустимих значень система активує блок сигналізації, який може реалізовувати звукове або світлове попередження персоналу. Передача інформації до зовнішнього пристрою або комп'ютера здійснюється через бездротовий або дротовий інтерфейс зв'язку[18].

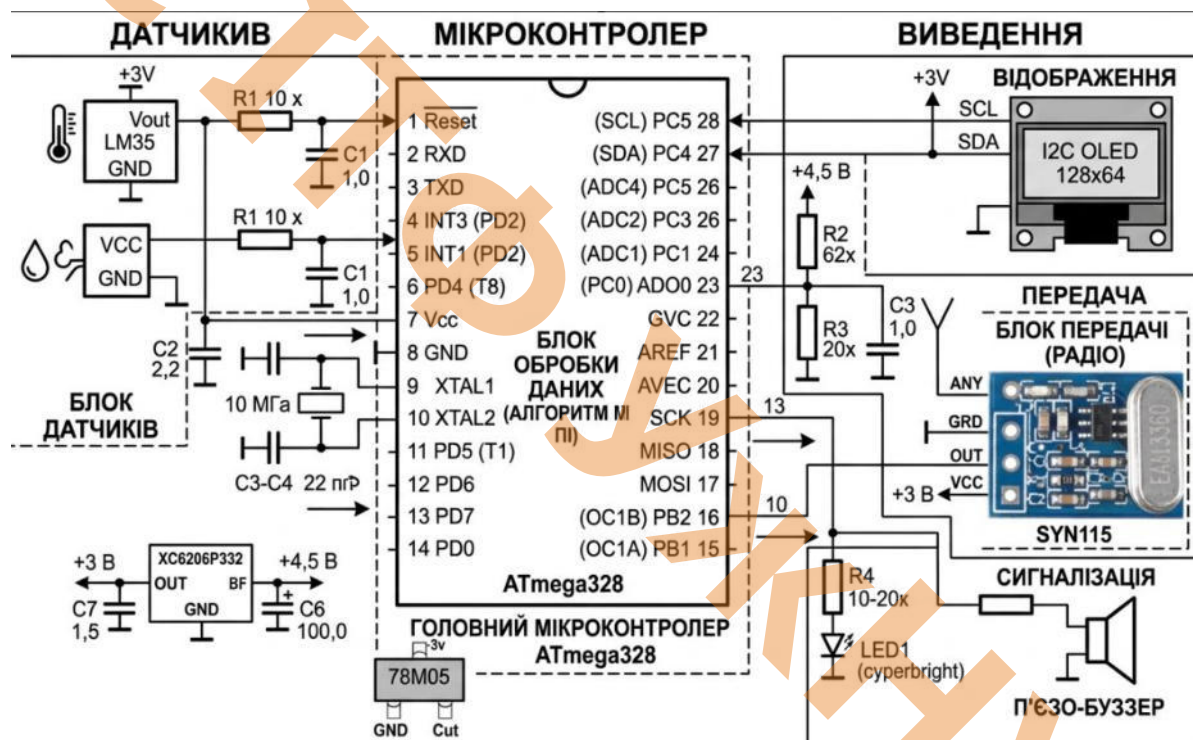


Рис.2.1 – Структурна взаємодія елементів

Запропонована архітектура дозволяє забезпечити стабільний моніторинг параметрів навколишнього середовища в лабораторних приміщеннях та своєчасне реагування на відхилення від нормативних умов.

## 2.2. Обґрунтування вибору основних компонентів

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	

Як центральний елемент системи контролю параметрів навколишнього середовища обрано мікроконтролер ATmega328P. Вибір даного мікроконтролера обумовлений оптимальним співвідношенням між продуктивністю, енергоспоживанням та функціональними можливостями, необхідними для реалізації системи моніторингу.

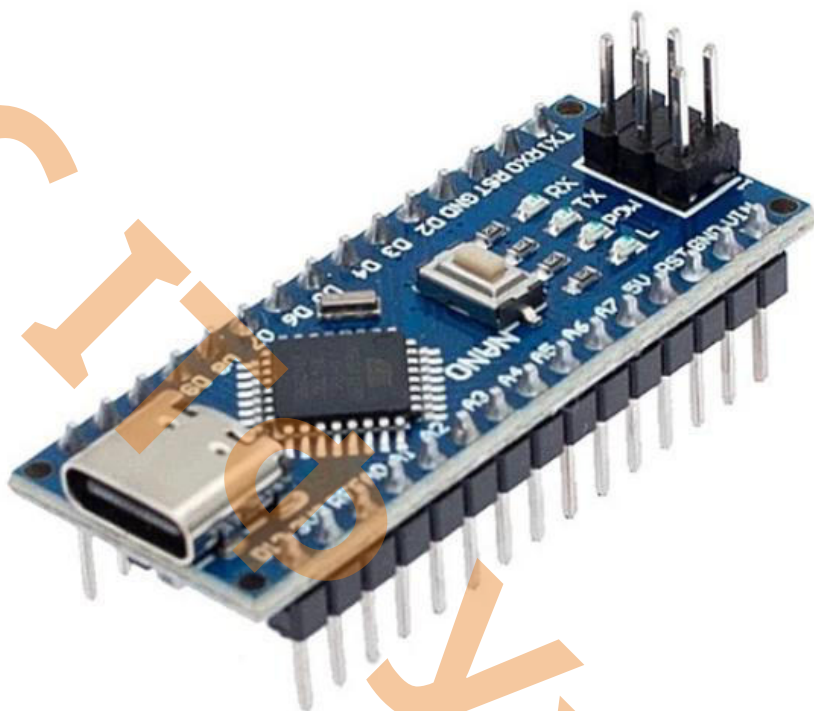


Рис.2.2 – Мікроконтролер ATmega328P

Мікроконтролер побудований на основі 8-бітної RISC-архітектури, що забезпечує виконання більшості команд за один машинний цикл. Завдяки цьому досягається достатня швидкодія для обробки даних у режимі реального часу, що є важливим для безперервного контролю параметрів навколишнього середовища[19].

Важливою перевагою є наявність вбудованого 10-бітного аналого-цифрового перетворювача, який дозволяє безпосередньо підключати аналоговий газовий датчик MQ-135 без застосування зовнішніх перетворювальних модулів; цифрові датчики DHT22 і BH1750 підключаються

через інтерфейси 1-Wire та I<sup>2</sup>C. Таке поєднання спрощує схему пристрою, зменшує кількість компонентів та підвищує загальну надійність системи.

Для зниження енергоспоживання мікроконтролер підтримує декілька режимів енергозбереження, зокрема режими сну. Використання цих режимів дозволяє значно зменшити споживання електроенергії, що є важливим при автономному живленні системи від акумулятора або резервного джерела живлення.

Додатковою перевагою є широке поширення мікроконтролера у вбудованих системах, зокрема у платформах Arduino Uno та Arduino Nano. Це забезпечує доступність технічної документації, готових програмних бібліотек та спрощує процес програмної реалізації системи[20].

Для реалізації блоку бездротової передачі даних у системі обрано передавальний модуль SYN115, який забезпечує передавання інформації між вимірювальним пристроєм і приймальним вузлом. Використання даного модуля обумовлено його простотою, низьким енергоспоживанням та достатніми технічними характеристиками для систем моніторингу параметрів навколишнього середовища.

Модуль працює за методом амплітудної маніпуляції сигналу ASK/OOK, що дозволяє передавати цифрові дані з мінімальною складністю апаратної реалізації. Такий принцип передачі є ефективним для систем, у яких необхідне періодичне надсилання невеликих пакетів інформації[21].

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

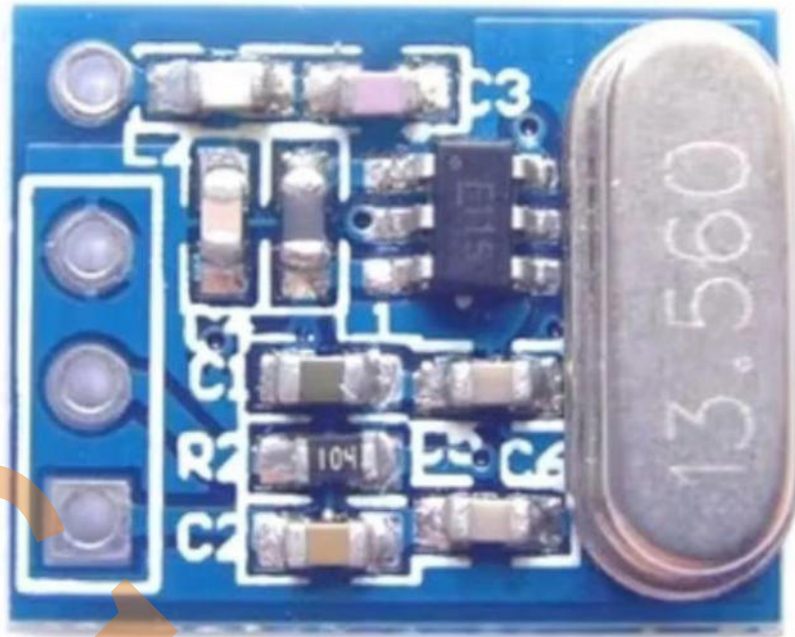


Рис.2.3 – Передавач SYN115

Передавач підтримує роботу в діапазоні частот від 300 до 450 МГц, при цьому найчастіше використовується частота 433,92 МГц, яка належить до промислового діапазону ISM та широко застосовується в малопотужних бездротових пристроях. Використання цього діапазону дозволяє забезпечити стабільний зв'язок на коротких і середніх відстанях у межах лабораторного приміщення.

Перевагою модуля є проста схема підключення, яка потребує мінімальної кількості зовнішніх компонентів. Це спрощує розробку друкованої плати, зменшує собівартість пристрою та підвищує загальну надійність системи.

Особливу увагу при виборі модуля приділено його енергетичним характеристикам. У режимі очікування струм споживання становить менше 1 мкА, що дозволяє ефективно використовувати його в автономних пристроях. Завдяки цьому система може перебувати в режимі зниженого енергоспоживання та активувати передачу лише в моменти надсилання вимірних даних.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

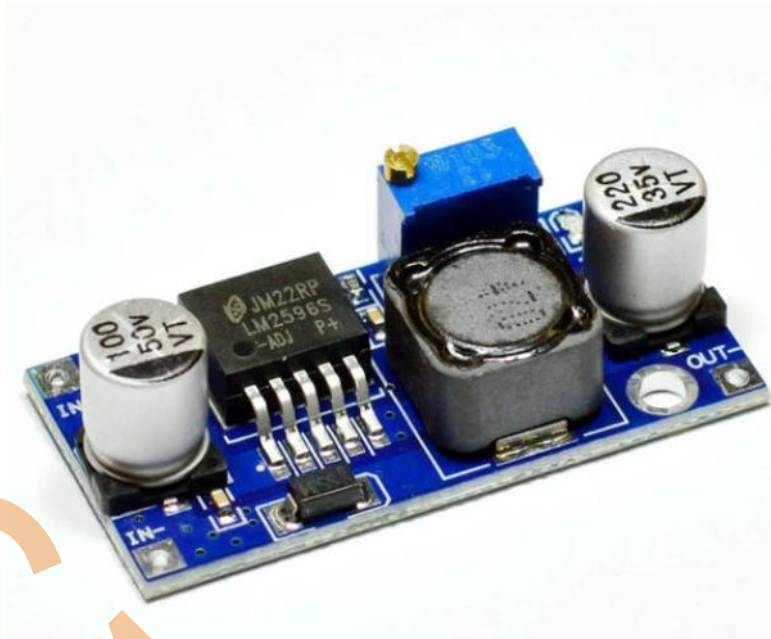


Рис.2.4 – LDO-стабілізатор

Для забезпечення стабільної роботи всіх функціональних вузлів системи передбачено блок живлення та стабілізації напруги, побудований на основі лінійних стабілізаторів з малим падінням напруги типу LDO. Застосування стабілізаторів цього класу, зокрема серії XC6206 або їх аналогів, дозволяє підтримувати постійну вихідну напругу навіть за незначної різниці між вхідною та вихідною напругою.

Основною перевагою LDO-стабілізаторів є можливість коректної роботи системи при поступовому зниженні напруги джерела живлення. Це особливо важливо для автономних пристроїв, що живляться від акумуляторів або батарей, оскільки мікроконтролер та периферійні модулі повинні стабільно функціонувати навіть при зменшенні напруги живлення до рівня, близького до робочої напруги 3,3 В.

Для зменшення впливу електромагнітних завад і забезпечення стійкої роботи цифрових компонентів у схемі використано фільтрувальні конденсатори. Електролітичні та керамічні конденсатори, встановлені на вході та виході стабілізатора, виконують функцію згладжування пульсацій напруги та пригнічення високочастотних перешкод, які можуть виникати під час

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

роботи бездротового модуля передачі даних.

Конденсатори C6 і C7 забезпечують локальну стабілізацію живлення мікроконтролера, знижують рівень шумів у колі живлення та підвищують надійність роботи системи в умовах зміни навантаження. Завдяки цьому досягається стабільна робота вимірювальних каналів і передавального модуля без спотворення даних та збоїв у роботі пристрою.

Для візуального контролю роботи системи у схемі передбачено блок індикації та сигналізації, основним елементом якого є світлодіод LED1. Даний елемент використовується для відображення поточного стану пристрою, зокрема підтвердження успішної передачі даних, переходу системи в робочий режим або сигналізації про виникнення аварійної ситуації.

У системі доцільно застосувати над'яскравий світлодіод типу Superbright, який забезпечує достатню видимість світлового сигналу навіть при малому струмі споживання. Це дозволяє зменшити навантаження на джерело живлення та підвищити енергоефективність пристрою, що є важливим для автономних систем контролю.

Обмеження струму через світлодіод здійснюється за допомогою резистора R4, який забезпечує безпечний режим роботи індикатора та захищає його від перевантаження. Правильно підібране значення опору дозволяє отримати необхідну яскравість світіння при мінімальному енергоспоживанні.

Використання світлодіодного індикатора підвищує зручність експлуатації системи, оскільки дозволяє оператору швидко оцінити стан пристрою без підключення додаткових засобів контролю.

Для забезпечення стабільної роботи мікроконтролера в системі використовується зовнішній кварцовий резонатор з частотою 8 МГц. Застосування зовнішнього джерела тактових імпульсів дозволяє підвищити точність формування часових інтервалів у порівнянні з внутрішнім RC-генератором мікроконтролера.

Основною перевагою кварцового резонатора є висока стабільність частоти, яка практично не залежить від змін температури, напруги живлення

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та зовнішніх умов експлуатації. Це особливо важливо для систем контролю, у яких використовується передача даних через послідовні інтерфейси зв'язку.

Під час роботи інтерфейсів UART або бездротового передавання даних точність часових параметрів безпосередньо впливає на правильність формування та приймання інформаційних бітів. Навіть незначне відхилення частоти тактування може спричинити порушення синхронізації між передавачем і приймачем, що призводить до помилок передавання.

Використання зовнішнього кварцового резонатора частотою 16 МГц забезпечує необхідну точність роботи цифрових інтерфейсів, підвищує надійність функціонування системи та гарантує коректну обробку й передачу даних у реальному часі.

### 2.3. Розробка структурної схеми

Структурна схема системи контролю параметрів навколишнього середовища для лабораторних приміщень розроблена з метою визначення основних функціональних блоків та встановлення логічних зв'язків між ними. Вона відображає загальну організацію системи без деталізації електричних з'єднань і призначена для подальшого схемотехнічного та програмного проєктування.

Запропонована система побудована за модульним принципом і включає такі основні блоки:

- блок первинних вимірювальних перетворювачів (датчики температури, вологості, освітленості та газового складу повітря);
- блок обробки даних на базі мікроконтролера;
- блок індикації стану системи;
- блок сигналізації аварійних режимів;
- блок бездротової передачі даних;
- блок стабілізованого живлення.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Блок датчиків забезпечує перетворення фізичних параметрів навколишнього середовища в електричні сигнали, придатні для подальшої обробки. Отримані сигнали надходять до мікроконтролерного блока, який виконує їх аналіз, цифрову обробку та порівняння з допустимими пороговими значеннями.

Мікроконтролер є центральним керуючим елементом системи та координує роботу всіх функціональних вузлів. На основі отриманих даних він формує керуючі сигнали для індикації, сигналізації та передачі інформації.

Блок індикації використовується для відображення поточних значень вимірюваних параметрів і стану системи. У разі перевищення допустимих меж параметрів навколишнього середовища активується блок сигналізації, який забезпечує оповіщення користувача.

Передача даних до зовнішнього пристрою здійснюється через модуль бездротового зв'язку, що забезпечує можливість дистанційного моніторингу. Стабілізоване живлення гарантує коректну роботу всіх вузлів системи та їх захист від перепадів напруги.

#### 2.4. Опис взаємодії між функціональними вузлами

Взаємодія між функціональними вузлами системи контролю параметрів навколишнього середовища організована за ієрархічним принципом, де центральним керуючим елементом виступає мікроконтролер, який забезпечує координацію роботи всіх периферійних модулів.

На першому етапі роботи системи блок датчиків здійснює безперервне або періодичне вимірювання фізичних параметрів навколишнього середовища (температури, вологості, освітленості та концентрації газів). Отримані аналогові або цифрові сигнали передаються до мікроконтролера через відповідні інтерфейси введення даних[22].

Далі мікроконтролер виконує обробку отриманої інформації, яка включає оцифрування (за необхідності), фільтрацію шумів, усереднення

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

значень та порівняння з заданими пороговими рівнями. У випадку, якщо виміряні параметри перебувають у межах допустимих значень, система працює в штатному режимі.

Результати обробки передаються одночасно до кількох функціональних вузлів:

- до блоку індикації – для відображення поточних значень параметрів і стану системи;
- до блоку бездротової передачі даних – для відправки інформації на зовнішній приймальний пристрій;
- до блоку сигналізації – у разі виявлення аварійних або граничних режимів роботи.

У випадку перевищення встановлених порогових значень мікроконтролер формує керуючий сигнал для активації блоку сигналізації, що дозволяє оперативно інформувати користувача про відхилення параметрів від нормованих значень.

Блок живлення забезпечує стабільне електроживлення всіх вузлів системи та не бере безпосередньої участі в обробці даних, однак є критично важливим для коректної роботи всієї системи.

Таким чином, взаємодія функціональних вузлів реалізована через централізоване керування мікроконтролером, що забезпечує узгоджену роботу системи, своєчасну обробку даних та передачу інформації користувачу в режимі реального часу.

## 2.5. Алгоритм роботи системи

Алгоритм функціонування системи контролю параметрів навколишнього середовища побудований на основі циклічного опитування датчиків, обробки отриманих даних та прийняття рішень щодо подальших дій. Робота системи здійснюється в безперервному режимі після подачі живлення та ініціалізації всіх вузлів.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На першому етапі виконується ініціалізація мікроконтролера, налаштування портів введення/виведення, інтерфейсів обміну даними, а також запуск периферійних модулів (датчиків, блоку індикації та модуля передачі даних). Після завершення ініціалізації система переходить у робочий режим.

Далі в системі реалізується основний робочий цикл, який функціонує безперервно після завершення етапу ініціалізації. Його структура побудована таким чином, щоб забезпечити постійний контроль параметрів навколишнього середовища, оперативну обробку даних та своєчасне реагування на відхилення від встановлених норм[23].

На першому етапі циклу здійснюється опитування всіх підключених датчиків, які відповідають за вимірювання температури повітря, відносної вологості, рівня освітленості та концентрації газових домішок. Кожен датчик формує відповідний електричний сигнал, що відображає поточний стан контрольованого параметра.

Отримані сигнали надходять до мікроконтролера, де виконується їх оцифрування (у разі аналогового виходу датчиків) та первинна обробка. На цьому етапі застосовуються алгоритми фільтрації для зменшення впливу випадкових завад, а також усереднення значень для підвищення стабільності та точності вимірювань.

Після цього відбувається порівняння отриманих значень із заздалегідь заданими допустимими межами, які визначають нормальні умови експлуатації лабораторного приміщення. На основі результатів цього порівняння система приймає рішення щодо подальшого режиму роботи.

У випадку, коли всі виміряні параметри знаходяться в межах допустимих значень, система продовжує функціонування в штатному режимі без додаткових дій. Якщо ж виявляється перевищення хоча б одного з порогових значень, система переходить у режим аварійного сповіщення, що передбачає активне інформування користувача про критичні зміни умов середовища.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі оброблені та актуальні значення параметрів передаються на блок індикації, де вони відображаються у зручному для користувача вигляді в режимі реального часу.

Паралельно з індикацією виконується передача даних через модуль бездротового зв'язку до зовнішнього приймального пристрою, що дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг та подальший аналіз інформації.

У разі виявлення аварійних ситуацій додатково активується блок сигналізації, який забезпечує візуальне або звукове попередження користувача про небезпечні відхилення параметрів.

Після завершення всіх зазначених операцій алгоритм повертається на початок циклу, що забезпечує безперервний та циклічний характер роботи системи моніторингу навколишнього середовища.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

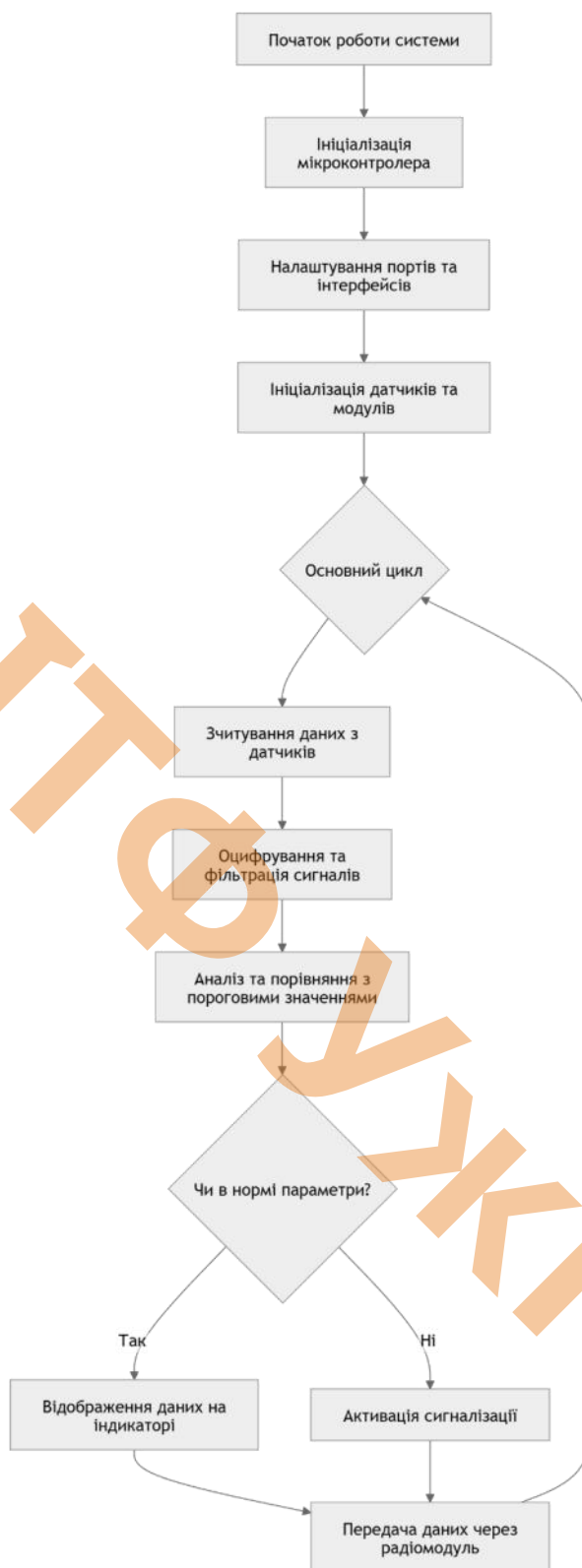


Рис.2.6 – Алгоритм роботи системи

Такий алгоритм забезпечує стабільну роботу системи в режимі реального часу, своєчасне виявлення відхилень параметрів та оперативне інформування користувача.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## РОЗДІЛ 3. СХЕМОТЕХНІЧНА РОЗРОБКА ТА РОЗРАХУНКИ

### 3.1. Розробка принципової електричної схеми

Принципова електрична схема системи контролю параметрів навколишнього середовища розробляється на основі раніше визначеної структурної організації та призначена для детального відображення електричних з'єднань між усіма функціональними вузлами пристрою. Вона забезпечує реалізацію апаратної частини системи та є основою для подальшого виготовлення друкованої плати.

Основним елементом схеми є мікроконтролер ATmega328P, який виконує функції обробки даних, керування периферійними пристроями та організації обміну інформацією. До його входів підключаються датчики температури, вологості, освітленості та газового середовища, які формують вхідні сигнали для подальшої цифрової обробки[24].

Для живлення мікроконтролера та периферійних модулів використовується стабілізоване джерело живлення з вихідною напругою 3,3 В. Стабілізація напруги реалізується за допомогою LDO-стабілізатора XC6206, що забезпечує стабільну роботу системи навіть при зниженні напруги живлення джерела.

У схемі також передбачено підключення кварцового резонатора 16 МГц, який забезпечує формування стабільного тактового сигналу для коректної роботи мікроконтролера та інтерфейсів обміну даними.

Для бездротової передачі інформації використовується радіомодуль SYN115, який підключається до одного з цифрових виходів мікроконтролера. Передача даних здійснюється за допомогою амплітудної маніпуляції сигналу, що дозволяє реалізувати простий та енергоефективний канал зв'язку.

Блок індикації реалізовано на основі світлодіода, який підключається через обмежувальний резистор. Він використовується для відображення поточного стану роботи системи або підтвердження виконання операцій

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передачі даних. У разі перевищення допустимих значень параметрів активується режим сигналізації.

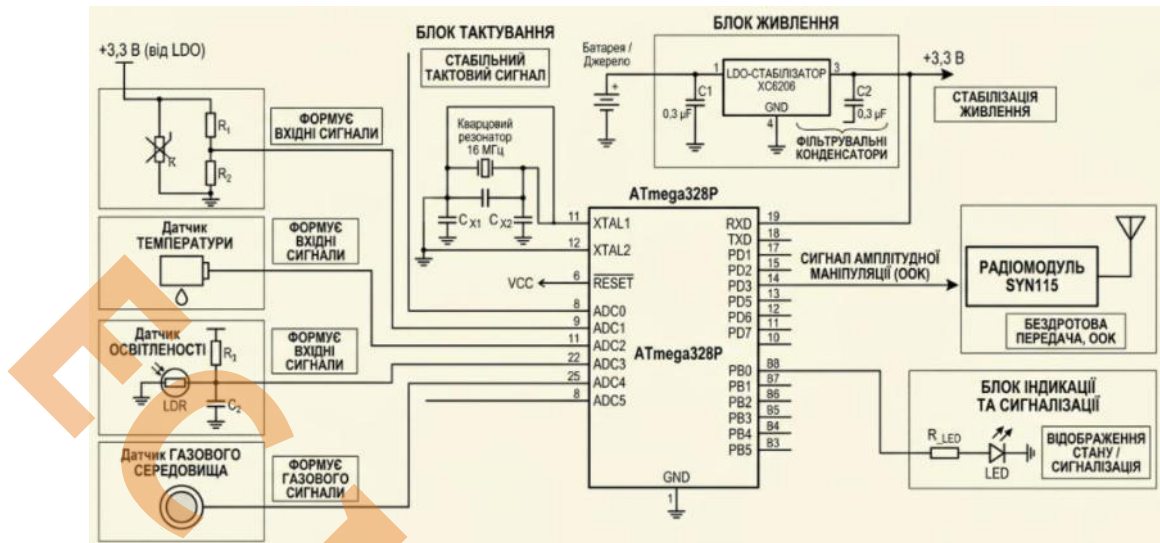


Рис.3.1 – Принципова схема

У схемі також передбачено фільтрувальні елементи (конденсатори), які встановлюються у колі живлення для зменшення рівня високочастотних завад та стабілізації роботи цифрових і радіочастотних компонентів.

### 3.2. Розрахунок вузла живлення

Розрахунок вузла живлення системи контролю параметрів навколишнього середовища виконується з метою забезпечення заданих режимів електроживлення всіх функціональних блоків при допустимому рівні пульсацій, достатньому енергетичному запасі та високій стабільності вихідної напруги.

Електроживлення системи здійснюється від джерела постійної напруги, яка далі стабілізується до рівня 3,3 В за допомогою лінійного стабілізатора з малим падінням напруги XC6206. Вибір LDO-стабілізатора обґрунтований низьким рівнем власних шумів, високою стабільністю вихідної напруги та можливістю роботи при малому різницевого значенні між вхідною та вихідною напругою[25].

Розрахунок навантаження вузла живлення базується на сумарному струмі споживання основних функціональних елементів системи:

- мікроконтролер ATmega328P:  $I_{MCU} \approx 5-15$  мА
- датчики параметрів середовища:  $I_{sens} \approx 2-20$  мА
- модуль бездротової передачі даних SYN115:  $I_{RF} \approx 10-15$  мА
- блок індикації:  $I_{LED} \approx 2-10$  мА

Сумарний струм споживання системи визначається як:

$$I_{\Sigma} = I_{MCU} + I_{sens} + I_{RF} + I_{LED} \quad (3.1)$$

У режимі максимального навантаження:

$$I_{\Sigma(max)} \approx 15 + 20 + 15 + 10 = 60 \text{ мА}$$

З урахуванням коефіцієнта запасу на пускові режими та можливі пікові навантаження приймається:

$$I_{розр} = (1.5 \div 2) \cdot I_{\Sigma(max)} \approx 90-120 \text{ мА}$$

Отримане значення визначає вимоги до стабілізатора напруги: номінальний струм навантаження повинен бути не меншим за 120 мА, що забезпечує роботу системи в усіх режимах без перевантаження елементів живлення.

Втрати потужності на лінійному стабілізаторі визначаються виразом:

$$P_{loss} = (U_{in} - U_{out}) \cdot I_{load} \quad (3.2)$$

де  $U_{in}$  – вхідна напруга джерела живлення,  $U_{out} = 3.3$  В,  $I_{load}$  – струм навантаження. Даний параметр є критичним для оцінки теплового режиму стабілізатора, однак у малопотужних системах залишається в допустимих межах.

Для зниження рівня пульсацій та підвищення стійкості до високочастотних завад у вузлі живлення застосовано розв'язувальні конденсатори на вході та виході стабілізатора. Вони забезпечують:

- фільтрацію високочастотних компонентів, що виникають у радіочастотному тракті;
- компенсацію імпульсних змін навантаження;
- підвищення стабільності роботи цифрових вузлів.

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Результати розрахунку підтверджують відповідність обраного вузла живлення вимогам системи. Використання LDO-стабілізатора забезпечує стабільний рівень вихідної напруги, достатній запас за струмом навантаження та допустимі теплові втрати, що гарантує надійну роботу всіх функціональних блоків у різних режимах експлуатації.

### 3.3. Розрахунок вимірювальних каналів

Розрахунок вимірювальних каналів системи контролю параметрів навколишнього середовища виконується з метою забезпечення необхідної точності перетворення фізичних величин (температури, вологості, освітленості та концентрації газів) у відповідні електричні сигнали, придатні для подальшої цифрової обробки мікроконтролером ATmega328P.

Вимірювальний канал у загальному випадку включає первинний вимірювальний перетворювач (датчик), коло узгодження сигналу та вхідний аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), який реалізовано в складі мікроконтролера. Основними параметрами, що визначають якість роботи вимірювального каналу, є похибка вимірювання, роздільна здатність АЦП та рівень завадостійкості[26].

Мікроконтролер ATmega328P містить вбудований 10-бітний АЦП, що забезпечує дискретизацію вхідного сигналу з роздільною здатністю:

$$\Delta U = \frac{U_{ref}}{2^{10}} \quad (3.3)$$

де  $U_{ref}$  – опорна напруга АЦП. При  $U_{ref}=3.3$  В:

$$\Delta U \approx 3.22 \text{ мВ}$$

Отримане значення визначає мінімальний крок вимірювання аналогових сигналів у системі.

Для датчиків температури, вологості та освітленості вихідні сигнали формуються у вигляді напруги, яка пропорційна вимірюваному параметру. Для коректної роботи вимірювального каналу необхідно забезпечити

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

узгодження діапазону вихідної напруги датчика з діапазоном входу АЦП, що виключає насичення або втрату роздільної здатності.

Рівень похибки вимірювання визначається сукупністю таких факторів:

- квантова похибка АЦП;
- похибка первинного датчика;
- вплив електромагнітних завад у лініях передачі сигналу;
- нестабільність опорної напруги.

Для зменшення впливу випадкових завад у вимірювальних каналах застосовується апаратна та програмна фільтрація сигналів, зокрема використання розв'язувальних конденсаторів та алгоритмів усереднення вибірок.

Радіочастотний модуль SYN115 не входить безпосередньо до складу вимірювального каналу, однак впливає на його завадостійкість через можливі наведення у ланцюгах живлення та сигналу, що враховується при проектуванні фільтрувальних елементів.

Вимірювальні канали температури, вологості, освітленості та газового середовища реалізуються за уніфікованою структурою, що дозволяє забезпечити однакові принципи обробки сигналів та спрощує програмну реалізацію системи.

З урахуванням виконаного аналізу встановлено, що обрані параметри вимірювальних каналів забезпечують необхідну точність, стабільність та завадостійкість роботи системи в умовах лабораторного середовища.

### 3.4. Розрахунок аналогових та цифрових інтерфейсів

Розрахунок аналогових та цифрових інтерфейсів системи контролю параметрів навколишнього середовища виконується з метою забезпечення коректного узгодження рівнів сигналів між датчиками, виконавчими елементами та мікроконтролером ATmega328P, а також гарантування надійної передачі даних без спотворень і втрат інформації.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогові інтерфейси системи реалізуються через вбудований аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) мікроконтролера. Вхідні сигнали від датчиків температури, вологості та освітленості повинні відповідати допустимому діапазону вхідної напруги АЦП, який визначається рівнем опорної напруги  $U_{ref}=3.3 \text{ В}$ . Для забезпечення коректного вимірювання виконується масштабування вихідних сигналів датчиків та їх узгодження з діапазоном АЦП.

Важливим параметром аналогового інтерфейсу є вхідний опір каналу вимірювання та час встановлення сигналу на вході АЦП. Для зменшення впливу імпульсних завад передбачено використання розв'язувальних конденсаторів, які забезпечують фільтрацію високочастотних складових сигналу та стабілізацію напруги на вході перетворювача.

Цифрові інтерфейси системи використовуються для обміну даними між мікроконтролером та периферійними пристроями, зокрема блоком індикації, сигналізації та модулем бездротової передачі SYN115. Передача даних здійснюється у вигляді послідовних цифрових сигналів із заданими часовими параметрами.

Основними вимогами до цифрових інтерфейсів є:

- узгодження логічних рівнів сигналів (0–3,3 В);
- забезпечення стабільної синхронізації передачі даних;
- мінімізація спотворень сигналу на довгих лініях зв'язку;
- завадостійкість у умовах роботи радіочастотних вузлів.

Для підвищення надійності цифрових ліній передбачено використання обмежувальних резисторів, фільтрувальних елементів та оптимальне трасування друкованої плати з мінімізацією довжини сигнальних провідників.

Окрему увагу приділено взаємодії цифрових інтерфейсів із радіочастотним модулем, оскільки імпульсний характер роботи передавача може спричиняти електромагнітні завади. Для їх зменшення застосовано розв'язку живлення та локальну фільтрацію біля вузлів передачі даних.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ				

Отримані результати розрахунку підтверджують, що обрані параметри аналогових і цифрових інтерфейсів забезпечують коректну взаємодію всіх функціональних блоків системи та стабільну передачу інформації в умовах лабораторної експлуатації.

### 3.5. Розрахунок елементів узгодження та фільтрації сигналів

Розрахунок елементів узгодження та фільтрації сигналів виконується з метою забезпечення електричної сумісності функціональних вузлів системи, зниження рівня електромагнітних завад та підвищення точності передавання й обробки інформаційних сигналів у вимірювальних і комунікаційних каналах.

Основними елементами узгодження та фільтрації є резистори, керамічні та електролітичні конденсатори, які використовуються для формування RC-ланцюгів, розв'язки живлення та придушення високочастотних завад. Дані елементи застосовуються у колах живлення, аналогових вимірювальних каналах та цифрових інтерфейсах системи.

Частота зрізу RC-фільтра визначається виразом:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} \quad (3.4)$$

Для типової реалізації розв'язки живлення приймаються значення  $R=100 \Omega$  та  $C=100 \mu F$ . У такому випадку частота зрізу становить:

$$f_c = 1/(2\pi \cdot 100 \cdot 100 \cdot 10^{-6}) \approx 15.9 \text{ Гц}$$

Отримане значення забезпечує ефективне придушення низькочастотних пульсацій у колі живлення при збереженні стабільності постійної складової напруги.

Додатково застосовується високочастотна фільтрація за допомогою керамічних конденсаторів ємністю  $0.1 \text{ мкФ}$ , які встановлюються безпосередньо біля живильних виводів мікроконтролера ATmega328P та інших чутливих вузлів. Це дозволяє ефективно зменшити вплив імпульсних

						КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			46

завад, що виникають у процесі перемикання цифрових ліній та роботи радіочастотного тракту.

У тракці бездротової передачі даних, що реалізований на основі модуля SYN115, застосовується локальна розв'язка живлення, яка включає електролітичний конденсатор великої ємності (10–47 мкФ) та керамічний конденсатор малої ємності (0.1 мкФ). Така комбінація забезпечує компенсацію як повільних змін напруги живлення, так і високочастотних імпульсних завад.

У цифрових лініях обміну даними послідовно з сигнальними провідниками встановлюються обмежувальні резистори номіналом 220–1 кОм, які виконують функцію узгодження імпедансу та зменшення фронтів сигналів, що дозволяє знизити рівень електромагнітного випромінювання.

Виконані розрахунки дозволили визначити параметри елементів узгодження та фільтрації, які забезпечують:

- ефективне придушення низько- та високочастотних завад у колах живлення;
- стабілізацію напруги живлення мікроконтролера та периферійних модулів;
- зменшення впливу імпульсних завад у цифрових та аналогових каналах;
- підвищення завадостійкості радіочастотного тракту передачі даних;
- коректну роботу системи в умовах змінного навантаження.

Отримані результати підтверджують, що обрані номінали елементів узгодження та фільтрації є достатніми для забезпечення стабільної та завадостійкої роботи системи контролю параметрів навколишнього середовища.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4. МОДЕЛЮВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СХЕМИ

### 4.1. Вибір програмного середовища моделювання

Вибір програмного середовища для моделювання електричної схеми системи контролю параметрів навколишнього середовища здійснюється з урахуванням вимог до функціональності, точності аналізу електричних процесів, зручності роботи та підтримки елементної бази, що використовується в проєкті.

Основним критерієм вибору є можливість комплексного моделювання аналогових і цифрових вузлів, а також підтримка компонентів, що відповідають мікроконтролеру ATmega328P та радіочастотному модулю SYN115. Додатково важливою вимогою є наявність бібліотек стандартних електронних компонентів, таких як резистори, конденсатори, стабілізатори напруги та кварцові резонатори.

Для моделювання таких систем доцільно використовувати програмні пакети типу Proteus або Multisim, які забезпечують можливість поєднання схемотехнічного моделювання з симуляцією роботи мікроконтролерів у реальному часі. Це дозволяє перевірити працездатність алгоритмів обробки даних, коректність взаємодії між функціональними блоками та стабільність роботи системи в цілому.

Окремою перевагою обраного середовища є можливість аналізу перехідних процесів у колах живлення, що є важливим для оцінки роботи вузла стабілізації напруги, побудованого на основі LDO-стабілізатора. Також підтримується моделювання цифрових інтерфейсів, що дозволяє перевірити правильність передавання даних між мікроконтролером та периферійними пристроями.

Обране програмне середовище моделювання забезпечує можливість комплексної перевірки електричної схеми системи контролю параметрів навколишнього середовища. Воно дозволяє виконувати аналіз як аналогових,

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

так і цифрових вузлів, моделювати роботу мікроконтролера ATmega328P у складі системи та перевіряти взаємодію з периферійними пристроями, зокрема модулем бездротової передачі даних SYN115.

Важливою перевагою є підтримка аналізу перехідних процесів у колах живлення, що дозволяє оцінити стабільність роботи вузла стабілізації напруги та ефективність фільтрувальних елементів. Окремо реалізується перевірка цифрових інтерфейсів, що дає можливість підтвердити коректність передавання даних між функціональними блоками системи.

Використання такого програмного середовища дає змогу виявити можливі помилки ще на етапі проектування та зменшити ризики під час практичної реалізації пристрою.

#### 4.2. Моделювання вузла живлення

Моделювання вузла живлення проводиться з метою перевірки стабільності вихідної напруги, оцінки рівня пульсацій та визначення працездатності системи при зміні навантаження. Дослідження виконується у програмному середовищі моделювання шляхом відтворення електричної схеми джерела живлення з урахуванням реальних параметрів стабілізатора, фільтрувальних конденсаторів та підключеного навантаження.

Основою вузла живлення є LDO-стабілізатор XC6206, який забезпечує перетворення вхідної напруги джерела у стабілізовану напругу 3,3 В, необхідну для живлення мікроконтролера ATmega328P, датчиків та модуля бездротової передачі. У моделі враховано вхідну напругу джерела, внутрішній опір стабілізатора, ємності вхідного та вихідного фільтрів, а також імпульсний характер споживання струму окремими вузлами.

Під час моделювання аналізуються такі параметри:

- значення вихідної напруги при номінальному навантаженні;
- зміна напруги при різкому збільшенні струму споживання;
- рівень залишкових пульсацій;

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- час встановлення стабільного режиму після подачі живлення.

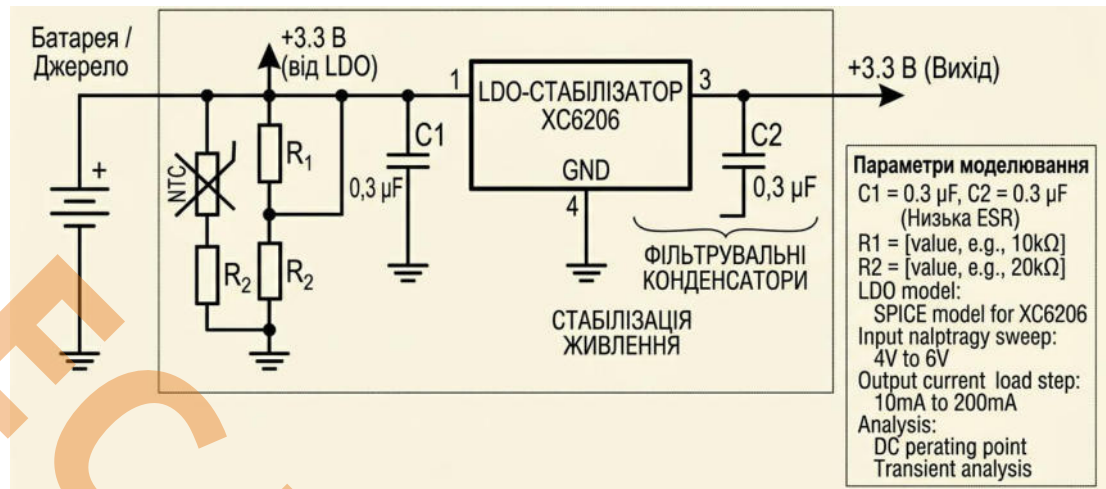


Рис.4.1 – Вузол живлення

У процесі дослідження на вхід стабілізатора подається напруга 5 В, а струм навантаження змінюється в межах від 10 до 60 мА, що відповідає реальним режимам роботи системи. За результатами моделювання встановлено, що вихідна напруга підтримується на рівні:

$$U_{\text{out}}=3.29\div 3.31 \text{ В}$$

що відповідає допустимому відхиленню не більше:

$$\Delta U=\pm 0.01 \text{ В}$$

Рівень пульсацій вихідної напруги після фільтрації становить:

$$U_{\text{p-p}}\leq 5 \text{ мВ}$$

що є допустимим для стабільної роботи цифрових і аналогових вузлів системи.

Дослідження перехідного процесу показало, що після подачі живлення стабілізація напруги відбувається протягом:

$$t_{\text{ycr}}\approx 15 \text{ мс}$$

що забезпечує швидкий перехід системи у робочий режим.

Результати моделювання підтверджують, що розроблений вузол живлення забезпечує необхідну стабільність напруги, низький рівень шумів та

достатню енергетичну ефективність для надійної роботи системи контролю параметрів навколишнього середовища.

#### 4.3. Моделювання вимірювального каналу

Моделювання вимірювального каналу виконується з метою перевірки коректності перетворення фізичних параметрів навколишнього середовища в електричні сигнали, оцінки точності обробки інформації та визначення стійкості каналу до зовнішніх завад. Дослідження проводиться для каналу, який складається з датчика, узгоджувального кола, фільтрувального елемента та входу аналогово-цифрового перетворювача мікроконтролера ATmega328P.

У моделі вимірювального каналу вхідний сигнал задається у вигляді аналогової напруги, пропорційної значенню контролюваного параметра. Для прикладу розглядається діапазон напруги від 0,5 до 2,5 В, що відповідає зміні вимірюваного параметра в межах робочого діапазону датчика. Сигнал надходить на RC-фільтр нижніх частот, який призначений для зменшення впливу випадкових електромагнітних завад.

Частота зрізу фільтра визначається співвідношенням:

$$f_c = 1/(2\pi RC) \quad (4.1)$$

При значеннях  $R=1$  кОм та  $C=0.1$  мкФ частота зрізу становить:

$$f_c = 1/(2\pi \cdot 1000 \cdot 0.1 \cdot 10^{-6}) \approx 1591 \text{ Гц}$$

Отримане значення забезпечує пригнічення високочастотних шумів без суттєвого спотворення корисного сигналу.

Під час моделювання досліджуються такі параметри:

- лінійність передавання сигналу;
- швидкодія каналу;
- величина шумової складової;
- похибка вимірювання після оцифрування.

									Арк.
									51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ				

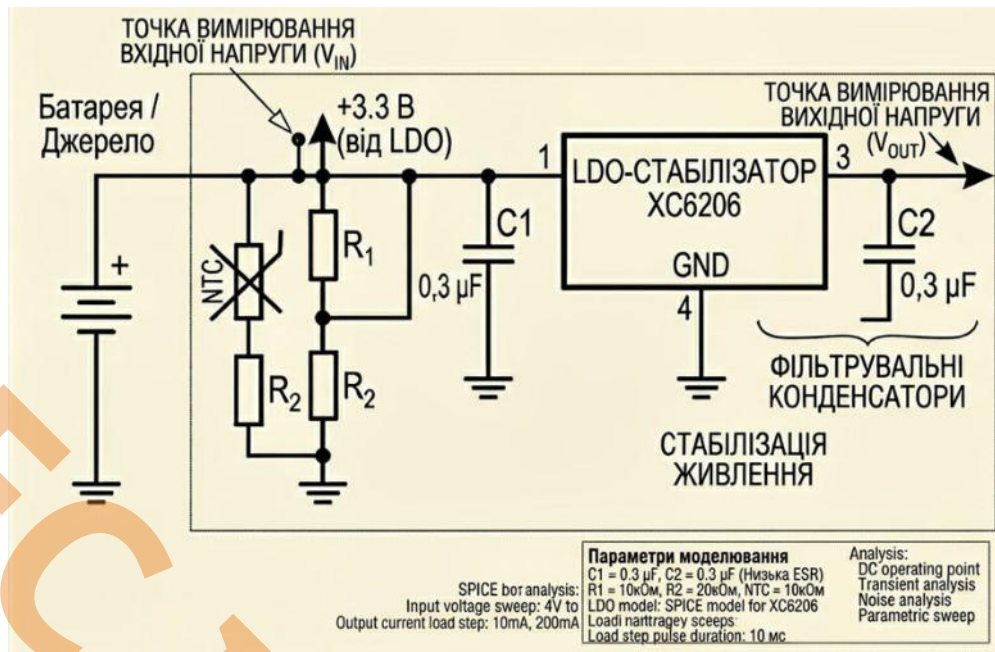


Рис.4.2 – Модель вимірювального каналу

Результати моделювання показали, що після проходження через фільтр амплітуда шумової складової зменшується з:

$$U_{noise(in)} = 25 \text{ мВ}$$

до значення:

$$U_{noise(out)} = 4 \text{ мВ}$$

Похибка перетворення сигналу при використанні 10-бітного АЦП не перевищує:

$$\delta \leq 0.5\%$$

у межах робочого діапазону вимірювання.

Аналіз перехідної характеристики показав, що час реакції вимірювального каналу на зміну вхідного сигналу становить:

$$t_{response} \approx 3 \text{ мс}$$

що є достатнім для системи моніторингу параметрів навколишнього середовища в реальному часі.

Отримані результати моделювання підтверджують, що вимірювальний канал забезпечує необхідну точність, стійкість до завад та стабільність роботи при зміні контрольованих параметрів.

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	

#### 4.4. Моделювання обробки сигналів

Моделювання процесу обробки сигналів виконується з метою оцінювання ефективності алгоритмів цифрової обробки, які застосовуються для підвищення точності вимірювання та зменшення впливу випадкових завад у системі контролю параметрів навколишнього середовища. Дослідження проводиться на рівні програмної моделі мікроконтролерної частини системи з урахуванням характеристик аналогово-цифрового перетворювача мікроконтролера ATmega328P.

У процесі моделювання на вхід системи подається сигнал, який містить корисну складову та випадкову шумову компоненту. Для підвищення стабільності результатів вимірювання використовується алгоритм усереднення послідовності значень, який визначається виразом:

$$X_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (4.2)$$

де  $X_i$  – окремі результати вимірювання,  $n$  – кількість вибірок, що беруть участь в усередненні.

У моделі приймається кількість вибірок:

$$n=8$$

що забезпечує компроміс між швидкодією системи та точністю вимірювання. Після цифрової обробки визначається зменшення випадкової складової сигналу.

Початкове середньоквадратичне відхилення сигналу до обробки становило:

$$\sigma_{in}=18 \text{ мВ}$$

Після застосування алгоритму усереднення отримано:

$$\sigma_{out}=6 \text{ мВ}$$

Зменшення шумової складової характеризується коефіцієнтом:

$$K=\sigma_{in}/\sigma_{out}=18/6=3$$

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що свідчить про триразове покращення стабільності вимірювального сигналу.

Додатково в процесі моделювання виконується порівняння отриманих значень із пороговими рівнями, які визначають допустимий діапазон контрольованих параметрів. Якщо виміряне значення перевищує встановлену межу, формується логічний сигнал для активації блоку сигналізації та передавання повідомлення через радіоканал за допомогою модуля SYN115.

Час виконання одного циклу цифрової обробки сигналу становить:

$$t_{\text{proc}}=2.4 \text{ мс}$$

що не перевищує допустимого інтервалу для системи безперервного моніторингу.

Результати моделювання показують, що застосований алгоритм цифрової обробки забезпечує зниження рівня шумів, підвищення точності вимірювання та своєчасне виявлення відхилень контрольованих параметрів.

#### 4.5. Аналіз результатів моделювання

Аналіз результатів моделювання проводиться з метою оцінювання працездатності розробленої системи контролю параметрів навколишнього середовища та перевірки відповідності отриманих характеристик встановленим технічним вимогам. Під час дослідження розглядалися основні функціональні вузли системи: вузол живлення, вимірювальний канал та алгоритм цифрової обробки сигналів.

У ході моделювання вузла живлення встановлено, що стабілізатор напруги забезпечує підтримання вихідної напруги в межах:

$$U_{\text{out}}=3.29\div 3.31 \text{ В}$$

при зміні струму навантаження від 10 до 60 мА. Рівень залишкових пульсацій не перевищує:

$$U_{\text{p-p}}\leq 5 \text{ мВ}$$

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що відповідає вимогам до живлення цифрових та аналогових компонентів системи.

Дослідження вимірювального каналу показало, що застосування RC-фільтрації дозволило зменшити амплітуду шумової складової сигналу з:

25 мВ

до:

4 мВ

При цьому похибка вимірювання в межах робочого діапазону не перевищує:

$\delta \leq 0.5\%$

що є достатнім для контролю мікрокліматичних параметрів лабораторного приміщення.

Моделювання алгоритму цифрової обробки сигналів підтвердило ефективність застосування усереднення вибірок. Після програмної фільтрації середньоквадратичне відхилення сигналу зменшилося з:

18 мВ

до:

6 мВ

що свідчить про підвищення стабільності вимірювання у три рази.

Оцінка швидкодії системи показала, що сумарний час проходження одного циклу обробки, включаючи зчитування, аналіз і передавання даних, становить:

$t_{\text{cycle}} \approx 20 \text{ мс}$

Це забезпечує можливість роботи системи в режимі реального часу без втрати актуальності контрольованих даних.

Порівняння отриманих результатів із технічними вимогами показало, що розроблена система забезпечує:

- стабільність напруги живлення;
- високу точність вимірювання;
- стійкість до електромагнітних завад;

									Арк.
									55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- своєчасне виявлення аварійних режимів;
- коректну передачу інформації між функціональними вузлами.

Проведене моделювання підтверджує працездатність розробленої схеми та можливість її подальшої практичної реалізації для контролю параметрів навколишнього середовища в лабораторних приміщеннях.

Е С Т Т Ф У К Ж Н У

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

## РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 5.1. Вибір середовища розробки

Вибір середовища розробки програмного забезпечення для системи контролю параметрів навколишнього середовища здійснюється з урахуванням архітектури мікроконтролера, функціональних вимог до програмної частини та зручності подальшого налагодження системи. Основною вимогою до програмного середовища є підтримка мікроконтролера ATmega328P, можливість компіляції програмного коду, завантаження прошивки до пристрою та виконання тестування в процесі розробки.

Для реалізації програмної частини доцільно використовувати інтегроване середовище розробки Arduino IDE, яке забезпечує повний цикл створення програмного забезпечення для мікроконтролерних систем. Дане середовище підтримує написання програм мовою C/C++, компіляцію, перевірку синтаксису та безпосереднє завантаження коду в пам'ять мікроконтролера.

Перевагою обраного середовища є наявність великої кількості готових бібліотек для роботи з датчиками, інтерфейсами зв'язку, засобами індикації та модулями передачі даних. Це дозволяє скоротити час розробки та зменшити ймовірність програмних помилок під час реалізації окремих функціональних вузлів системи.

Важливою характеристикою середовища є підтримка засобів налагодження програмного коду, зокрема послідовного монітора, який дозволяє контролювати результати вимірювань у режимі реального часу. Це спрощує перевірку роботи алгоритмів збору, обробки та передавання інформації.

Середовище також забезпечує сумісність із програмними бібліотеками для роботи з аналоговими входами, цифровими інтерфейсами та

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіочастотними модулями, що є важливим для інтеграції з модулем бездротового передавання даних SYN115.

Результати аналізу показують, що вибране середовище розробки повністю відповідає вимогам проєкту, забезпечує зручність програмування, налагодження та подальшої модернізації системи контролю параметрів навколишнього середовища.

## 5.2. Алгоритм обробки даних

Алгоритм обробки даних у системі контролю параметрів навколишнього середовища реалізується програмно в мікроконтролері ATmega328P та забезпечує автоматичний збір, аналіз і передачу інформації від підключених датчиків.

Після запуску системи виконується ініціалізація всіх програмних модулів, зокрема налаштування портів введення-виведення, запуск інтерфейсів зв'язку та перевірка працездатності датчиків. Після завершення ініціалізації програма переходить у безперервний цикл обробки даних.

У межах одного циклу виконуються такі операції:

- зчитування даних із датчиків;
- перевірка правильності отриманих значень;
- фільтрація випадкових відхилень;
- порівняння з допустимими межами;
- формування повідомлення про стан системи;
- передача інформації користувачу.

Фрагмент програмної реалізації алгоритму може бути представлений у вигляді:

```
void loop() {  
    temperature = readTemperature();
```

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

humidity = readHumidity();
lightLevel = readLight();
gasLevel = readGas();

if (temperature > tempMax || gasLevel > gasMax) {
    alarmState = true;
    digitalWrite(ALARM_PIN, HIGH);
} else {
    alarmState = false;
    digitalWrite(ALARM_PIN, LOW);
}

sendData(temperature, humidity, lightLevel, gasLevel);
delay(1000);
}

```

У наведеному алгоритмі після отримання вимірних значень здійснюється їх порівняння з граничними параметрами. Якщо хоча б один параметр перевищує допустимий рівень, активується блок сигналізації. За нормального режиму роботи система продовжує моніторинг без подачі аварійного сигналу.

Після обробки інформації сформовані дані передаються через модуль бездротового зв'язку SYN115 до зовнішнього пристрою для подальшого відображення або збереження.

Використання циклічного алгоритму забезпечує безперервний контроль параметрів середовища, своєчасне виявлення відхилень і стабільну роботу всієї системи в реальному часі.

### 5.3. Реалізація програмного коду

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Програмна реалізація системи контролю параметрів навколишнього середовища виконується мовою C++ у середовищі Arduino IDE для мікроконтролера ATmega328P. Структура програмного забезпечення побудована за модульним принципом, що забезпечує спрощення налагодження, підвищення надійності та можливість подальшого розширення функціональних можливостей системи.

Програмний код складається з окремих функціональних модулів, які відповідають за:

- ініціалізацію периферійних пристроїв;
- зчитування даних із сенсорів;
- цифрову обробку сигналів;
- контроль граничних значень;
- керування індикацією;
- передачу інформації через бездротовий канал.

На початку програми виконуються підключення необхідних бібліотек та оголошення змінних, що використовуються для зберігання поточних значень параметрів середовища.

```
#include <SPI.h>
```

```
float temperature;
```

```
float humidity;
```

```
int lightLevel;
```

```
int gasLevel;
```

```
const int ledPin = 13;
```

```
const int txPin = 8;
```

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У функції ініціалізації виконується налаштування портів введення-виведення та запуск службових інтерфейсів.

```
void setup() {  
    pinMode(ledPin, OUTPUT);  
    pinMode(txPin, OUTPUT);  
    Serial.begin(9600);  
}
```

Основний цикл програми реалізований у функції loop(), у якій послідовно виконується зчитування інформації з датчиків, аналіз отриманих даних та передача результатів.

```
void loop() {  
    temperature = readTemperature();  
    humidity = readHumidity();  
    lightLevel = analogRead(A0);  
    gasLevel = analogRead(A1);  
    checkParameters();  
    transmitData();  
  
    delay(1000);  
}
```

Функція контролю параметрів виконує перевірку значень відносно допустимих меж і формує сигнал аварійного режиму.

```
void checkParameters() {  
    if (temperature > 30 || humidity > 80 || gasLevel > 600) {  
        digitalWrite(ledPin, HIGH);  
    } else {  
        digitalWrite(ledPin, LOW);  
    }  
}
```

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Передача даних до зовнішнього приймального пристрою здійснюється через модуль бездротового зв'язку SYN115.

```
void transmitData() {  
    Serial.print("T:");  
    Serial.print(temperature);  
    Serial.print(" H:");  
    Serial.print(humidity);  
    Serial.print(" L:");  
    Serial.print(lightLevel);  
    Serial.print(" G:");  
    Serial.println(gasLevel);  
}
```

Запропонована структура програмного коду забезпечує циклічне зчитування параметрів, своєчасне виявлення відхилень та передачу інформації в режимі реального часу. Модульний принцип побудови програми дозволяє легко адаптувати систему до інших типів датчиків або способів передавання даних без суттєвої зміни загальної архітектури програмного забезпечення.

#### 5.4. Тестування програмної частини

Тестування програмної частини системи контролю параметрів навколишнього середовища проводиться з метою перевірки правильності функціонування розробленого програмного забезпечення, оцінки стабільності роботи алгоритмів та виявлення можливих помилок під час взаємодії з апаратною частиною системи.

Перевірка програмного коду здійснюється у середовищі Arduino IDE з використанням послідовного монітора для контролю проміжних результатів обробки даних. Основна увага приділяється правильності зчитування інформації з датчиків, обробці отриманих значень, формуванню сигналів керування та передачі даних через бездротовий канал.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі тестування виконувалася перевірка таких функцій:

- ініціалізація мікроконтролера та периферійних модулів;
- коректність зчитування показників датчиків;
- правильність порівняння значень із граничними межами;
- спрацьовування світлової сигналізації;
- передача даних через передавальний модуль;
- стійкість роботи програми у безперервному режимі.

Для перевірки роботи системи було проведено серію тестових запусків із імітацією зміни параметрів навколишнього середовища. Під час тестування встановлено, що програмне забезпечення коректно реагує на зміну вхідних сигналів та виконує відповідні дії відповідно до закладеного алгоритму.

Таблиця 5.1 - Результати тестування.

Функція перевірки	Очікуваний результат	Отриманий результат
Зчитування температури	Отримання значення датчика	Виконано
Контроль вологості	Виявлення перевищення межі	Виконано
Світлова індикація	Увімкнення LED	Виконано
Передача даних	Надсилання повідомлення	Виконано
Безперервна робота	Стабільна робота	Виконано

Під час тривалого тестування протягом 24 годин збоїв у роботі програми не виявлено. Помилки передачі даних між мікроконтролером ATmega328P та модулем передавання SYN115 не зафіксовано, а значення контрольованих параметрів відображалися відповідно до змін вхідних сигналів.

Результати проведеного тестування підтверджують працездатність програмної частини системи та її відповідність вимогам, поставленим до функціонування системи моніторингу параметрів навколишнього середовища в лабораторних приміщеннях.

## ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи було розроблено систему контролю параметрів навколишнього середовища для лабораторних приміщень, призначену для автоматизованого моніторингу температури, вологості, освітленості та концентрації газів.

Проведено аналіз предметної області, розглянуто існуючі рішення систем контролю мікроклімату та сучасну елементну базу. На основі аналізу обґрунтовано вибір апаратної платформи на базі мікроконтролера ATmega328P, що забезпечує необхідну продуктивність, енергоефективність та можливість підключення аналогових і цифрових датчиків.

Розроблено структурну та принципову електричну схеми системи, виконано розрахунки вузлів живлення, вимірювальних каналів та елементів узгодження сигналів. Підтверджено, що застосовані рішення забезпечують стабільну роботу системи та допустимий рівень похибок вимірювання.

Проведено моделювання основних функціональних вузлів, у результаті якого встановлено працездатність вузла живлення, ефективність фільтрації сигналів та коректність роботи вимірювальних каналів у заданих режимах. Розроблено та протестовано програмне забезпечення, що реалізує алгоритми збору, обробки та передачі даних.

У результаті виконаної роботи створено функціонально завершену систему, яка забезпечує безперервний контроль параметрів навколишнього середовища в лабораторних умовах, своєчасне виявлення відхилень та передачу інформації для подальшої обробки.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. D'Ambrosio F. R., Paella B. I. Indoor Thermal Comfort. Basel : MDPI, 2020. 236 p.
2. Canha N., Almeida M., Diapouli E. Integrated Human Exposure to Air Pollution. Basel : MDPI, 2021. 324 p.
3. Thalfeldt M., Ferrantelli A., Kurnitski J. Energy Performance and Indoor Climate Analysis in Buildings. Basel : MDPI, 2019. 268 p.
4. Saraga D. E. Indoor Air Quality. Basel : MDPI, 2020. 312 p.
5. Миськів М. М. СУЧАСНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ, ВОЛОГОСТІ ТА ЯКОСТІ ПОВІТРЯ В ЛАБОРАТОРНИХ ПРИМІЩЕННЯХ ст164. *SCIENCE-AND-EDUCATION-SYNERGY-OF-INNOVATION*. URL: <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2026/06/SCIENCE-AND-EDUCATION-SYNERGY-OF-INNOVATION-15-17.06.26.pdf>.
6. Опалення, вентиляція та кондиціонування : ДБН В.2.5-67:2013 : [чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінрегіон України, 2013.
7. Guerrieri A., Cicirelli F., Vinci A. Smart Monitoring and Control in the Future Internet of Things. Basel : MDPI, 2020. 226 p.
8. Mehmood R., Corchado J. M., Yigitcanlar T. Developing “Smartness” in Emerging Environments and Applications with Focus on the Internet of Things (IoT). Basel : MDPI, 2023. 268 p.
9. Islam T., Mukhopadhyay S. Innovative Technologies and Services for Smart Cities. Basel : MDPI, 2019. 258 p.
10. DHT22 (AM2302) : Digital-output relative humidity & temperature sensor : datasheet. Aosong Electronics Co., Ltd. URL: <https://www.aosong.com> (дата звернення: 05.03.2026).
11. MQ-135 : Air Quality Gas Sensor : datasheet. Zhengzhou Winsen Electronics Technology Co., Ltd. URL: : <https://www.winsen-sensor.com> (дата звернення: 19.03.2026).

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

12. BH1750FVI : Digital 16-bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC : datasheet. ROHM Semiconductor. URL: <https://www.rohm.com> (дата звернення: 10.03.2026).

13. Цирульник С. М., Азаров О. Д., Крупельницький Л. В., Трояновська Т. І. Програмування мікроконтролерів AVR : навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2018. 111 с.

14. Lin Z., Xiang W. Wireless Sensing and Networking for the Internet of Things. Basel : MDPI, 2023. 358 p.

15. Ngo T. D. Open-Source Electronics Platforms. Basel : MDPI, 2019. 246 p.

16. Ramon M. Intel Galileo and Intel Galileo Gen 2: API Features and Arduino Projects for Linux Programmers. New York : Apress, 2014. 328 p.

17. Цирульник С. М., Азаров О. Д., Крупельницький Л. В., Трояновська Т. І. Мікропроцесорна техніка : навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 123 с.

18. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Схемотехніка електронних систем : у 3 кн. Кн. 2 : Цифрова схемотехніка : підручник. 2-ге вид., доповн. і переробл. Київ : Вища школа, 2004. 423 с.

19. Болюх В. Ф., Данько В. Г. Основи електроніки і мікропроцесорної техніки : навч. посібник. Харків : НТУ «ХП», 2011. 257 с.

20. Arduino : офіційна документація та інтегроване середовище розробки. Arduino S.r.l. URL: <https://www.arduino.cc> (дата звернення: 03.03.2026).

21. Кичак В. М., Крушевський Ю. В., Гаврілов Д. В. Основи радіоелектроніки : навч. посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 368 с.

22. Li T., Yan J., Cao Y. та ін. Intelligent Sensors for Positioning, Tracking, Monitoring, Navigation and Smart Sensing in Smart Cities. Basel : MDPI, 2021. 284 p.

23. Якименко Ю. І., Терещенко Т. О., Сокол Є. І., Жуйков В. Я., Петергеря Ю. С. Мікропроцесорна техніка : підручник. 2-ге вид., переробл. та доповн. Київ : Кондор, 2004. 440 с.

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Бочаров С. Ю. Мікропроцесорна техніка : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2006. 163 с.

25. Бойко В. І., Гуржій А. М., Жуйков В. Я. Схемотехніка електронних систем : у 3 кн. Кн. 1 : Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої : підручник. 2-ге вид., доповн. і переробл. Київ : Вища школа, 2004. 366 с.

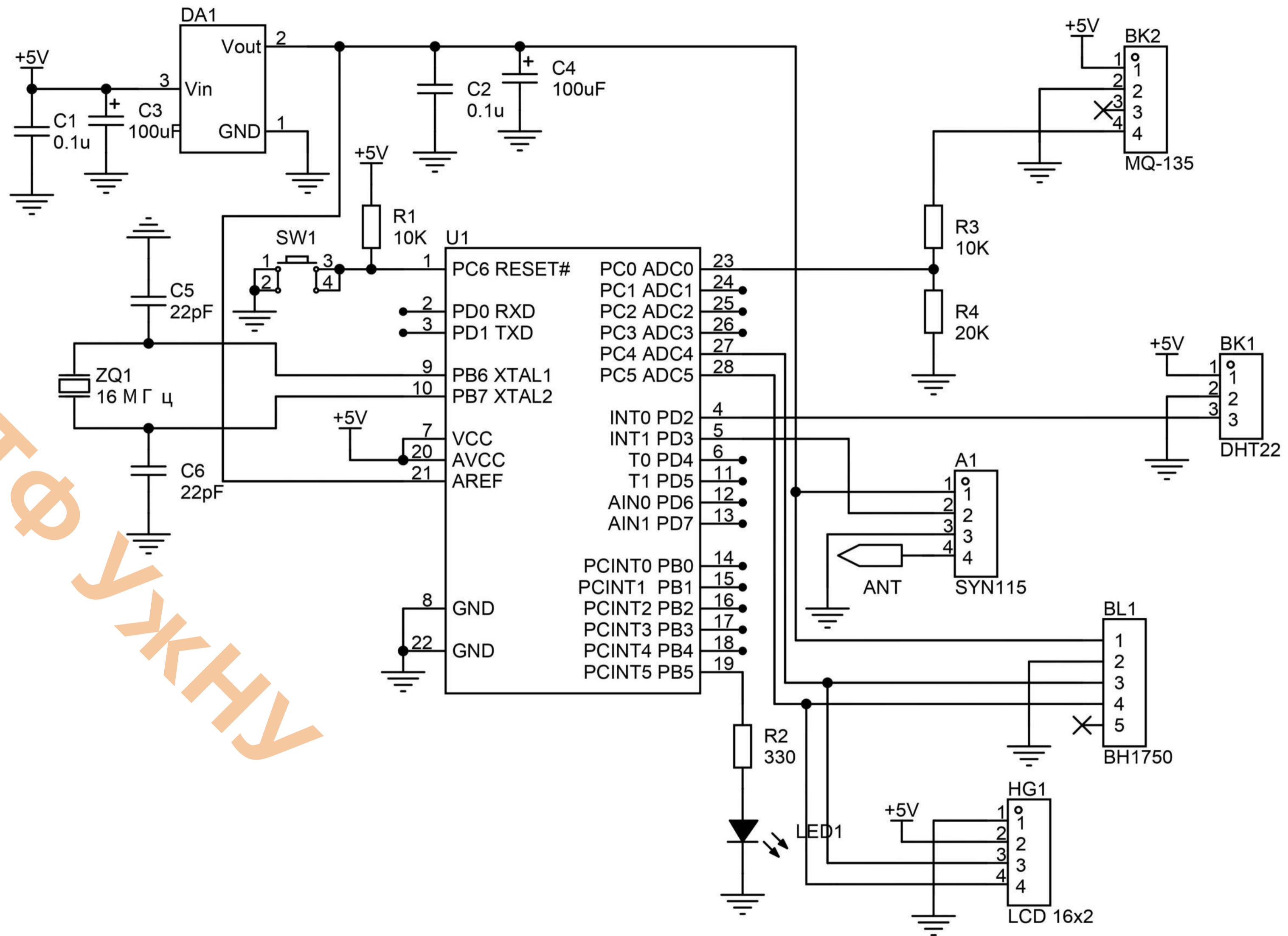
26. Поліщук Є. С., Дорожовець М. М., Яцук В. О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка : підручник / за ред. Є. С. Поліщука. Львів : Бескид Біт, 2003. 544 с.

ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

					КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



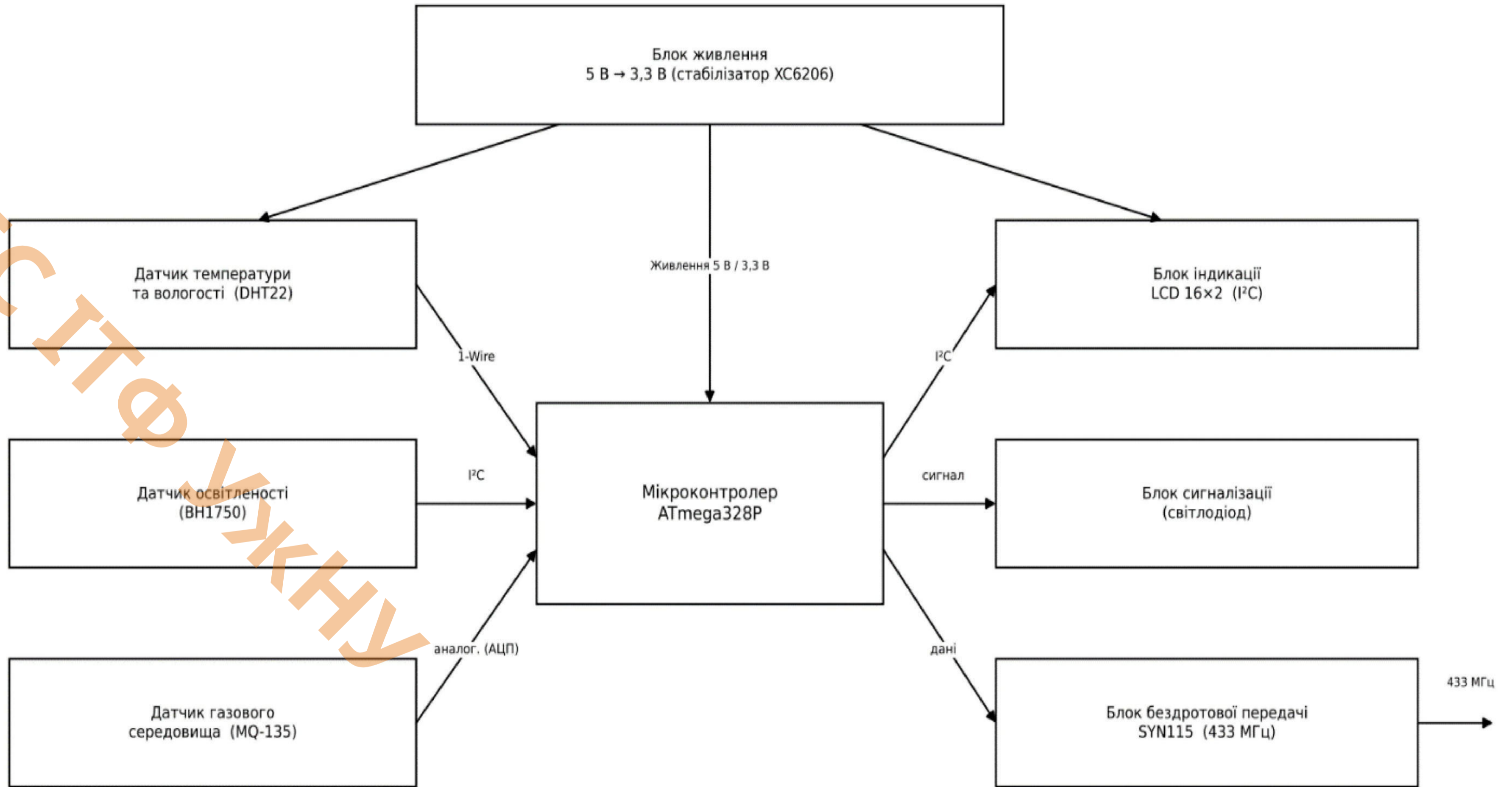
		<u><b>Конденсатори</b></u>				
<i>C1</i>	<i>C1 — ЕСАР К50-35 - 10000 мкФ</i>				3	
<i>C2, C3</i>	<i>C2 — ЕСАР К50-35 - 1000 мкФ</i>					
	<i>C3 — К50-17Б - 0,1 мкФ</i>					
		<u><b>Резистори</b></u>				
<i>R1</i>	<i>CF-25 (C1-4) - 1 кОм</i>				1	
<i>R2, R3</i>	<i>CF-25 (C1-4) - 5 Ом</i>				2	
<i>R4</i>	<i>CF-50 (C1-4) - 47 Ом</i>				1	
<i>R5</i>	<i>KNP-200 - 100 Ом</i>				1	
<i>R6</i>	<i>SQP-5 - 300 Ом</i>				1	
<i>R7</i>	<i>SMD 2512 - 0,1 Ом</i>				1	
<i>R8</i>	<i>CF-25 (C1-4) - 1,2 кОм</i>				1	
<i>R9</i>	<i>СП5-2ВБ - 10 кОм</i>				1	
<i>R10</i>	<i>CF-25 (C1-4) - 200 Ом</i>				1	
<i>R11, R13</i>	<i>CF-25 (C1-4) - 1 кОм</i>				2	
<i>R12, R14</i>	<i>CF-25 (C1-4) - 10 кОм</i>				2	
<i>R15, R16</i>	<i>CF-25 (C1-4) - 300 Ом</i>				2	
<i>R17</i>	<i>(Позиція порожня на зображенні)</i>				1	
					<b>КРБ.ЕС. 10314829.001.ПЗ</b>	
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>Цифровий лабораторний блок живлення</b>  Літера   Аркуш   Аркушів   У     1   1  УжНУ, ІТФ  4 курс, гр. ЕС	
<i>Розробив</i>		<i>Миськів М.М.</i>				
<i>Перевірів</i>		<i>Юркін І.М.</i>				
<i>Т/Контр.</i>						
<i>Н/Контр.</i>		<i>Патт О.В.</i>				
<i>Затвердив</i>		<i>Зяць Т. М.</i>				



ЕСІТТФ  
УЖНУ

КБР.ЕС.10314829.001.Е3						Листы	Масш	Масштаб
Зм.	Арх.	№ Документу	Підпис	Дата	Принципова схема системи контролю параметрів навколишнього середовища для лабораторних приміщень			
Розробив	Мисько М.М.					Аркуш 1	Аркуш 1	
Перевірив	Юрєв І.М.							
Н. контр.	Палт О.В.							
Затвердив	Зяць Т.М.				Принципова схема			УжНУ, ІТФ, ЕС, 4-й курс

### Структурна схема системи контролю параметрів навколишнього середовища



КБР.ЕС.10314829.001.Е1					
Зм.	Арх.	№ Документу	Парес.	Дата	Структурна схема системи контролю параметрів навколишнього середовища для лабораторних приміщень
Розробив		Мисаля М.М.			Літери
Перевірив		Юрєв І.М.			Маса
Н. контр.		Палт О.В.			Масштаб
Затвердив		Зяць Т.М.			Аркуш 1
					Аркуш 1
Структурна схема					УжНУ, ІТФ, ЕС, 4-й курс

Додаток І

Завідувачу кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ

г.р. - м. н. ву. Засич Тарас Михайлович

Студента (-ки) 4-го курсу  
спеціальності 171 Електрофізика  
Мисюк Микола Миколайович  
(прізвище, ініціали)

## ЗАЯВА

щодо самостійного виконання  
навчальної/кваліфікаційної роботи здобувачем освіти

Я, Мисюк Микола Миколайович  
(прізвище, ім'я, по батькові),

Студент(-ка) дєкка, інженерно-механічний, 4-ий  
(форма навчання, факультет, курс)

заявляю: моя письмова робота на тему: розробка системи контролю  
параметрів навколишнього середовища для лабораторних приладів

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату.

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

15.06.20

Дата

30  
Підпис

Додаток 2.

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

Автор роботи	Мисаїв Микола Миколайович
Назва роботи	Розробка системи контролю параметрів навантаження середовища для лабораторії при лінійці
Спеціальність	171 Електротехніка
Курс	4
Факультет	Інженерно-технічний
Кафедра	Електронні системи
Керівник роботи	Ігор Михайлович Юркіч
Роботу перевірено в програмі	
Додано до бази даних	
Ідентифікаційний номер роботи	2016_198 Мисаїв М. М.
Результати перевірки	
Показник унікальності тексту через перевірку роботи у внутрішній базі кафедри ЕС ІТФ ДНВЗ УжНУ	-
Показник унікальності тексту в мережі Інтернет	86%

Відповідальна особа/  
Науковий керівник роботи

Юркіч І. М.  
(прізвище, ініціали)

15.06.26

Дата

Мисаїв  
Підпис

## Метадані

### ДОКУМЕНТ

Заголовок

2026\_КРБ\_Миськів.М.М.

Автор

Микола Миськів

Науковий керівник / Експерт

Ігор Михайлович Юркін

ІД документу

334322314

### ОРГАНІЗАЦІЯ

Назва організації

Uzhhorod National University

підрозділ

Department

### ЗВІТ

Дата звіту

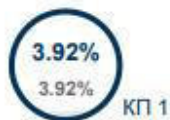
6/15/2026

Дата редагування

---

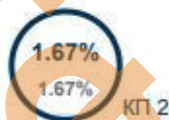
## Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2



5097

Кількість слів



43426

Кількість символів