

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: ІоТ-метеостанція з бездротовою передачею даних

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАс-41
спеціальності 172"Електронні комунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Фурик І.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Паляниця Ю.Б.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Хвостівська Л.В.
(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Дунець В.Л.
(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Стрембіцький М.О.
(прізвище та ініціали)

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра радіотехнічних систем
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Дунець В.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« 28 » квітня 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172"Електронні комунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

студенту Фурику Ігорю Анатолійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи ІоТ-метеостанція з бездротовою передачею даних

Керівник роботи Паляниця Юрій Богданович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом ректора від «28» 04 2026 року № 4/9-198

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25.06.2026

3. Вихідні дані до роботи ІоТ-метеостанція повинна забезпечувати вимірювання температури, вологості, освітленості, атмосферного тиску, якості повітря, CO₂, пилових частинок і грозової активності. Пристрій повинен мати основний і виносний сенсорний блоки, дисплейну індикацію, бездротове передавання інформації, живлення 5в та акумуляторне живлення для виносного блока.

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

1. Основна частина

2. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

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

1. Структурна схема ІоТ-метеостанції

2. Схема електрична принципова

3. Друкований вузол ІоТ-метеостанції

4. Креслення друкованої плати ІоТ-метеостанції

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12.03.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розробка та затвердження технічного завдання	12.03.2026	
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	14.03.2026	
3	Аналіз існуючих метеостанцій та систем моніторингу параметрів навколишнього середовища	21.03.2026	
4	Розробка структурних схем основного блока meteo_hub та виносного сенсорного блока meteo_out	23.03.2026	
5	Розробка схем електричних принципів основного та виносного блоків IoT-метеостанції	10.04.2026	
6	Розробка блок-схем алгоритмів роботи мікроконтролерів основного та виносного блоків	12.04.2026	
7	Опис алгоритму роботи мікроконтролерів та функціонування програмної частини пристрою	16.04.2026	
8	Розрахунок вузла живлення та основних параметрів схеми IoT-метеостанції	22.04.2026	
9	Вибір компонентної бази для розроблюваних схем	02.05.2026	
10	Компоновка та трасування друкованих плат основного і виносного блоків	15.05.2026	
11	Розрахунок надійності проектного виробу та параметрів друкованого монтажу	23.05.2026	
12	Розробка конструкторської документації на IoT-метеостанцію	03.06.2026	
13	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці	09.06.2026	
14	Нормоконтроль	10.06.2026	
15	Попередній захист кваліфікаційної роботи	11.06.2026	
16	Перевірка роботи на антиплагіат	12.06.2026	
17	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2026	

Студент

_____ (підпис)

Фурик І.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Паляниця Ю.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних». Кваліфікаційна робота бакалавра / Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2026 р. // с.-78, рис.-12, табл.-6, бібліогр.-26, додат.-12.

Ключові слова: IOT-МЕТЕОСТАНЦІЯ, ESP32-S3, МІКРОКОНТРОЛЕР, СЕНСОРИ, БЕЗДРОВОТА ПЕРЕДАЧА ДАНИХ, ДРУКОВАНА ПЛАТА, ALTIUM DESIGNER.

У роботі проведено аналіз завдання щодо розробки IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних та обґрунтовано актуальність роботи.

Здійснено аналіз існуючих метеостанцій, визначено їх основні переваги й недоліки. Обґрунтовано доцільність розробки пристрою з двоблоковою структурою, що складається з основного блока `meteo_hub` та виносного сенсорного блока `meteo_out`.

Розроблено структурні та електричні принципові схеми пристрою. Виконано розрахунок вузла живлення, вибір елементної бази, опис алгоритму роботи мікроконтролерів, компоновання друкованих вузлів, розрахунок надійності та параметрів друкованого монтажу.

У середовищі Altium Designer виконано розробку друкованих плат основного та виносного блоків. Розглянуто питання безпеки життєдіяльності й охорони праці під час розробки, налагодження та експлуатації IoT-метеостанції.

ANNOTATION

Topic of the qualification work: “IoT weather station with wireless data transmission”. Bachelor’s qualification work / Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, group RAs-41. // Ternopil, 2026. // p.-78, fig.-12, tabl.-6, ref.-26, app.-12.

Keywords: IOT WEATHER STATION, ESP32-S3, MICROCONTROLLER, SENSORS, WIRELESS DATA TRANSMISSION, PRINTED CIRCUIT BOARD, ALTIUM DESIGNER.

The work analyzes the task of developing an IoT weather station with wireless data transmission and substantiates the relevance of the work.

Existing weather stations were analyzed, and their main advantages and disadvantages were determined. The feasibility of developing a device with a two-block structure consisting of the main meteo_hub unit and the remote meteo_out sensor unit was substantiated.

Structural and electrical schematic diagrams of the device were developed. The power supply unit was calculated, the component base was selected, the microcontroller operation algorithm was described, and the PCB layout, reliability and printed circuit parameters were determined.

The printed circuit boards of the main and remote units were developed in Altium Designer. Life safety and occupational safety issues during the development, adjustment and operation of the IoT weather station were considered.

Зміст

Вступ.....	7
1 Основна частина.....	10
1.1 Аналіз технічного завдання.....	10
1.2 Розробка структурної схеми пристрою.....	17
1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою	23
1.3.1 Опис електричної принципової схеми	23
1.3.2 Розрахунок вузла електричної принципової схеми пристрою	28
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази	35
1.4.1 Опис та блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера	35
1.4.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	41
1.5 Компоновка друкованого вузла, розрахунок надійності та друкованого монтажу	46
1.5.1 Компоновка друкованого вузла	46
1.5.2 Розрахунок надійності проектного виробу	50
1.5.3 Розрахунок друкованого монтажу	54
1.6 Реалізація готового приладу	58
1.7 Висновок до розділу 1	60
2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	62
2.1 Надзвичайні ситуації метеорологічного характеру.....	62
2.2 Аналіз розробленої конструкції щодо умов безпеки експлуатації	66
2.3 Висновок до розділу 2	72
Висновки	73
Список використаних джерел	76
Додатки	

ФІА 2.899.001 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Фцирик І.А		
Перевір.		Паляниця Ю.Б.		
Рецензент		Стрембідський М.О.		
Н. Контр.		Хвостівська Л.В.		
Затверд.		Дценець В.Л.		
IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних Пояснювальна записка				
		Літ.	Арк.	Аркуші
			6	78
ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41				

Вступ

Розвиток мікроконтролерної техніки, сенсорних модулів і бездротових технологій значно розширив можливості побудови компактних систем моніторингу навколишнього середовища. Якщо раніше метеорологічні вимірювання здебільшого асоціювалися з окремими приладами або стаціонарними станціями, то зараз подібні функції можна реалізувати у вигляді невеликого електронного пристрою з автономними сенсорними вузлами, локальною індикацією та передаванням даних через бездротовий канал зв'язку.

Метеостанції на основі IoT-технологій використовуються для контролю параметрів мікроклімату в житлових приміщеннях, навчальних лабораторіях, теплицях, складських приміщеннях, майстернях, серверних кімнатах та на відкритих ділянках. Такі пристрої дозволяють отримувати інформацію про температуру, вологість, атмосферний тиск, рівень освітленості, якість повітря, наявність пилових частинок та інші параметри, що впливають на умови перебування людини або роботу обладнання. Особливо зручною є можливість передавання вимірянних даних без прямого підключення кабелем, оскільки це спрощує розміщення сенсорних блоків у різних точках контролю.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи пов'язана з потребою у створенні компактної IoT-метеостанції, яка поєднує функції вимірювання, обробки, локального відображення та бездротового передавання даних. Готові побутові метеостанції часто мають обмежений набір датчиків і не завжди дають можливість змінювати структуру системи відповідно до конкретних умов використання. Професійні системи моніторингу мають ширший функціонал, однак для навчальних, побутових або експериментальних задач вони можуть бути надмірно дорогими та складними. Тому доцільною є розробка пристрою, який має модульну побудову, достатній набір сенсорів і можливість подальшого вдосконалення.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		7

Розроблювана IoT-метеостанція складається з двох функціональних частин. Основний блок системи виконує роль центрального вузла, який забезпечує обробку інформації, взаємодію з користувачем, відображення показників і роботу з бездротовим зв'язком. Допоміжний виносний блок призначений для вимірювання параметрів зовнішнього середовища, контролю стану живлення та передавання отриманої інформації до основної частини системи. Такий підхід дозволяє рознести елементи системи у просторі та підвищити зручність використання пристрою.

У складі метеостанції передбачено використання мікроконтролерних модулів, цифрових сенсорів, годинника реального часу, інтерфейсів програмування й налагодження, вузлів живлення, засобів індикації та акумуляторного живлення для виносного блока. Основний акцент у роботі зроблено на розробці апаратної частини, виборі компонентної бази, побудові структурної та електричної принципової схем, компонуванні друкованих вузлів і підготовці конструкторської документації. Опис програмної частини подається на рівні загального алгоритму функціонування, без деталізації внутрішніх службових механізмів реалізації.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних, яка забезпечує вимірювання параметрів навколишнього середовища, обробку отриманих даних, відображення інформації на основному блоці та обмін даними між функціональними вузлами системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати призначення та вимоги до IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних;
- розробити структурну схему пристрою з урахуванням наявності основного та виносного сенсорного блоків;
- описати роботу основних функціональних вузлів електричної принципової схеми;

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		8

- обґрунтувати вибір мікроконтролерів, сенсорних модулів, вузлів живлення, інтерфейсних елементів та засобів індикації;
- виконати необхідні розрахунки для підтвердження прийнятих схемотехнічних і конструктивних рішень;
- розробити друковані вузли основного та виносного блоків пристрою;
- визначити основні параметри друкованого монтажу, габарити плат, матеріал основи та клас точності;
- підготувати комплект конструкторської документації на розроблюваний пристрій.

Об'єктом розробки є процес вимірювання, обробки та бездротового передавання даних про параметри навколишнього середовища.

Предметом розробки є апаратна частина IoT-метеостанції з основним блоком і допоміжним виносним сенсорним блоком, реалізована на базі мікроконтролерних модулів, цифрових сенсорів і двосторонніх друкованих плат.

Під час виконання кваліфікаційної роботи використано засоби автоматизованого проєктування Altium Designer. У цьому середовищі виконано створення бібліотечних компонентів, розроблення електричних принципів схем, розміщення елементів на друкованих платах, трасування електричних з'єднань і формування графічної частини проєкту. Використання САПР дозволило зменшити кількість помилок під час проєктування, перевірити електричні зв'язки та отримати документацію, придатну для подальшого виготовлення дослідного зразка.

Практичне значення роботи полягає у створенні конструктивної основи IoT-метеостанції, яку можна використовувати для локального та дистанційного контролю параметрів середовища. Модульна побудова системи дає змогу в подальшому змінювати склад сенсорів, удосконалювати програмне забезпечення, розширювати способи передавання даних і адаптувати пристрій до конкретних умов експлуатації.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		9

1. ОСНОВНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз технічного завдання

Основний блок системи.....	meteo_hub
Допоміжний блок системи	meteo_out
Основний мікроконтролерний модуль.....	ESP32-S3-WROOM-1 N16R8
Спосіб передавання даних.....	бездротовий канал зв'язку
Тип індикації.....	графічний дисплей 320×480 із сенсорною панеллю
Контрольовані параметри.....	температура, вологість, атмосферний тиск, освітленість, якість повітря, концентрація CO ₂ , пиліві частинки, грозова активність
Основні інтерфейси обміну.....	I2C, UART, SPI, I2S, USB-UART
Напруга зовнішнього живлення основного блока	5 В
Робоча напруга цифрових вузлів	3,3 В
Максимальний струм споживання основного блока.....	до 0,5 А
Максимальна потужність споживання основного блока	до 2,5 Вт
Живлення виносного блока.....	акумуляторне з можливістю заряджання
Напруга акумуляторного живлення виносного блока.....	до 4,2 В
Напруга живлення під час заряджання виносного блока	5 В
Максимальний струм споживання виносного сенсорного блока	до 1 А
Максимальна потужність споживання виносного блока	до 5 Вт
Габарити плати основного блока.....	117,5x47,5x1,5 мм
Габарити плати виносного сенсорного блока	92,5x52,5x1,5 мм

Технічне завдання на кваліфікаційну роботу передбачає розробку IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних. Пристрій призначений для контролю параметрів навколишнього середовища, обробки вимірної інформації та передавання даних між окремими частинами системи. Основна

					ФІА 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		10

увага під час виконання роботи приділяється розробці апаратної частини метеостанції, вибору компонентної бази, побудові електричних принципових схем, компонуванню друкованих вузлів і підготовці конструкторської документації.

Розроблювана система має модульну структуру і складається з двох функціональних блоків. Основним блоком є `meteo_hub`, який виконує роль центральної частини метеостанції. Він забезпечує роботу з локальними сенсорами, обробку отриманих даних, відображення інформації на дисплеї та взаємодію з бездротовим каналом зв'язку. Другим блоком є `meteo_out` – виносний автономний сенсорний вузол, призначений для вимірювання параметрів середовища у віддаленій точці контролю та передавання інформації до основного блока.

Такий поділ пристрою є конструктивно виправданим, оскільки не всі вимірювальні елементи доцільно розміщувати в одному корпусі. Основний блок повинен знаходитися у зручному для користувача місці, де забезпечується доступ до дисплея, елементів керування та індикації. Виносний блок, навпаки, орієнтований на автономну роботу в зоні вимірювання, де необхідно контролювати параметри повітря, пилові частинки, грозову активність та стан живлення.

До основних вимог, які враховано під час розробки IoT-метеостанції, належать: вимірювання параметрів навколишнього середовища; бездротове передавання даних між функціональними частинами системи; наявність основного блока з дисплеєм; застосування виносного автономного сенсорного блока; використання сучасної мікроконтролерної елементної бази; можливість програмування та налагодження через стандартний інтерфейс; застосування стабілізованих вузлів живлення; розробка друкованих плат, придатних для виготовлення дослідного зразка; підготовка комплекту конструкторської документації.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		11

Основні технічні характеристики розроблюваної IoT-метеостанції наведено вище.

Основний блок `meteo_hub` є інформаційним і керуючим вузлом системи. До його складу входять мікроконтролерний модуль ESP32-S3, дисплейний інтерфейс, годинник реального часу, інтерфейс програмування та налагодження, локальні сенсори, цифрові мікрофони, елементи індикації, кнопка керування та вузол стабілізації живлення. Такий склад дає змогу приймати дані від сенсорів, виконувати їх обробку на рівні, необхідному для роботи пристрою, і виводити поточні показники для користувача.

Виносний блок `meteo_out` призначений для роботи як автономний сенсорний вузол. У його складі передбачено мікроконтролерний модуль ESP32-S3, сенсори параметрів середовища, датчик пилових частинок, сенсор грозової активності, вузол контролю напруги і струму, вузол заряджання акумулятора, інтерфейс USB-UART, елементи індикації та акумуляторне живлення. На відміну від основного блока, цей вузол орієнтований на розміщення у точці вимірювання, тому для нього важливими є автономність, стабільне живлення та контроль стану акумулятора.

У технічному завданні передбачено використання цифрових сенсорів, які взаємодіють із мікроконтролером через стандартні інтерфейси. Для контролю параметрів повітря застосовуються датчики температури, вологості, тиску та якості повітря. Для контролю освітленості передбачено окремий сенсор освітлення. Наявність датчика CO₂ дозволяє оцінювати якість повітря у приміщенні. У виносному сенсорному блоці додатково передбачено вимірювання пилових частинок і контроль грозової активності. Завдяки цьому пристрій має ширші можливості, ніж проста побутова метеостанція.

Під час аналізу технічного завдання окремо враховано напруги живлення та струми споживання функціональних блоків. Основний блок `meteo_hub` живиться від зовнішнього джерела напругою 5 В, а на його платі формується стабілізована напруга 3,3 В для живлення мікроконтролера,

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		12

сенсорів та інших цифрових вузлів. Максимальний струм споживання основного блока приймається до 0,5 А. Виносний сенсорний блок `meteo_out` має акумуляторне живлення, вузол заряджання та стабілізатор напруги. Під час заряджання або налагодження він може отримувати живлення від джерела 5 В, а максимальний струм споживання для цього блока приймається до 1 А.

Урахування струму споживання є важливим для вибору стабілізаторів, роз'ємів, провідників живлення та параметрів друкованого монтажу. Для основного блока, де максимальний струм становить до 0,5 А, ширину провідників живлення приймають 0,3 мм. Для виносного блока, у якому максимальний струм може досягати 1 А, ширину провідників живлення збільшують до 0,6 мм. Для сигнальних кіл, де струмове навантаження значно менше, достатньою є мінімальна технологічна ширина провідника 0,25 мм.

Важливою вимогою є забезпечення стабільного живлення цифрових компонентів. Мікроконтролер ESP32-S3, сенсорні модулі та інтерфейсні мікросхеми потребують стабілізованої напруги 3,3 В. Тому у складі обох блоків передбачено вузли живлення, які формують необхідний рівень напруги з вхідного або акумуляторного джерела. Для виносного блока додатково враховано режим заряджання акумулятора та контроль його стану, що необхідно для безпечної й стабільної автономної роботи.

Для програмування та налагодження обох блоків у схемі передбачено USB-UART інтерфейс. Його наявність спрощує запис програмного забезпечення, перевірку роботи мікроконтролерів і діагностику пристрою під час розробки. У межах кваліфікаційної роботи програмну частину доцільно розглядати на рівні загального алгоритму функціонування, без детального опису внутрішніх службових механізмів, оскільки основною задачею роботи є розробка апаратної частини та конструкторської документації.

З конструктивної точки зору пристрій виконується на двох друкованих платах. Для обох блоків прийнято двосторонні друковані плати з матеріалу FR-4 товщиною 1,5 мм і мідною фольгою 35 мкм. Використання двосторонніх

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		13

плат спрощує трасування, дозволяє зменшити довжину сигнальних з'єднань і забезпечує зручніше компонування елементів порівняно з односторонньою платою.

Для розроблюваних плат прийнято 3-й клас точності. Це рішення відповідає складності пристрою, оскільки у схемі застосовуються мікроконтролерні модулі, SMD-компоненти, сенсорні мікросхеми, USB-роз'єми, інтерфейсні лінії та металізовані перехідні отвори. Прийнятий клас точності дозволяє використовувати мінімальну ширину сигнальних провідників 0,25 мм і мінімальний зазор між сусідніми провідниками 0,25 мм, що є достатнім для трасування низьковольтних цифрових кіл.

Габаритні розміри плат вибрано з урахуванням складу елементів і зручності подальшого розміщення у корпусі. Плата основного блока має розміри 117,5x47,5 мм. Така форма дає змогу розмістити мікроконтролерний модуль, дисплейний інтерфейс, вузол живлення, USB-UART, сенсори та елементи індикації без надмірного ущільнення. Плата виносного сенсорного блока має розміри 92,5x52,5 мм. Її площа використовується для розміщення мікроконтролерного вузла, сенсорної частини, вузла заряджання, акумуляторного живлення та елементів контролю стану живлення.

Перед розробкою IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних доцільно розглянути готові пристрої, представлені на ринку. Це дає можливість визначити їхні основні функції, переваги та недоліки, а також обґрунтувати необхідність розробки власної системи. Для порівняння обрано побутові та напівпрофесійні метеостанції, які мають бездротові сенсори, цифрову індикацію або можливість передавання даних.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		14



Рисунок 1.1 – Метеостанція Netatmo Smart Weather Station

Netatmo Smart Weather Station є прикладом сучасної побутової метеостанції для контролю параметрів у приміщенні та зовнішньому середовищі. Пристрій дозволяє вимірювати температуру, вологість, атмосферний тиск, рівень CO₂ та рівень шуму, а також працювати із зовнішнім модулем. Основними перевагами цієї метеостанції є компактність, сучасний дизайн і зручна робота через мобільний застосунок. Недоліком є закрита апаратна та програмна структура, через що користувач має обмежені можливості щодо зміни складу датчиків або самостійної модернізації системи.



Рисунок 1.2 – Метеостанція BRESSER WSC Wi-Fi Weather Station 5-in-1

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		15

BRESSER WSC Wi-Fi Weather Station 5-in-1 належить до класичних метеостанцій із зовнішнім мультисенсорним модулем. Вона забезпечує вимірювання температури, вологості, атмосферного тиску, швидкості та напрямку вітру, а також кількості опадів. Перевагою цього пристрою є наявність зовнішнього датчика, підтримка бездротового передавання даних і можливість використання для комплексного спостереження за погодними умовами. Водночас така метеостанція орієнтована переважно на стандартні метеорологічні параметри та не передбачає гнучкої зміни елементної бази або додавання інших сенсорів без зміни готової конструкції.



Рисунок 1.3 – Метеостанція Sencor SWS 16600 Wi-Fi

Sencor SWS 16600 Wi-Fi є більш функціональним рішенням, яке використовує бездротовий сенсорний модуль 7-в-1. Така метеостанція дозволяє контролювати температуру, вологість, параметри вітру, опади, освітленість та інші погодні показники. До переваг пристрою можна віднести широкий набір вимірюваних параметрів, роботу із зовнішніми датчиками та можливість передавання даних. Основними недоліками є вища вартість,

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		16

складніша конструкція та закритість системи для самостійного доопрацювання.



Рисунок 1.4 – Xiaomi Smart Temperature and Humidity Monitor 3

Xiaomi Smart Temperature and Humidity Monitor 3 є компактним пристроєм для контролю температури та вологості у приміщенні. Він має LCD-дисплей, живиться від батарейки та може працювати через бездротове з'єднання у складі системи розумного дому. Перевагами цього пристрою є простота використання, компактність і низьке енергоспоживання. Однак за функціональними можливостями він не є повноцінною метеостанцією, оскільки вимірює лише температуру та вологість і не має зовнішнього сенсорного блоку для комплексного контролю параметрів середовища.

1.2 Розробка структурної схеми пристрою

Структурна схема IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних розроблена для відображення загальної побудови пристрою та взаємодії його основних функціональних вузлів. На цьому етапі розглядається не окреме електричне з'єднання кожного елемента, а логічний поділ системи на блоки, які виконують визначені функції: живлення, обробку даних, вимірювання параметрів середовища, індикацію, керування та обмін інформацією.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		17

Оскільки розроблювана метеостанція складається з двох функціональних частин, структурні схеми виконано окремо для основного блока та виносного сенсорного блока. Такий підхід дає змогу чітко показати призначення кожної частини системи і не перевантажувати одну схему великою кількістю функціональних зв'язків.

Основний блок `meteo_hub` є центральною частиною пристрою. Він призначений для приймання та обробки інформації, роботи з локальними сенсорами, відображення даних на дисплеї, взаємодії з користувачем і забезпечення бездротового обміну. Структурну схему основного блока IoT-метеостанції наведено на рис. 1.6.

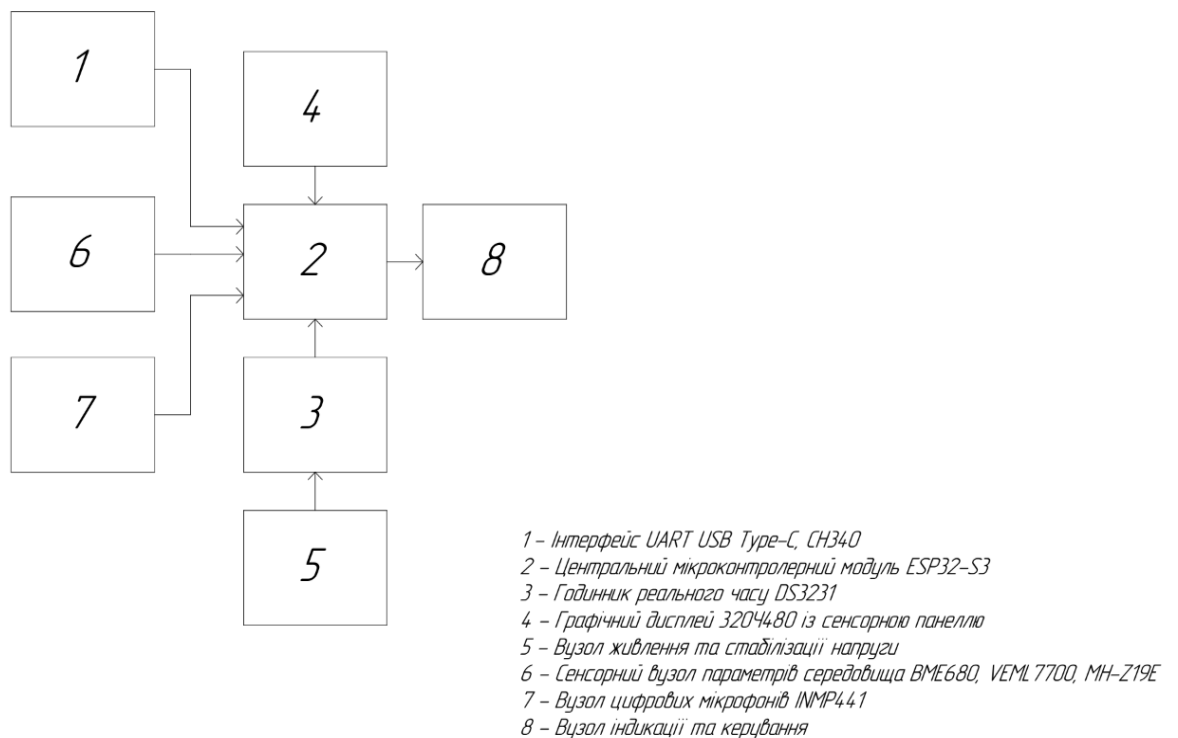


Рисунок 1.6 – Структурна схема основного блока IoT-метеостанції

Центральним елементом основного блока є мікроконтролерний модуль ESP32-S3. Він координує роботу інших вузлів, приймає дані від сенсорів, обробляє їх у межах алгоритму роботи пристрою та формує сигнали для відображення інформації на дисплеї. Використання ESP32-S3 є доцільним, оскільки цей модуль має достатню кількість ліній введення-виведення,

підтримує потрібні цифрові інтерфейси та забезпечує роботу бездротового зв'язку без застосування окремого радіомодуля.

Інтерфейс програмування та обміну даними виконаний на основі роз'ємів USB Type-C і перетворювача CH340. Цей вузол забезпечує підключення основного блока до комп'ютера, запис програмного забезпечення в мікроконтролер, налагодження пристрою та обмін службовими даними під час перевірки роботи системи.

Вузол годинника реального часу реалізований на мікросхемі DS3231. Він забезпечує збереження поточного часу та дати, що потрібно для коректної прив'язки вимірювань до часу, роботи часових функцій і відображення інформації користувачу. Для збереження часу при відсутності основного живлення використовується резервний елемент живлення CR2032.

Графічний дисплей із сенсорною панеллю призначений для виведення вимірних параметрів, службової інформації та елементів керування. Через цей вузол користувач отримує основну інформацію про стан метеостанції. Сенсорна панель дозволяє реалізувати зручнішу взаємодію з пристроєм без використання великої кількості механічних кнопок.

Вузол живлення та стабілізації напруги формує необхідні рівні живлення для мікроконтролера, сенсорів і допоміжних цифрових вузлів. Оскільки більшість елементів основного блока працює від напруги 3,3 В, стабілізатор напруги є обов'язковою частиною схеми. Фільтруючі конденсатори, що входять до вузла живлення, зменшують пульсації та підвищують стабільність роботи цифрової частини пристрою.

Сенсорний вузол основного блока містить датчики параметрів середовища. До нього входять VME680, VEML7700 та MH-Z19E. Ці сенсори використовуються для отримання даних про стан повітря, рівень освітленості та концентрацію вуглекислого газу. Дані з сенсорів надходять до мікроконтролера через відповідні цифрові інтерфейси, після чого можуть бути оброблені та виведені на дисплей.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		19

Вузол цифрових мікрофонів реалізований на модулях INMP441. Він призначений для приймання звукових сигналів у цифровій формі. У межах структурної схеми цей вузол показаний як окрема функціональна частина, яка передає дані до центрального мікроконтролера.

Вузол індикації та керування включає RGB-світлодіод, кнопку та допоміжні транзисторні елементи. Він використовується для відображення окремих станів пристрою та введення простих команд користувача. Такий вузол доповнює графічний дисплей і дає змогу швидко оцінити стан системи за світловою індикацією.

Допоміжний виносний блок `meteo_out` призначений для виконання зовнішніх вимірювань і передавання отриманих даних до основного блока. Його структурна схема наведена на рис. 1.7.

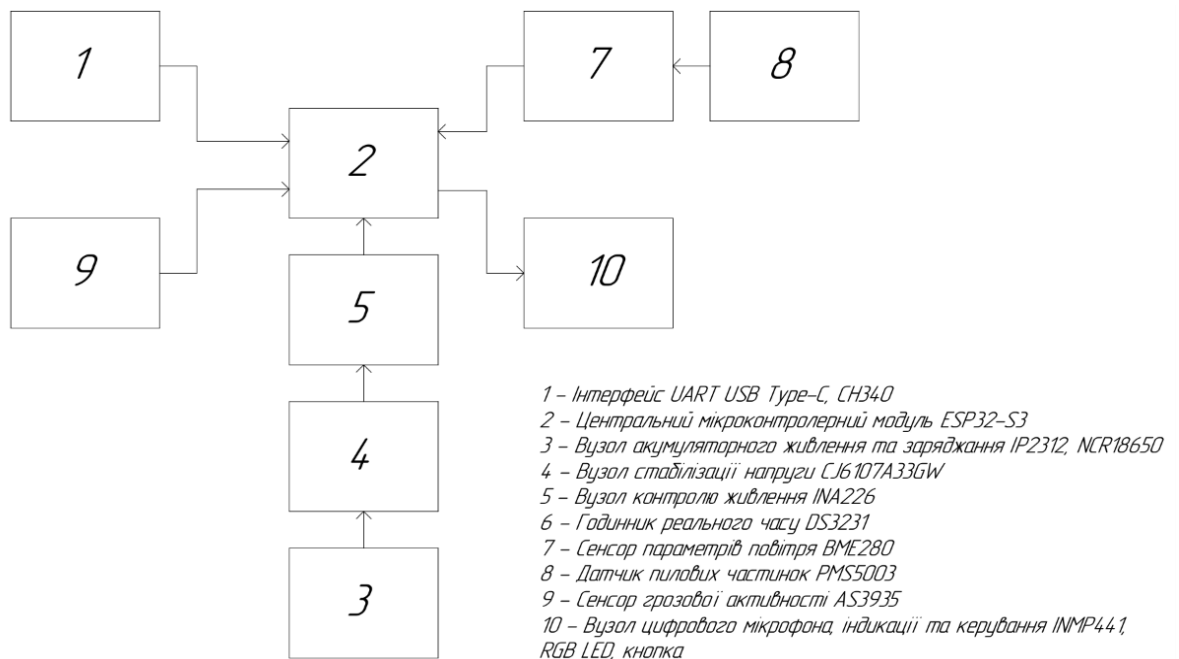


Рисунок 1.7 – Структурна схема виносного сенсорного блока IoT-метеостанції

Виносний сенсорний блок також побудований на основі модуля ESP32-S3. У цьому вузлі мікроконтролер виконує функції збирання даних із зовнішніх сенсорів, контролю стану допоміжних вузлів, обробки вимірювальної інформації та передавання її до основної частини системи.

Використання такого самого модуля, як і в основному блоці, спрощує розробку та забезпечує однаковий підхід до побудови обох частин метеостанції.

Інтерфейс програмування та обміну даними виносного блока також виконано на основі USB Type-C і CH340. Він використовується для програмування мікроконтролера, перевірки роботи вузла та проведення налагодження. Це особливо зручно під час окремої перевірки допоміжного блока без підключення до всієї системи.

Вузол акумуляторного живлення та заряджання забезпечує автономну роботу виносного блока. До його складу входить акумулятор NCR18650 та контролер заряджання IP2312. Наявність цього вузла дозволяє розміщувати сенсорний блок окремо від основного пристрою без постійного підключення до зовнішнього джерела живлення.

Вузол стабілізації напруги формує стабілізовану напругу для живлення мікроконтролера та цифрових компонентів. Це необхідно тому, що напруга акумулятора змінюється залежно від рівня заряду, а для надійної роботи електронних вузлів потрібне стабільне живлення. Стабілізатор забезпечує потрібний рівень напруги для низьковольтної частини схеми.

Для контролю стану живлення у виносному блоці використовується вузол на основі INA226. Він дає змогу контролювати параметри живлення, що є важливим для автономного пристрою. Дані з цього вузла надходять до мікроконтролера і можуть використовуватися для оцінки стану акумулятора та загального режиму роботи сенсорного блока.

Годинник реального часу DS3231 у виносному блоці забезпечує збереження часової інформації. Це дозволяє використовувати часові дані під час формування результатів вимірювань і синхронізувати роботу допоміжного вузла з основною частиною системи. Резервне живлення годинника виконується від елемента CR2032.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		21

Сенсор параметрів повітря VME280 використовується для вимірювання температури, вологості та атмосферного тиску. Ці параметри є основними для метеорологічного спостереження, тому даний сенсор є одним із базових елементів виносного блока.

Датчик пилових частинок PMS5003 призначений для контролю забрудненості повітря. Його використання розширює функціональність метеостанції, оскільки пристрій може оцінювати не лише базові метеорологічні параметри, а й якість повітря за вмістом пилових частинок.

Сенсор грозової активності AS3935 використовується для фіксації ознак грозових явищ. У структурній схемі він виділений як окремий вимірювальний вузол, оскільки виконує спеціалізовану функцію і працює незалежно від основних сенсорів температури, вологості та тиску.

Окремий вузол виносного блока об'єднує цифровий мікрофон, світлодіодну індикацію та кнопку керування. Мікрофонний модуль забезпечує приймання цифрового сигналу, світлодіоди використовуються для індикації стану пристрою, а кнопка – для простого ручного керування або службових режимів.

Розроблені структурні схеми показують, що IoT-метеостанція має чітко розділену архітектуру. Основний блок виконує функції центрального вузла системи, тоді як виносний блок працює як автономна сенсорна частина. Такий поділ дозволяє розміщувати сенсори у потрібних зонах контролю, зберігаючи зручність відображення інформації на основному пристрої.

У результаті розробки структурної схеми визначено основні функціональні вузли IoT-метеостанції та характер їх взаємодії. Прийнята структура є достатньою для подальшого проектування електричних принципових схем, вибору компонентної бази, розрахунку вузлів живлення і розробки друкованих плат основного та виносного блоків.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		22

Керуючим елементом основного блока є мікроконтролерний модуль DD6 ESP32S3-WROOM-1 N16R8. До нього підключені сенсорні модулі, дисплей, вузол індикації, інтерфейс програмування та інші допоміжні елементи схеми. Мікроконтролер приймає дані від сенсорів, виконує їх обробку, формує сигнали керування для дисплея та забезпечує роботу бездротового зв'язку. Використання ESP32-S3 є доцільним, оскільки модуль має достатню кількість ліній введення-виведення, підтримує потрібні цифрові інтерфейси та не потребує окремого радіомодуля для організації бездротового обміну.

Вузол програмування та обміну даними основного блока побудований на мікросхемі DD5 CH340 і роз'ємах XS1, XS2 USB Type-C. Мікросхема CH340 перетворює інтерфейс USB у послідовний UART, який використовується для програмування та налагодження мікроконтролерного модуля. Роз'єми USB Type-C забезпечують підключення кабелю живлення або зв'язку. У колах USB-інтерфейсу також передбачено резистори та діоди, які використовуються для узгодження сигналів і захисту відповідних ліній.

Живлення основного блока подається через USB Type-C. Для формування стабілізованої напруги цифрової частини використовується мікросхема DA1 JSCJ CJ6107A33GW. Вона забезпечує живлення мікроконтролера, сенсорів, годинника реального часу та інших вузлів стабілізованою напругою. У вхідних і вихідних колах стабілізатора встановлено конденсатори C1–C11. Вони виконують фільтрацію живлення, зменшують пульсації та підвищують стійкість роботи цифрових елементів схеми.

Для збереження поточного часу і дати у схемі застосовано мікросхему DD1 DS3231. Вона підключена до мікроконтролера через інтерфейс I2C. Резервне живлення годинника реального часу забезпечується елементом GB1 CR2032. Завдяки цьому час і дата зберігаються навіть після вимкнення основного живлення пристрою.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		24

Вимірювальна частина основного блока складається з кількох сенсорних вузлів. Датчик DD4 BME680 використовується для контролю параметрів повітря. Сенсор DD2 VEML7700 призначений для вимірювання освітленості. Модуль DD3 MH-Z19E використовується для визначення концентрації CO₂. Передавання даних від цих елементів до мікроконтролера виконується через цифрові інтерфейси, що спрощує обробку інформації та зменшує вплив завад порівняно з аналоговими сигналами.

Для відображення інформації в основному блоці використовується дисплейний модуль HG1 LCD 320×480 із сенсорною панеллю. Через дисплей користувач отримує інформацію про поточний стан метеостанції, вимірні параметри та службові повідомлення. Сенсорна панель дає змогу організувати керування пристроєм без встановлення великої кількості механічних кнопок.

У схемі також передбачено два цифрові мікрофонні модулі DD7 і DD8 INMP441. Вони підключаються до мікроконтролера через цифровий інтерфейс і працюють як допоміжні вхідні вузли. У межах цієї пояснювальної записки їх робота розглядається на рівні функціонального призначення, без деталізації внутрішньої програмної обробки сигналів.

Вузол індикації та керування основного блока містить RGB-світлодіод HL1, кнопку SA1, транзистори VT1, VT2 та резистори R7–R13. Світлодіод використовується для відображення окремих станів пристрою, а кнопка — для введення простих команд користувача або переходу до службових режимів. Транзисторні елементи застосовуються для узгодження сигналів керування з відповідними навантаженнями.

Виносний сенсорний блок `meteo_out` має власну електричну принципову схему, наведену на рис. 1.9. Цей блок працює як автономний вимірювальний вузол, який збирає дані із зовнішніх сенсорів, контролює стан живлення та передає інформацію до основного блока.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		25

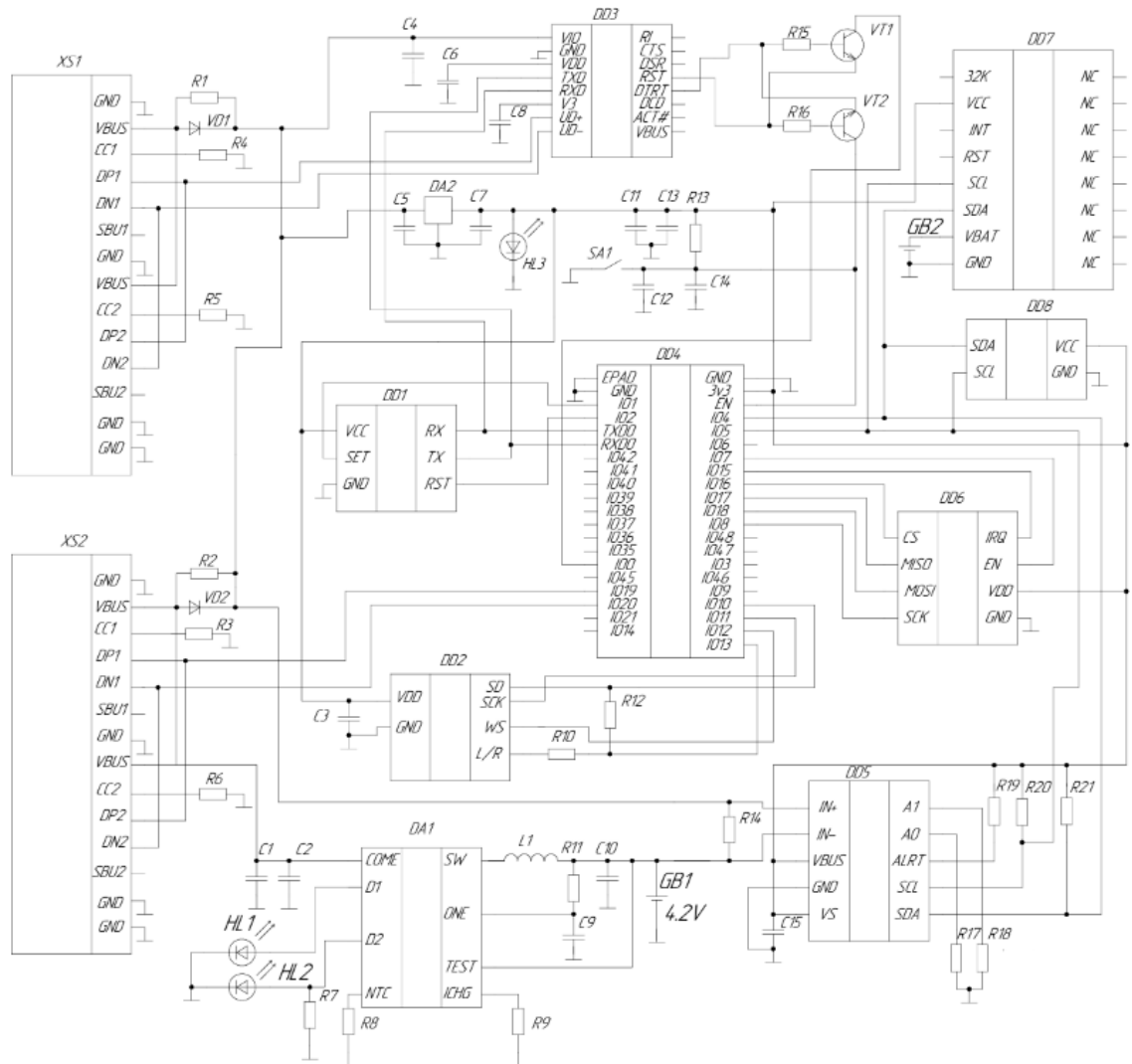


Рисунок 1.9 – Схема електрична принципова виносного сенсорного блока IoT-метеостанції

Керування виносним блоком виконує мікроконтролерний модуль DD4 ESP32S3-WROOM-1 N16R8. Він опитує сенсори, приймає дані від вузла контролю живлення, керує індикацією та забезпечує передавання інформації до основного блока. Використання такого самого мікроконтролерного модуля, як і в `meteo_hub`, спрощує розробку системи та забезпечує однаковий підхід до побудови обох частин метеостанції.

Вузол програмування і налагодження виносного блока виконаний на мікросхемі DD3 CH340 і роз'ємах XS1, XS2 USB Type-C. Через цей вузол здійснюється підключення плати до комп'ютера для запису програмного

забезпечення, перевірки роботи та службового обміну даними. Наявність окремого USB-UART інтерфейсу дозволяє налагоджувати виносний блок незалежно від основного блока.

Однією з особливостей `meteo_out` є автономне живлення. У схемі використано акумулятор GB1 NCR18650, вузол заряджання на мікросхемі DA1 IP2312 та елементи об'язки. Вузол заряджання забезпечує роботу з акумулятором і дає змогу відновлювати його заряд від зовнішнього джерела через USB. Для живлення цифрової частини застосовано стабілізатор DA2 CJ6107A33GW, який формує необхідний рівень стабілізованої напруги.

Контроль параметрів живлення у виносному блоці виконується за допомогою мікросхеми DD5 INA226. Вона використовується для вимірювання напруги та струму, що важливо для автономного пристрою. Отримані дані передаються до мікроконтролера і можуть використовуватися для оцінки стану акумулятора та режиму роботи сенсорного блока.

Для збереження часової інформації у виносному блоці передбачено мікросхему DD7 DS3231. Як і в основному блоці, резервне живлення годинника реального часу забезпечується елементом GB2 CR2032. Це дає змогу зберігати час незалежно від стану основного живлення виносного вузла.

Сенсорна частина `meteo_out` містить кілька елементів різного призначення. Датчик DD8 BME280 використовується для вимірювання температури, вологості та атмосферного тиску. Датчик DD1 PMS5003 призначений для контролю пилових частинок у повітрі. Сенсор DD6 AS3935 використовується для фіксації грозової активності. Додатково у схемі передбачено цифровий мікрофон DD2 INMP441, який може використовуватися для приймання звукового сигналу.

Вузол індикації та керування виносного блока містить RGB-світлодіоди HL1–HL3, кнопку SA1, транзистори VT1, VT2 та резистивні елементи. Світлодіоди призначені для відображення режимів роботи, стану живлення або помилок під час налагодження. Кнопка використовується для ручного

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		27

керування окремими функціями. Транзистори працюють як керуючі та узгоджувальні елементи для відповідних навантажень.

Отже, електричні принципові схеми основного та виносного блоків побудовані за єдиним принципом: керування виконує мікроконтролер ESP32-S3, а сенсори, вузли живлення, індикація, роз'єми та допоміжні елементи підключаються до нього як периферійні функціональні вузли. Основний блок призначений переважно для обробки й відображення інформації, а виносний блок — для автономного вимірювання параметрів середовища та передавання даних.

У результаті проєктування електричних принципових схем визначено склад апаратної частини IoT-метеостанції, призначення основних елементів і характер їх взаємодії. Прийняті схемотехнічні рішення забезпечують стабілізоване живлення цифрових вузлів, підключення сенсорів, індикацію, програмування, налагодження та бездротовий обмін даними між блоками пристрою.

1.3.2 Розрахунок вузла електричної принципової схеми пристрою

Для розрахунку вибрано вузол живлення IoT-метеостанції, оскільки від його роботи залежить стабільність мікроконтролерного модуля, сенсорів, інтерфейсних мікросхем та інших цифрових вузлів. У складі основного блока та виносного сенсорного блока використовується стабілізатор напруги CJ6107A33GW, який формує стабілізовану напругу 3,3 В. Умовне графічне позначення стабілізатора наведено на рис. 1.10.

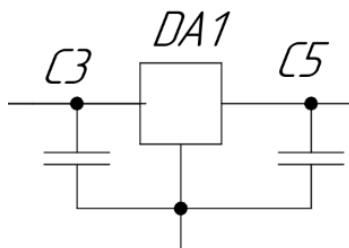


Рисунок 1.10 – Умовне графічне позначення стабілізатора CJ6107A33GW на схемі

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		28

За технічними характеристиками CJ6107A33GW є лінійним стабілізатором напруги типу LDO у корпусі SOT-223-4. Його основні параметри:

- вихідна напруга – 3,3 В;
- максимальний вихідний струм – 1 А;
- максимальна вхідна напруга – 6 В;
- падіння напруги при струмі 1 А – 500 мВ;
- струм власного споживання – 70 мкА;
- коефіцієнт пригнічення пульсацій – 70 дБ при 1 кГц;
- діапазон робочих температур – від -40 °С до +85 °С;
- наявність захисту від перевантаження за струмом і перегріву.

Основний блок `meteo_hub` живиться від джерела напругою 5 В. Ця напруга подається на вузол стабілізації, після чого формується напруга 3,3 В для живлення мікроконтролера ESP32-S3, сенсорів, годинника реального часу та інших цифрових елементів.

Перевіримо, чи відповідає стабілізатор вимогам за вихідною напругою:

$$U_{\text{вих}} = 3,3\text{В}$$

де, $U_{\text{вих}}$ – вихідна напруга стабілізатора, В.

Оскільки цифрові вузли пристрою працюють від напруги 3,3 В, умова за вихідною напругою виконується.

Мінімальна вхідна напруга, за якої стабілізатор може підтримувати стабілізовану вихідну напругу при максимальному навантаженні, визначається за формулою:

$$U_{\text{вх min}} = U_{\text{вих}} + U_{\text{drop}} \quad (1.1)$$

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підп.	Дата		29

де, $U_{\text{вх min}}$ – мінімальна вхідна напруга стабілізатора, за якої він може підтримувати стабілізовану вихідну напругу В;

$U_{\text{вих}}$ – вихідна напруга стабілізатора В;

U_{drop} – падіння напруги на стабілізаторі, В.

Підставляємо значення:

$$U_{\text{вх min}} = 3,3 + 0,5 = 3,8 \text{ В}$$

Отже, для стабільного формування напруги 3,3 В при максимальному струмі навантаження на вхід стабілізатора потрібно подавати не менше 3,8 В.

У режимі живлення від USB-джерела напругою 5 В ця умова виконується:

$$U_{\text{ж}} > U_{\text{вх min}} \quad (1.2)$$

$$5 > 3.8$$

де, $U_{\text{ж}}$ – напруга живлення, яка подається на вхід стабілізатора, В;

$U_{\text{вх min}}$ – мінімальна вхідна напруга стабілізатора, В.

Перевіримо стабілізатор за допустимим вихідним струмом. Для основного блока максимальний струм споживання приймається:

$$I_1 = 0,5\text{А}$$

де, I_1 – максимальний струм споживання основного блока `meteo_hub`, А.

Максимальний допустимий вихідний струм стабілізатора:

$$I_{\text{доп}} = 1\text{А}$$

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		30

де, $I_{\text{доп}}$ – максимально допустимий вихідний струм стабілізатора, А

$$I_1 \leq I_{\text{доп}} \quad (1.3)$$

$$0,5 \leq 1$$

Отже, для основного блока стабілізатор CJ6107A33GW має достатній запас за струмом.

Потужність, яка споживається основним блоком від джерела живлення 5 В при максимальному струмі, визначається за формулою:

$$P_1 = U_{\text{ж}} * I_1 \quad (1.4)$$

де, P_1 – максимальна потужність споживання основного блока, Вт;

$U_{\text{ж}}$ – напруга живлення основного блока, В;

I_1 – максимальний струм споживання основного блока, А.

$$P_1 = 5 * 0.5 = 2.5 \text{ Вт}$$

Орієнтовна максимальна потужність, яку споживає основний блок від джерела 5 В, становить 2,5 Вт.

Оскільки стабілізатор є лінійним, частина потужності розсіюється на ньому у вигляді тепла. Потужність розсіювання визначається за формулою:

$$P_{\text{розс1}} = (U_{\text{вх}} - U_{\text{вих}}) * I_{\text{н}} \quad (1.5)$$

де, $P_{\text{розс1}}$ – потужність, яка розсіюється на стабілізаторі у вигляді тепла, Вт;

$U_{\text{вх}}$ – вхідна напруга стабілізатора, В;

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		31

$U_{\text{вих}}$ – вихідна напруга стабілізатора, В;

$I_{\text{н}}$ – струм навантаження стабілізатора, А.

$$P_{\text{розс1}} = (5 - 3,3) * 0,5 = 0,85 \text{ Вт}$$

Отже, при максимальному навантаженні основного блока на стабілізаторі може розсіюватися до 0,85 Вт. Для корпусу SOT-223-4 таке значення потребує достатньої площі мідних ділянок на друкованій платі для відведення тепла. Тому під час компонування друкованого вузла стабілізатор доцільно розміщувати так, щоб його теплова площадка мала надійний контакт із мідним полігоном або розширеною ділянкою провідника.

Для виносного блока `meteo_out` максимальний струм споживання приймається:

$$I_2 = 1 \text{ А}$$

де, I_2 – максимальний струм споживання виносного блока `meteo_out`, А.

При живленні або налагодженні від джерела 5 В максимальна споживана потужність виносного блока становить:

$$P_2 = U_{\text{ж}} * I_2 \tag{1.6}$$

де, P_2 – максимальна потужність споживання виносного блока, Вт;

$U_{\text{ж}}$ – напруга живлення виносного блока, В;

I_2 – максимальний струм споживання виносного блока, А.

$$P_2 = 5 * 1 = 5 \text{ Вт}$$

Орієнтовна максимальна потужність, яку може споживати виносний сенсорний блок при живленні від 5 В, становить 5 Вт. Це значення враховує роботу мікроконтролера, сенсорів, вузла контролю живлення, індикації та режим заряджання акумулятора.

Перевіримо стабілізатор за струмом для виносного блока:

$$I_2 \leq I_{\text{доп}} \quad (1.7)$$

$$1 \leq 1$$

Умова за максимальним струмом виконується на межі допустимого значення. Тому для виносного блока важливо враховувати, що не весь струм 1 А проходить саме через стабілізатор 3,3 В. Частина струму може припадати на кола заряджання акумулятора та інші вузли живлення. Для цифрової частини стабілізатор CJ6107A33GW є придатним за умови, що струм його навантаження не перевищує 1 А.

Максимальна потужність розсіювання на стабілізаторі в граничному випадку при струмі 1 А становить:

$$P_{\text{розс2}} = (U_{\text{вх}} - U_{\text{вих}}) * I_{\text{н}} \quad (1.8)$$

де, $P_{\text{розс2}}$ – потужність, яка розсіюється на стабілізаторі у вигляді тепла, Вт;

$U_{\text{вх}}$ – вхідна напруга стабілізатора, В;

$U_{\text{вих}}$ – вихідна напруга стабілізатора, В;

$I_{\text{н}}$ – струм навантаження стабілізатора, А.

$$P_{\text{розс1}} = (5 - 3,3) * 1 = 1,7 \text{ Вт}$$

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		33

Таке значення є суттєвим для лінійного стабілізатора у корпусі SOT-223-4, тому в реальній роботі необхідно забезпечити тепловий запас: не перевищувати допустимий струм навантаження, застосовувати мідні площини для тепловідведення та враховувати нагрівання стабілізатора під час тривалої роботи.

Виносний сенсорний блок має акумуляторне живлення від елемента NCR18650 з номінальною напругою 3,7 В і ємністю 3400 мА·год. Максимальна напруга повністю зарядженого літій-іонного акумулятора становить приблизно 4,2 В. Оскільки мінімальна вхідна напруга стабілізатора при струмі 1 А становить 3,8 В, при повністю зарядженому акумуляторі стабілізація напруги 3,3 В можлива:

$$U_{\text{акб макс}} > U_{\text{вх мін}} \quad (1.9)$$

де, $U_{\text{акб макс}}$ – максимальна напруга повністю зарядженого акумулятора, В;
 $U_{\text{вх мін}}$ – мінімальна вхідна напруга стабілізатора, В.

$$4,2 > 3,8$$

Однак під час розряду акумулятора його напруга зменшується. Тому при зниженні напруги нижче 3,8 В стабілізатор не зможе гарантовано підтримувати 3,3 В при максимальному струмі навантаження. Це враховується на рівні вузла контролю живлення, який дає змогу відстежувати стан акумулятора та режим роботи виносного блока.

Орієнтовний час автономної роботи виносного сенсорного блока можна оцінити за ємністю акумулятора та струмом споживання. У найгіршому випадку, якщо прийняти максимальний струм споживання 1 А, час роботи визначається за формулою:

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		34

$$t = \frac{C}{I_2} \quad (1.10)$$

де, t – орієнтовний час автономної роботи виносного сенсорного блока, год;

C – ємність акумулятора, А/год;

I_2 – струм споживання виносного сенсорного блока, А.

$$C = 3400\text{мА} = 3,4\text{А/год}$$

$$t = \frac{3400}{1} = 3,4 \text{ год}$$

Отримане значення є орієнтовною мінімальною оцінкою часу автономної роботи при максимальному навантаженні. У реальних умовах струм споживання залежить від режиму роботи сенсорів, частоти передавання даних, активності мікроконтролера, роботи індикації та інших факторів. Тому фактичний час автономної роботи може бути більшим, якщо частина вузлів працює періодично або з меншим струмом.

За результатами розрахунку встановлено, що стабілізатор SJ6107A33GW відповідає вимогам схеми за вихідною напругою 3,3 В і допустимим струмом до 1 А. Для основного блока він має достатній запас за струмом. Для виносного блока його застосування також є допустимим, але потребує врахування теплового режиму та струму, який фактично споживає цифрова частина схеми.

1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази

1.4.1 Опис та блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера

IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних побудована на основі двох мікроконтролерних вузлів. Основний блок `meteo_hub` виконує функції центральної частини системи, а виносний блок `meteo_out` працює як

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		35

автономний сенсорний вузол. В обох блоках використовується мікроконтролерний модуль ESP32-S3, тому загальний принцип побудови алгоритму є подібним, однак функції кожного мікроконтролера відрізняються відповідно до призначення блока.

Мікроконтролер основного блока `meteo_hub` забезпечує керування локальними сенсорами, приймання даних від виносного блока, обробку отриманої інформації, роботу з дисплеєм, індикацією та елементами керування. Крім того, він відповідає за організацію бездротового обміну даними, оскільки бездротовий канал реалізується засобами самого мікроконтролерного модуля ESP32-S3. Завдяки цьому основний блок виконує роль координуючого вузла, який об'єднує локальні вимірювання, дані від виносного блока та інтерфейс користувача.

Після подавання живлення мікроконтролер основного блока переходить до етапу початкової ініціалізації. На цьому етапі налаштовуються лінії введення-виведення, цифрові інтерфейси I2C, UART, SPI та I2S, а також периферійні пристрої, підключені до мікроконтролера. До таких пристроїв належать дисплейний модуль із сенсорною панеллю, годинник реального часу DS3231, сенсори BME680, VEML7700, MH-Z19E, цифрові мікрофони INMP441 та вузол світлодіодної індикації.

Після завершення ініціалізації мікроконтролер перевіряє готовність основних вузлів. Перевіряється наявність відповіді від сенсорів, коректність роботи годинника реального часу, готовність дисплейного модуля та можливість обміну даними з іншими частинами системи. Якщо один із вузлів не відповідає або працює некоректно, пристрій формує повідомлення про помилку або вмикає відповідну індикацію. Такий підхід дозволяє не зупиняти роботу всієї системи при несправності окремого сенсора, а повідомити користувача про проблему та продовжити роботу з доступними вузлами.

У робочому циклі мікроконтролер основного блока зчитує поточний час із DS3231, отримує дані від локальних сенсорів і приймає інформацію від

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		36

виносного сенсорного блока. Після цього виконується первинна перевірка отриманих значень, відкидання некоректних або відсутніх даних, підготовка інформації до відображення та оновлення показників на дисплеї. Додатково мікроконтролер керує RGB-індикацією, яка використовується для відображення окремих станів пристрою, наприклад нормальної роботи, помилки сенсора або втрати зв'язку з виносним блоком.

Окремо в алгоритмі передбачено обробку дій користувача. Користувач може взаємодіяти з пристроєм через сенсорну панель дисплея або кнопку керування. У разі виявлення такої дії мікроконтролер виконує відповідну службову операцію: змінює режим відображення, оновлює стан елементів інтерфейсу або переходить до іншого інформаційного екрана. Після виконання дії користувача система повертається до основного циклу опитування сенсорів, приймання даних і оновлення інформації.

Мікроконтролер виносного блока `meteo_out` працює за подібним циклічним принципом, але його алгоритм орієнтований переважно на автономне збирання вимірювальної інформації. Після подавання живлення він виконує ініціалізацію мікроконтролера, сенсорів, вузла контролю живлення, індикації та бездротового каналу. Після цього перевіряється стан акумуляторного живлення, готовність сенсорів і можливість передавання даних до основного блока.

У робочому режимі `meteo_out` періодично зчитує показники сенсорів, контролює напругу та струм живлення, формує набір виміряних даних і передає його до `meteo_hub`. Якщо зв'язок з основним блоком тимчасово відсутній, виносний вузол може продовжувати опитування сенсорів і повторювати спроби передавання даних у наступних циклах. Це підвищує стійкість роботи системи, оскільки короткочасне порушення зв'язку не призводить до повної зупинки вимірювального процесу.

У процесі роботи основний блок не тільки відображає поточні показники, а й узгоджує роботу всіх частин метеостанції. Мікроконтролер

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		37

періодично оновлює дані, контролює доступність сенсорів і виносного блока, а також підтримує роботу інтерфейсу користувача. Завдяки цьому `meteo_hub` виконує роль центрального координуючого вузла, який об'єднує вимірювальну частину, індикацію, керування та бездротовий обмін у єдину систему.

Періодичне повторення робочого циклу дозволяє підтримувати актуальність відображуваної інформації та своєчасно реагувати на зміну параметрів середовища. При цьому алгоритм не прив'язаний до одного окремого датчика, а побудований так, щоб система могла працювати з кількома вимірювальними вузлами одночасно.

Блок-схему алгоритму роботи мікроконтролера основного блока `meteo_hub` наведено на рис. 1.11.

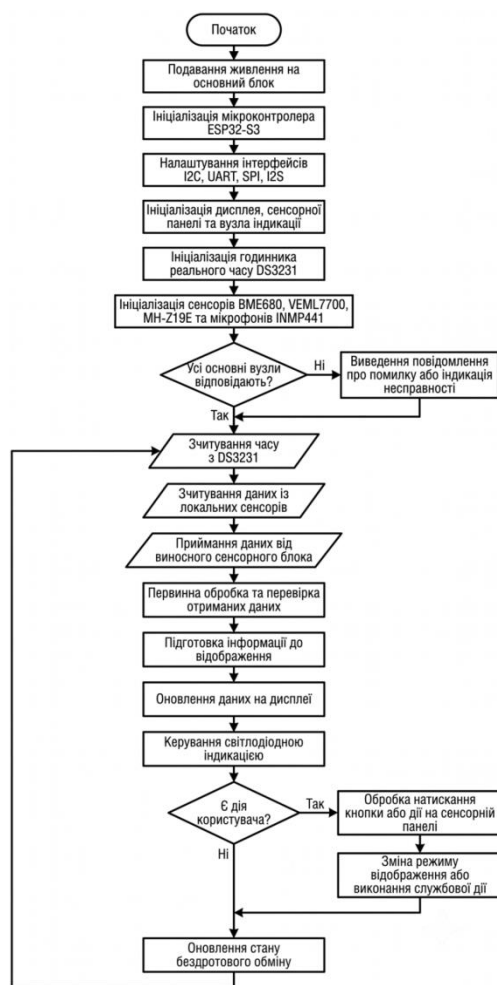


Рисунок 1.11 – Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера основного блока `meteo_hub`

Алгоритм роботи виносного сенсорного блока `meteo_out` має інше функціональне спрямування. Цей блок не виконує роль пристрою відображення, а призначений для автономного вимірювання параметрів середовища та передавання отриманих даних до основного блока. Тому в його алгоритмі більше уваги приділяється опитуванню сенсорів, контролю живлення та роботі в автономному режимі.

Після подавання живлення мікроконтролер виносного блока також виконує початкову ініціалізацію. На цьому етапі налаштовуються цифрові інтерфейси, вузол контролю живлення INA226, годинник реального часу DS3231, сенсори BME280, PMS5003, AS3935, цифровий мікрофон INMP441 та вузол індикації. Оскільки виносний блок живиться від акумулятора, після ініціалізації виконується перевірка напруги живлення та стану акумулятора.

Якщо напруга живлення є недостатньою, мікроконтролер формує відповідну індикацію низького заряду. Якщо параметри живлення перебувають у допустимих межах, пристрій переходить до основного циклу вимірювання. У цьому циклі мікроконтролер зчитує часову інформацію, параметри живлення, дані з датчика BME280, датчика пилових частинок PMS5003, сенсора грозової активності AS3935 та цифрового мікрофона.

Після зчитування даних виконується їх первинна обробка та перевірка. Далі формується набір даних для передавання до основного блока. До нього входять виміряні параметри середовища, службова інформація та дані про стан живлення. Передавання інформації здійснюється бездротовим способом. Якщо передавання виконано успішно, виносний блок переходить до паузи між циклами вимірювання. Якщо передавання не відбулося, мікроконтролер може виконати повторну спробу або сформувати індикацію помилки зв'язку.

Використання циклічного алгоритму є доцільним для виносного сенсорного блока, оскільки він працює від акумулятора. Після завершення вимірювання та передавання даних пристрій може переходити до паузи між циклами, що зменшує загальне енергоспоживання. Тривалість цієї паузи

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		39

залежить від вибраного режиму роботи пристрою.

Блок-схему алгоритму роботи мікроконтролера виносного сенсорного блока `meteo_out` наведено на рис. 1.12.

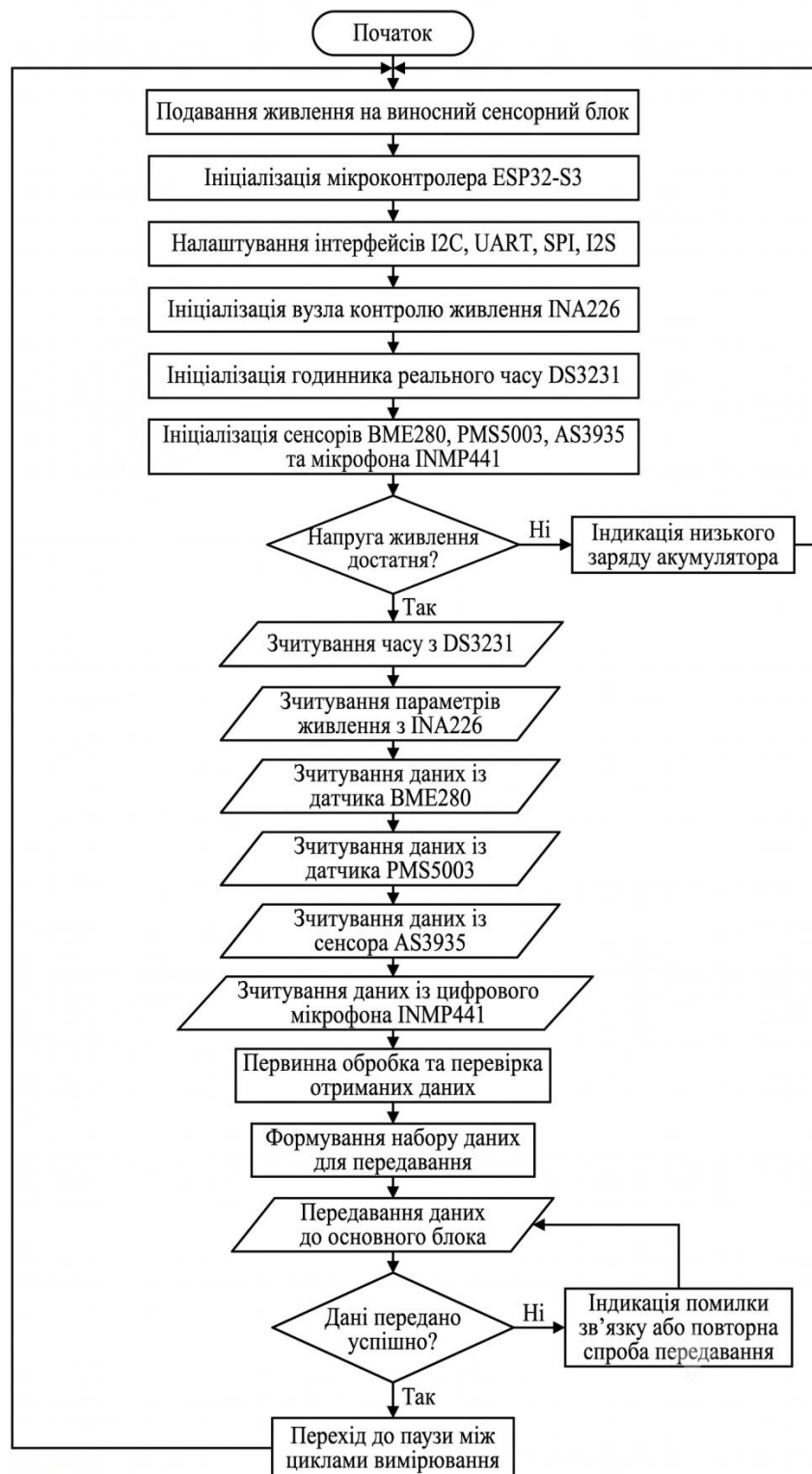


Рисунок 1.12 – Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера виносного сенсорного блока `meteo_out`

Таким чином, алгоритми роботи мікроконтролерів відповідають функціональному призначенню обох частин IoT-метеостанції. Основний блок забезпечує приймання, обробку та відображення інформації, а виносний блок виконує автономне вимірювання параметрів середовища і передає отримані дані до центрального вузла. Детальна внутрішня програмна реалізація у цьому підрозділі не розглядається, оскільки основна увага кваліфікаційної роботи зосереджена на розробці апаратної частини, електричних схем і конструкторської документації пристрою.

1.4.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Вибір елементної бази IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних виконано з урахуванням призначення пристрою, його двоблокової структури, напруг живлення, струмового навантаження, кількості інтерфейсів, умов монтажу та вимог до габаритів друкованих плат. Під час вибору компонентів враховувалась їх сумісність із мікроконтролерним модулем ESP32-S3, можливість роботи від напруги 3,3 В, підтримка цифрових інтерфейсів, доступність елементів і придатність до поверхневого монтажу.

Оскільки пристрій складається з основного блока `meteo_hub` та виносного сенсорного блока `meteo_out`, елементну базу доцільно розглядати за функціональними групами. Такий підхід дозволяє не дублювати специфікацію, а показати призначення основних компонентів і пояснити причини їх використання у схемі.

Основою обох блоків є мікроконтролерний модуль ESP32S3-WROOM-1 N16R8. Його вибір зумовлений тим, що він має достатню кількість ліній введення-виведення та підтримує інтерфейси I2C, UART, SPI та I2S, які використовуються для підключення сенсорів, дисплея, мікрофонів, годинника реального часу та службових вузлів. Крім того, модуль ESP32-S3 має вбудовані засоби бездротового зв'язку, тому для передавання даних між частинами метеостанції не потрібно встановлювати окремий радіомодуль.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		41

Використання однакового мікроконтролерного модуля в обох блоках спрощує налагодження та робить апаратну частину більш уніфікованою.

Для програмування та налагодження у схемах використано мікросхему СН340. Вона виконує перетворення інтерфейсу USB у послідовний UART і забезпечує зв'язок мікроконтролера з комп'ютером. Таке рішення є зручним для запису програмного забезпечення, перевірки роботи пристрою та діагностики під час налагодження. Для підключення живлення й обміну даними застосовано роз'єми USB Type-C, які є поширеними, компактними та зручними в експлуатації.

Живлення цифрової частини пристрою здійснюється від стабілізованої напруги 3,3 В. Для цього у схемах використано стабілізатор CJ6107A33GW. Він забезпечує потрібний рівень напруги для мікроконтролера, сенсорів та інтерфейсних мікросхем. Допустимий вихідний струм стабілізатора до 1 А є достатнім для живлення цифрових вузлів пристрою, а наявність захисту від перевантаження за струмом і перегріву підвищує надійність вузла живлення.

Для збереження поточного часу в обох блоках застосовано годинник реального часу DS3231. Його використання дозволяє зберігати дату й час навіть після вимкнення основного живлення, оскільки для резервного живлення передбачено елемент CR2032. Наявність RTC є доцільною для метеостанції, оскільки результати вимірювань зручно прив'язувати до часу.

Сенсорна частина основного блока сформована з елементів, які забезпечують контроль параметрів приміщення та навколишнього середовища біля центрального вузла. Для цього використано VME680, VEML7700 і MH-Z19E. Сенсор VME680 застосовується для контролю параметрів повітря, VEML7700 – для вимірювання рівня освітленості, а MH-Z19E – для визначення концентрації вуглекислого газу. Усі ці елементи передають дані в цифровій формі, що спрощує їх підключення до мікроконтролера та зменшує вплив завад у порівнянні з аналоговими сенсорами.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		42

Для відображення інформації в основному блоці використано графічний LCD-дисплей 320x480 із сенсорною панеллю. Такий дисплей дозволяє виводити не лише окремі числові значення, а й службову інформацію, стани системи та елементи інтерфейсу. Сенсорне керування зменшує кількість механічних органів керування і робить пристрій зручнішим для користувача.

У складі основного блока також застосовано цифрові мікрофони INMP441. Їх вибір пояснюється тим, що вони формують цифровий сигнал і можуть підключатися до мікроконтролера без додаткового аналогового підсилювального тракту. Це спрощує схемне рішення та зменшує кількість допоміжних компонентів.

Виносний сенсорний блок `meteo_out` має власну елементну базу, оскільки він працює автономно та виконує вимірювання в окремій точці контролю. Для живлення використано акумулятор NCR18650 з номінальною напругою 3,7 В і ємністю 3400 мА·год. Такий тип акумулятора поширений у портативних електронних пристроях і має достатню ємність для живлення сенсорного вузла. Для заряджання акумулятора застосовано мікросхему IP2312, яка дозволяє організувати заряджання від зовнішнього джерела через USB.

Оскільки виносний блок працює від акумулятора, у його складі передбачено вузол контролю живлення на основі INA226. Ця мікросхема використовується для контролю напруги та струму, що дає змогу оцінювати стан акумулятора і режим роботи сенсорного вузла. Наявність такого контролю є важливою для автономної частини пристрою, оскільки дозволяє відстежувати енергетичний стан системи.

Для вимірювання параметрів середовища у виносному блоці використано BME280, PMS5003 та AS3935. Датчик BME280 забезпечує вимірювання температури, вологості та атмосферного тиску. PMS5003 використовується для контролю пилових частинок у повітрі, що розширює можливості метеостанції та дозволяє оцінювати забрудненість повітря. Сенсор AS3935

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		43

призначений для фіксації грозової активності, тому він доповнює систему спеціалізованою функцією зовнішнього моніторингу.

Для візуальної індикації стану пристрою використано RGB-світлодіоди SMD 3528. Вони дають змогу показувати режими роботи, помилки, стан живлення або службові стани під час налагодження. Для ручного керування застосовано тактові кнопки ST-1185S. Такі кнопки мають невеликі габарити, прості у монтажі та достатні для виконання службових дій користувача.

Пасивні елементи вибрано переважно у SMD-виконанні. Резистори використовуються для обмеження струму, формування підтягувальних кіл, задання режимів роботи мікросхем і узгодження сигналів. Конденсатори застосовуються у колах фільтрації та розв'язки живлення, що є необхідним для стабільної роботи цифрових вузлів. Діоди SS14 використовуються у колах живлення та захисту, а транзистори S8050 – як керуючі та узгоджувальні елементи.

Вибрана елементна база відповідає вимогам до IoT-метеостанції, оскільки забезпечує вимірювання необхідних параметрів середовища, обробку даних, індикацію, бездротовий обмін, програмування, налагодження та автономну роботу виносного блока. Переважне використання SMD-компонентів дозволяє зменшити габарити друкованих плат і спростити компонування пристрою. Усі основні компоненти сумісні з напругою живлення 3,3 В або мають відповідні вузли узгодження та живлення, що забезпечує стабільну роботу обох частин системи.

Основні функціональні групи елементів, використаних у пристрої, наведено в табл. 1.2.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		44

Таблиця 1.2 – Основні функціональні групи елементної бази IoT-метеостанції

Функціональна група	Основні елементи	Призначення та обґрунтування вибору
Мікроконтролерний вузол	ESP32S3-WROOM-1 N16R8	Центральний керуючий елемент обох блоків; забезпечує опитування сенсорів, керування периферією та бездротовий обмін
Інтерфейс програмування	CH340, USB Type-C	Дозволяє програмувати та налагоджувати мікроконтролер через USB-підключення
Вузол стабілізації живлення	CJ6107A33GW, фільтруючі конденсатори	Формує напругу 3,3 В для цифрових вузлів і забезпечує стабільність живлення
Годинник реального часу	DS3231, CR2032	Забезпечує збереження часу і дати при вимкненні основного живлення
Сенсори основного блока	BME680, VEML7700, MH-Z19E	Виконують вимірювання параметрів повітря, освітленості та концентрації CO ₂
Засоби відображення	LCD 320x480 із сенсорною панеллю	Забезпечують виведення інформації та взаємодію користувача з основним блоком
Мікрофонний вузол	INMP441	Забезпечує приймання цифрового звукового сигналу без додаткової аналогової обробки
Акумуляторне живлення	NCR18650, IP2312	Забезпечує автономну роботу та заряджання виносного сенсорного блока
Контроль живлення	INA226	Дозволяє контролювати напругу та струм автономного вузла
Сенсори виносного блока	BME280, PMS5003, AS3935	Забезпечують вимірювання метеорологічних параметрів, пилових частинок і грозової активності
Індикація та керування	RGB LED SMD 3528, ST-1185S	Використовуються для відображення режимів роботи та ручного керування
Допоміжні елементи	Резистори, конденсатори, SS14, S8050	Забезпечують фільтрацію живлення, підтягування ліній, захист і керування окремими вузлами

1.5 Компоновка друкованого вузла, розрахунок надійності та друкованого монтажу

1.5.1 Компоновка друкованого вузла

Компоновка друкованого вузла є одним із важливих етапів проектування IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних. На цьому етапі визначається форма друкованої плати, її габаритні розміри, розташування електрорадіоелементів, розміщення роз'ємів, сенсорів, вузлів живлення та елементів керування. Від правильності компонування залежить зручність трасування, стабільність роботи пристрою, технологічність виготовлення та подальша зручність складання друкованого вузла.

Оскільки розроблювана метеостанція складається з двох функціональних частин, компонування виконано окремо для основного блока `meteo_hub` та виносного сенсорного блока `meteo_out`. Обидві друковані плати мають прямокутну форму, що є найбільш технологічним варіантом для виготовлення. Така форма спрощує розкрій заготовки, механічну обробку контуру, встановлення плати в корпус і розміщення монтажних отворів.

Для обох вузлів прийнято двосторонні друковані плати з матеріалу FR-4. Використання двох провідникових шарів є доцільним, оскільки схеми містять мікроконтролерні модулі, сенсорні елементи, USB Type-C роз'єми, інтерфейсні лінії I2C, UART, SPI, I2S, вузли живлення та значну кількість пасивних компонентів. Двостороння плата дає змогу скоротити довжину з'єднань, зменшити кількість перемичок і забезпечити раціональне розміщення провідників живлення та загального проводу.

Компонування основного блока `meteo_hub` виконано з урахуванням його призначення як центральної частини системи. На платі основного блока розміщено мікроконтролерний модуль ESP32-S3, інтерфейс програмування USB-UART, вузол стабілізації живлення, годинник реального часу DS3231, сенсори BME680, VEML7700, MH-Z19E, цифрові мікрофони INMP441,

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		46

дисплейний інтерфейс, RGB-світлодіод, кнопку керування та пасивні елементи обв'язки.

Мікроконтролерний модуль ESP32-S3 розміщується так, щоб забезпечити зручне підведення сигнальних ліній до основних периферійних вузлів. Під час компоновання враховується наявність вбудованої антенної частини модуля, тому біля зони антени не допускається щільне розміщення металізованих ділянок, великих компонентів або провідників, які можуть погіршити умови бездротового зв'язку. Таке розташування модуля дозволяє зберегти працездатність радіоканалу та одночасно зменшити довжину цифрових з'єднань.

Вузол живлення основного блока розміщується поблизу USB Type-C роз'ємів, через які подається напруга 5 В. Таке рішення зменшує довжину вхідних силових провідників і знижує втрати напруги на ділянці від роз'єму до стабілізатора. Фільтруючі конденсатори розташовуються якомога ближче до виводів стабілізатора та мікросхем, оскільки вони забезпечують розв'язку живлення і зменшують вплив пульсацій на цифрову частину схеми.

Роз'єми USB Type-C доцільно розміщувати біля краю друкованої плати. Це спрощує підключення кабелю живлення або кабелю для програмування та налагодження. Таке рішення також зменшує механічне навантаження на центральну частину плати під час підключення зовнішніх кабелів.

Дисплейний інтерфейс розміщується з урахуванням зручного підключення графічного дисплея 320×480 із сенсорною панеллю. Лінії керування дисплеєм та сенсорною панеллю повинні мати мінімально можливу довжину, оскільки вони належать до цифрових сигнальних кіл. Розміщення дисплейного роз'єму або контактної групи біля краю плати спрощує монтаж дисплейного модуля в корпусі пристрою.

Сенсорні елементи основного блока розташовуються так, щоб зменшити вплив нагрівання від вузла живлення, мікроконтролера та інших активних елементів. Датчики параметрів повітря та освітленості не слід розміщувати

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		47

впритул до стабілізатора, силових провідників або елементів, що можуть нагріватися під час роботи. Це дозволяє підвищити достовірність вимірювань і зменшити похибку, пов'язану з локальним нагріванням плати.

Годинник реального часу DS3231 і резервний елемент живлення CR2032 розміщуються поблизу один одного, щоб скоротити довжину з'єднань резервного живлення. Кнопка керування та RGB-світлодіод розміщуються у доступній для користувача зоні. Світлодіод повинен бути видимим після встановлення плати в корпус, а кнопка – зручною для натискання або виведення на зовнішню частину корпусу.

Виносний сенсорний блок `meteo_out` має інше компонування, оскільки він призначений для автономної роботи та розміщення в окремій точці контролю. На його платі розміщено мікроконтролерний модуль ESP32-S3, інтерфейс USB-UART, вузол заряджання акумулятора IP2312, стабілізатор напруги CJ6107A33GW, вузол контролю живлення INA226, акумулятор NCR18650, годинник реального часу DS3231, сенсори BME280, PMS5003, AS3935, цифровий мікрофон INMP441, RGB-світлодіоди, кнопку керування та допоміжні пасивні елементи.

Під час компонування виносного блока основну увагу приділено розділенню силових і вимірювальних ділянок схеми. Вузол заряджання акумулятора, стабілізатор напруги та елементи контролю живлення розміщуються ближче до USB Type-C роз'ємів та акумуляторного кола. Це дозволяє скоротити силові провідники, зменшити падіння напруги та підвищити стабільність живлення цифрових вузлів.

Акумулятор NCR18650 розміщується з урахуванням його габаритів і механічного кріплення. Для такого елемента важливо передбачити достатнє місце на платі або в корпусі, щоб він не заважав встановленню інших компонентів і не створював надмірного механічного навантаження на друкований вузол.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		48

Біля акумуляторного кола розміщуються елементи заряджання та контролю живлення, що спрощує трасування відповідних з'єднань.

Сенсор VME280, датчик пилових частинок PMS5003 і сенсор грозової активності AS3935 розміщуються з урахуванням їх функціонального призначення. Сенсори, які вимірюють параметри повітря, не повинні бути перекриті великими елементами або розташовані у зоні локального нагрівання. Для датчика пилових частинок важливо забезпечити можливість нормального проходження повітря, тому його розміщення узгоджується з конструкцією корпусу та напрямком повітряного потоку.

Мікроконтролерний модуль ESP32-S3 у виносному блоці розміщується так, щоб забезпечити зручне підключення сенсорів і не погіршити роботу бездротового зв'язку. Зона антени модуля повинна залишатися вільною від щільного розміщення металізованих елементів. Це особливо важливо для виносного блока, оскільки він передає дані до основної частини системи бездротовим способом.

Вузол контролю живлення INA226 розміщується поблизу силового кола, у якому виконується вимірювання параметрів живлення. Таке компонування дозволяє зменшити довжину вимірювальних провідників і підвищити точність контролю струму та напруги. Фільтруючі конденсатори розташовуються біля відповідних мікросхем, щоб забезпечити стабільність їх роботи.

Світлодіодні індикатори та кнопка керування виносного блока розміщуються у доступній зоні плати. Індикатори повинні бути видимими під час перевірки або експлуатації, а кнопка – зручною для натискання. Це спрощує налагодження автономного вузла та дозволяє швидко оцінити його стан.

Під час розміщення елементів на обох платах враховано вимоги технологічності. Елементи поверхневого монтажу розміщуються так, щоб забезпечити доступність контактних площадок для паяння та контролю якості монтажу.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		49

Роз'єми, кнопки, світлодіоди та інші елементи, з якими взаємодіє користувач або зовнішні кабелі, винесені ближче до країв плати. Таке рішення полегшує складання пристрою і встановлення друкованих вузлів у корпус.

Окремо враховано розділення сигнальних кіл і кіл живлення. Силові провідники живлення виконуються ширшими, а сигнальні лінії прокладаються з урахуванням мінімальної довжини та зменшення кількості перетинів. Для переходу між шарами використовуються металізовані перехідні отвори. Наявність двох провідникових шарів дозволяє раціонально розвести інтерфейсні лінії та забезпечити зручне підведення живлення до всіх вузлів.

У результаті компоновання друкованих вузлів прийнято габаритні розміри плати основного блока 117,5x47,5 мм, а плати виносного сенсорного блока – 92,5x52,5 мм. Такі розміри забезпечують розміщення всіх необхідних компонентів, зручність трасування та можливість подальшого встановлення плат у корпус пристрою. Прийняті конструктивні рішення відповідають функціональному призначенню IoT-метеостанції та забезпечують технологічність виготовлення друкованих вузлів.

1.5.2 Розрахунок надійності проєктованого виробу

Надійність проєктованого виробу визначає здатність IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних виконувати задані функції протягом певного часу без відмов. Оскільки пристрій складається з двох функціональних частин – основного блока `meteo_hub` та виносного сенсорного блока `meteo_out`, розрахунок доцільно виконувати для виробу в цілому з урахуванням внеску кожного друкованого вузла.

Розрахунок виконується орієнтовним методом за інтенсивностями відмов елементів. При цьому приймається, що відмови елементів є незалежними, а інтенсивність відмов протягом розрахункового періоду залишається сталою. Елементи згруповано за типами: мікросхеми та функціональні модулі, резистори, конденсатори, елементи живлення,

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		50

світлодіоди, роз'єми, кнопки, діоди, транзистори та інші допоміжні компоненти.

Сумарна інтенсивність відмов блока визначається за формулою (1.11).

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n N_i * \lambda_i \quad (1.11)$$

де, λ_{Σ} – сумарна інтенсивність відмов блока, 1/год;

N_i – кількість елементів i -ї групи;

λ_i – інтенсивність відмов одного елемента i -ї групи, 1/год;

n – кількість груп елементів.

Для зручності розрахунку інтенсивності відмов подано в одиницях 10^{-6} 1/год.

Розрахунок інтенсивності відмов основного блока *meteo_hub* наведено в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Розрахунок інтенсивності відмов основного блока *meteo_hub*

Група елементів	Кількість, шт.	Інтенсивність відмов одного елемента, 10^{-6} 1/год	Добуток, 10^{-6} 1/год
Мікросхеми, сенсори та функціональні модулі	9	2,00	18,00
Конденсатори	11	0,10	1,10
Резистори	13	0,04	0,52
Елемент живлення CR2032	1	0,80	0,80
Дисплейний модуль	1	2,50	2,50
Світлодіод	1	0,15	0,15
Кнопка та роз'єми	3	0,50	1,50
Діоди	2	0,10	0,20
Транзистори	2	0,20	0,40
Разом	43	–	25,17

За результатами табл. 1.3 інтенсивність відмов основного блока *meteo_hub* становить $25,17 \cdot 10^{-6}$ 1/год.

Розрахунок інтенсивності відмов виносного сенсорного блока meteo_out наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Розрахунок інтенсивності відмов виносного сенсорного блока meteo_out

Група елементів	Кількість, шт.	Інтенсивність відмов одного елемента, 10^{-6} 1/год	Добуток, 10^{-6} 1/год
Мікросхеми, сенсори та функціональні модулі	10	2,00	20,00
Конденсатори	15	0,10	1,50
Резистори	21	0,04	0,84
Елементи живлення	2	0,80	1,60
Індуктивність	1	0,20	0,20
Світлодіоди	3	0,15	0,45
Кнопка та роз'єми	3	0,50	1,50
Діоди	2	0,10	0,20
Транзистори	2	0,20	0,40
Разом	59	–	26,69

За результатами табл. 1.4 інтенсивність відмов виносного сенсорного блока meteo_out становить $26,69 \cdot 10^{-6}$ 1/год.

Оскільки IoT-метеостанція складається з двох функціональних блоків, сумарна інтенсивність відмов усього виробу визначається як сума інтенсивностей відмов основного та виносного блоків.

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma 1} + \lambda_{\Sigma 2} \quad (1.12)$$

де, λ_{Σ} – сумарна інтенсивність відмов усього виробу, 1/год;

$\lambda_{\Sigma 1}$ – інтенсивність відмов основного блока, 1/год;

$\lambda_{\Sigma 2}$ – інтенсивність відмов виносного сенсорного блока, 1/год.

$$\lambda_{\Sigma} = (25,17 + 26,69) \cdot 10^{-6} = 51,86 \cdot 10^{-6}$$

Середній час безвідмовної роботи визначається для виробу в цілому за формулою (1.13). Для IoT-метеостанції він становить 19283 год, що показано у формулі (1.14). Окремо для кожного блока середній час безвідмовної роботи

не визначається, оскільки в експлуатації обидва блоки працюють як частини одного виробу.

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} \quad (1.13)$$

де, T_{cp} – середній час безвідмовної роботи виробу, год;

λ_{Σ} – сумарна інтенсивність відмов виробу, 1/год.

$$T_{cp} = \frac{1}{(51,86 \cdot 10^{-6})} = 19283 \text{ год}$$

Для оцінки ймовірності безвідмовної роботи використовується експоненціальний закон надійності. Розрахункова залежність наведена у формулі (1.31).

$$P(t) = e^{(-\lambda_{\Sigma} \cdot t)} \quad (1.14)$$

де, $P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи за час t ;

e – основа натурального логарифма;

λ_{Σ} – сумарна інтенсивність відмов виробу, 1/год;

t – час роботи, год.

Ймовірність безвідмовної роботи IoT-метеостанції визначено для часу 1000 год, 5000 год і 10000 год. Розрахунки наведено у формулах, а результати подано в табл. 1.6.

$$P(t) = e^{(-0,05186)}$$

$$P(t) = e^{(-0,2593)}$$

					ФІА 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		53

$$P(t) = e^{(-0,5186t)}$$

Таблиця 1.6 – Ймовірність безвідмовної роботи IoT-метеостанції

Час роботи, год	Ймовірність безвідмовної роботи
1000	0,949
5000	0,772
10000	0,595

За результатами розрахунку встановлено, що сумарна інтенсивність відмов проєктованого виробу становить $51,86 \cdot 10^{-6}$ 1/год, а середній час безвідмовної роботи – 19283 год.

Отриманий розрахунок має орієнтовний характер, оскільки фактична надійність виробу залежить від якості монтажу, умов експлуатації, температурного режиму, вологості, режимів живлення та механічного захисту пристрою. Для підвищення надійності у проєкті застосовано стабілізоване живлення, фільтруючі конденсатори, захисні елементи, двосторонні друковані плати та компоненти, придатні для поверхневого монтажу.

1.5.3 Розрахунок друкованого монтажу

Розрахунок друкованого монтажу IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних виконано на основі прийнятих конструктивно-технологічних параметрів друкованих плат. Оскільки пристрій складається з двох функціональних частин, параметри друкованого монтажу визначено з урахуванням особливостей основного блока `meteo_hub` та виносного сенсорного блока `meteo_out`. При цьому враховано габаритні розміри плат, тип монтажу, струмове навантаження кіл живлення, напруги роботи цифрових вузлів, розміри провідників, зазори між ними та параметри отворів.

Для обох друкованих вузлів прийнято двосторонні друковані плати. Таке рішення є доцільним, оскільки електричні схеми містять

мікроконтролерні модулі ESP32-S3, сенсорні елементи, USB Type-C роз'єми, інтерфейсні лінії I2C, UART, SPI та I2S, вузли живлення і значну кількість SMD-компонентів. Використання двох провідникових шарів дає змогу зменшити довжину електричних з'єднань, спростити трасування та раціонально розділити сигнальні кола і кола живлення.

Матеріалом основи друкованих плат прийнято склотекстоліт FR-4 товщиною 1,5 мм. Цей матеріал має достатню механічну міцність, стабільні електроізоляційні властивості та добре підходить для виготовлення друкованих плат мікроконтролерних пристроїв. Товщина мідної фольги приймається 35 мкм. Таке значення є типовим для малогабаритних електронних пристроїв і забезпечує достатню провідність для сигнальних та низьковольтних силових кіл метеостанції.

Для друкованих плат прийнято 3-й клас точності. Він забезпечує можливість використання SMD-компонентів, металізованих перехідних отворів, мікроконтролерних модулів, сенсорних мікросхем і роз'ємів без надмірного ускладнення технології виготовлення. Вибір 3-го класу точності є достатнім для даного пристрою, оскільки плати не мають надщільного монтажу, але містять значну кількість цифрових сигнальних ліній і міжшарових переходів.

Для сигнальних кіл обох друкованих плат приймається мінімальна ширина провідників 0,25 мм. Таке значення відповідає технологічним можливостям 3-го класу точності та є достатнім для ліній керування, цифрових інтерфейсів і з'єднань між мікроконтролером та сенсорами. До таких кіл належать лінії I2C, UART, SPI, I2S, сигнали керування дисплеєм, сенсорною панеллю, індикацією та іншими допоміжними вузлами.

Мінімальна відстань між сусідніми провідниками приймається 0,25 мм. Основні електричні кола пристрою працюють при низьких напругах 3,3 В і 5 В, тому електрична міцність ізоляційного проміжку не є визначальним обмеженням. У цьому випадку зазор між провідниками приймається за

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		55

технологічними вимогами виготовлення друкованої плати. Значення 0,25 мм забезпечує нормальні умови травлення, зменшує ризик короткого замикання між провідниками та залишає технологічний запас під час виробництва.

Для кіл живлення ширина провідників приймається більшою, ніж для сигнальних ліній. В основному блоці *meteo_hub* максимальний струм споживання становить до 0,5 А, тому для основних кіл живлення приймається ширина провідників 0,3 мм. Це значення є більшим за мінімальну технологічну ширину і забезпечує необхідний запас для передавання струму живлення до мікроконтролера, сенсорів, дисплейного вузла та допоміжних елементів.

У виносному сенсорному блоці *meteo_out* струмове навантаження є більшим, оскільки у його складі передбачено акумуляторне живлення, вузол заряджання, стабілізатор напруги, вузол контролю живлення та сенсорні елементи. Максимальний струм споживання для цього блока приймається до 1 А. Тому для кіл живлення виносного блока приймається ширина провідників 0,6 мм. Таке рішення зменшує падіння напруги на провідниках, покращує тепловий режим силових ділянок і підвищує надійність роботи автономного вузла.

Для переходу електричних з'єднань між верхнім і нижнім провідниковими шарами застосовуються металізовані перехідні отвори. Для таких отворів приймається діаметр 0,7 мм, а діаметр контактної площадки – 1,5 мм. Кількість перехідних отворів становить 32 шт. Такі параметри забезпечують достатню технологічність свердління та металізації, а також надійне електричне з'єднання між шарами друкованої плати.

Для інших металізованих отворів, які використовуються для встановлення вивідних елементів, контактних груп, роз'ємів та інших монтажних з'єднань, приймається діаметр 1,1 мм. Діаметр контактної площадки для цих отворів становить 2,0 мм, а їх кількість – 47 шт. Збільшений діаметр контактної площадки забезпечує достатню площу паяння, підвищує

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		56

механічну міцність з'єднання та зменшує ризик пошкодження площадки під час монтажу або ремонту.

Наявність металізації в отворах забезпечує електричний контакт між провідниковими шарами плати. Для перехідних отворів це необхідно для передавання сигналів і живлення між верхнім та нижнім шарами. Для монтажних і контактних отворів металізація додатково підвищує надійність паяного з'єднання та покращує механічну стійкість місця встановлення елемента.

Для SMD-компонентів типорозміру 1206 приймаються контактні площадки розміром 1,6×1,8 мм. Такі розміри забезпечують надійне паяння резисторів, конденсаторів та інших пасивних елементів поверхневого монтажу. Площадки мають достатню площу для нанесення припою, правильного позиціонування компонента та візуального контролю якості паяного з'єднання.

Габаритні розміри плати основного блока `meteo_hub` прийнято 117,5×47,5 мм. Така площа дозволяє розмістити мікроконтролерний модуль, вузол живлення, USB-UART інтерфейс, дисплейний інтерфейс, сенсори, годинник реального часу, індикацію та пасивні елементи без надмірного ущільнення. Для цієї плати приймається ширина сигнальних провідників 0,25 мм, ширина провідників живлення 0,3 мм і мінімальний зазор між провідниками 0,25 мм.

Габаритні розміри плати виносного сенсорного блока `meteo_out` прийнято 92,5×52,5 мм. На цій платі розміщуються мікроконтролерний модуль, вузол заряджання акумулятора, стабілізатор напруги, вузол контролю живлення, сенсори, елементи індикації, кнопка та пасивні компоненти. Для цієї плати приймається ширина сигнальних провідників 0,25 мм, ширина провідників живлення 0,6 мм і мінімальний зазор між провідниками 0,25 мм.

Під час трасування друкованих плат у середовищі Altium Designer прийняті параметри занесено до правил проектування. Це дає змогу

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		57

контролювати мінімальну ширину провідників, зазори між ними, розміри отворів, діаметри контактних площадок і відповідність друкованого монтажу вибраному класу точності. Використання правил проектування зменшує кількість помилок і спрощує перевірку плат перед формуванням конструкторської документації.

Прийняті параметри друкованого монтажу забезпечують технологічність виготовлення обох друкованих вузлів, достатню електричну надійність низьковольтних кіл, зручність трасування та можливість подальшого складання пристрою. Для сигнальних ліній використовується мінімальна технологічна ширина, а для кіл живлення ширина провідників збільшена відповідно до струмового навантаження кожного блока. Прийняті діаметри отворів і контактних площадок забезпечують надійне міжшарове з'єднання, якісне паяння та механічну міцність друкованого вузла. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу основного та виносного блоків IoT-метеостанції.

1.6 Реалізація готового приладу

Реалізація IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних виконана з урахуванням прийнятої двоблокової структури пристрою. Готовий прилад складається з основного блока `meteo_hub` та виносного сенсорного блока `meteo_out`. Такий поділ дає змогу розмістити основний блок у зручному для користувача місці, а виносний сенсорний блок — у зоні безпосереднього вимірювання параметрів навколишнього середовища.

Основний блок `meteo_hub` виконує функції центрального вузла метеостанції. У його складі передбачено мікроконтролерний модуль ESP32-S3, графічний дисплей із сенсорною панеллю, годинник реального часу, сенсори параметрів середовища, цифрові мікрофони, вузол індикації, кнопку керування, USB-UART інтерфейс та вузол стабілізації живлення. Через

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		58

дисплей користувач отримує інформацію про поточні показники, стан пристрою та службові повідомлення.

Виносний сенсорний блок `meteo_out` реалізований як автономний вимірювальний вузол. До його складу входять мікроконтролерний модуль ESP32-S3, сенсори температури, вологості, атмосферного тиску, пилових частинок і грозової активності, цифровий мікрофон, вузол контролю параметрів живлення, акумулятор, контролер заряджання, індикація та інтерфейс програмування. Наявність акумуляторного живлення дає змогу використовувати цей блок окремо від основної частини системи.

Апаратна частина приладу реалізована на двох друкованих платах. Плата основного блока має габаритні розміри 117,5×47,5 мм, а плата виносного сенсорного блока — 92,5×52,5 мм. Для обох плат прийнято двостороннє виконання з матеріалу FR-4 товщиною 1,5 мм. Таке рішення забезпечує достатню механічну міцність, зручність трасування та можливість розміщення всіх необхідних компонентів без надмірного ущільнення монтажу.

Під час реалізації друкованих вузлів враховано розділення сигнальних кіл і кіл живлення. Сигнальні провідники виконуються з мінімальною шириною 0,25 мм, а провідники живлення мають збільшену ширину відповідно до струмового навантаження: 0,3 мм для основного блока та 0,6 мм для виносного блока. Для переходу між шарами використовуються металізовані отвори, що забезпечують надійне електричне з'єднання між провідниковими шарами.

Живлення основного блока здійснюється від зовнішнього джерела напругою 5 В через USB Type-C. Для цифрових вузлів формується стабілізована напруга 3,3 В. Виносний сенсорний блок має акумуляторне живлення з можливістю заряджання від зовнішнього джерела через USB. Для контролю стану автономного живлення використовується вузол вимірювання напруги та струму, що дозволяє оцінювати режим роботи акумуляторного блока.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		59

Після складання друкованих вузлів передбачається перевірка правильності монтажу, відсутності коротких замикань у колах живлення, наявності стабілізованих напруг та коректності підключення основних функціональних елементів. Окремо перевіряється робота мікроконтролерних модулів, USB-UART інтерфейсів, сенсорів, дисплея, індикації, годинника реального часу та бездротового обміну даними між блоками.

Конструктивно готовий прилад повинен розміщуватися у корпусі, який забезпечує захист електронних вузлів від механічних пошкоджень і випадкового дотику до контактів. Для виносного сенсорного блока корпус має додатково забезпечувати доступ повітря до сенсорів, але зменшувати ризик прямого потрапляння вологи, пилу та інших зовнішніх впливів на друковану плату. Основний блок доцільно розміщувати так, щоб користувач мав зручний доступ до дисплея, кнопки керування та роз'ємів.

Таким чином, реалізація готового приладу передбачає поєднання двох друкованих вузлів, сенсорної частини, вузлів живлення, індикації, дисплейного модуля та бездротового обміну даними в єдину систему. Прийнята конструкція забезпечує вимірювання параметрів навколишнього середовища, обробку та відображення інформації, автономну роботу виносного блока і можливість подальшого вдосконалення IoT-метеостанції.

1.7 Висновок до розділу 1

У першому розділі кваліфікаційної роботи виконано аналіз технічного завдання та визначено основні вимоги до IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних. Обґрунтовано побудову пристрою у вигляді двох функціональних блоків: основного блока `meteo_hub` та виносного сенсорного блока `meteo_out`. Основний блок призначений для обробки інформації, роботи з дисплеєм, локальними сенсорами, індикацією та керуванням, а виносний

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		60

блок – для автономного вимірювання параметрів середовища і передавання даних до центральної частини системи.

Розроблено структурні схеми обох блоків, описано електричні принципові схеми та визначено призначення основних вузлів пристрою. У складі системи використано мікроконтролерні модулі ESP32-S3, USB-UART інтерфейс, стабілізатори напруги, годинники реального часу, сенсорні модулі, дисплей, елементи індикації та керування. Для виносного блока додатково передбачено акумуляторне живлення, вузол заряджання та контроль параметрів живлення.

Проведено розрахунок вузла живлення, виконано вибір елементної бази, описано алгоритм роботи мікроконтролерів, компоновання друкованих вузлів, розрахунок надійності та параметри друкованого монтажу. Для пристрою прийнято дві двосторонні друковані плати з матеріалу FR-4 товщиною 1,5 мм. Отримані результати підтверджують правильність прийнятих схемотехнічних і конструктивних рішень та є основою для подальшої розробки друкованих плат і комплекту конструкторської документації у середовищі Altium Designer.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		61

2 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

2.1 Надзвичайні ситуації метеорологічного характеру

До надзвичайних ситуацій метеорологічного характеру належать природні небезпеки, які виникають унаслідок різкої зміни стану атмосфери та погодних умов. Це сильний вітер, грози, зливи, різке зниження або підвищення температури, туман, ожеледь, снігопади, посухи та інші небезпечні погодні явища. Такі явища можуть створювати загрозу для людей, будівель, транспортної інфраструктури, електричних мереж, засобів зв'язку та електронного обладнання. Для зменшення ризику від таких небезпек важливе значення має своєчасне спостереження за параметрами навколишнього середовища, оскільки зміна температури, вологості, атмосферного тиску, освітленості, концентрації пилу та грозової активності може свідчити про наближення небезпечних погодних умов.

У дипломному проєкті розробляється IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних. Такий пристрій призначений для вимірювання параметрів навколишнього середовища, обробки отриманої інформації та передавання даних між функціональними вузлами системи. Проєктована метеостанція складається з основного блока та виносного автономного сенсорного блока. Основний блок виконує функції обробки інформації, індикації та взаємодії з користувачем, а виносний блок призначений для зовнішніх вимірювань і може розміщуватися в зоні, де потрібно контролювати стан повітря та погодні параметри. Така структура є доцільною саме для задач моніторингу, оскільки дає змогу відокремити вузол відображення інформації від сенсорної частини, яка безпосередньо працює в умовах зовнішнього середовища.

Основними параметрами, які мають значення для оцінки метеорологічної обстановки, є температура, відносна вологість, атмосферний тиск, освітленість, наявність пилу в повітрі та ознаки грозової активності.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		62

Різке зниження атмосферного тиску може бути ознакою погіршення погодних умов. Підвищена вологість у поєднанні зі зміною температури може вказувати на ймовірність туману, опадів або конденсації вологи на поверхнях. Надмірна концентрація пилу в повітрі погіршує санітарний стан середовища та може бути небезпечною для людей із захворюваннями органів дихання. Виявлення грозової активності є важливим для попередження про можливу небезпеку ураження блискавкою, пошкодження електронних пристроїв, збої в електромережах і системах зв'язку.

У розробленій IoT-метеостанції для контролю цих параметрів передбачено використання сенсорів температури, вологості, тиску, освітленості, якості повітря, пилу та грозової активності. Основний блок містить мікроконтролерний модуль ESP32-S3, дисплейний інтерфейс, годинник реального часу, сенсорні модулі, USB-UART інтерфейс і вузли живлення. Виносний автономний сенсорний блок містить мікроконтролерний модуль ESP32-S3, датчики зовнішнього середовища, датчик пилу, сенсор грозової активності, вузол контролю живлення та акумуляторне живлення. Завдяки цьому система може не лише вимірювати поточні параметри, а й передавати їх бездротовим способом для подальшої обробки та відображення.

З погляду безпеки життєдіяльності IoT-метеостанція не усуває саму природну небезпеку, але дає змогу зменшити ризик за рахунок раннього виявлення несприятливих змін середовища. Якщо пристрій фіксує різку зміну тиску, підвищення вологості, збільшення концентрації пилу або ознаки грозової активності, користувач може завчасно прийняти рішення щодо обмеження перебування на відкритому повітрі, перевірки стану електронного обладнання, відключення чутливих пристроїв від живлення або перенесення зовнішніх робіт на інший час. Саме своєчасність отримання інформації є одним із головних чинників зниження наслідків надзвичайних ситуацій природного походження.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		63

Особливо важливою є робота виносного сенсорного блока, оскільки він призначений для вимірювання параметрів зовнішнього середовища. Його автономне живлення дозволяє розміщувати сенсорний вузол окремо від основного блока, що підвищує зручність використання системи. Наприклад, основний блок може бути встановлений у приміщенні, а виносний блок - у зоні зовнішнього контролю. Такий варіант розміщення дозволяє отримувати більш об'єктивні дані про погодні умови, не піддаючи основний блок дії вологи, пилу, температурних перепадів або механічних впливів.

Під час використання метеостанції для моніторингу метеорологічних небезпек важливо враховувати умови встановлення сенсорного блока. Його не слід розміщувати безпосередньо біля джерел тепла, вентиляційних отворів, металевих поверхонь, які сильно нагріваються на сонці, або в місцях, де можливе пряме потрапляння води на електронні компоненти. Некоректне розміщення може призвести до спотворення вимірювань, наприклад завищення температури, неправильного визначення вологості або погіршення роботи датчика пилу. Для підвищення достовірності вимірювань виносний блок доцільно встановлювати в захищеному корпусі з вентиляційними отворами, які забезпечують доступ повітря до сенсорів, але зменшують ризик потрапляння опадів на друковану плату.

Для контролю грозової активності в системі передбачено окремий сенсорний вузол. Його використання є важливим, оскільки гроза є одним із найбільш небезпечних метеорологічних явищ. Вона може супроводжуватися блискавками, різким вітром, зливою та короткочасними перенапругами в електричних мережах. У побутових умовах це створює ризики для електронної апаратури, засобів зв'язку, зарядних пристроїв і комп'ютерної техніки. Отримання повідомлення про наближення грозової активності дозволяє завчасно зменшити використання зовнішніх електричних з'єднань, від'єднати чутливу апаратуру від мережі та уникати роботи з електронними пристроями просто неба.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		64

Окрему роль у системі відіграє контроль якості повітря та пилу. Підвищена концентрація пилу може виникати під час сухої вітряної погоди, поблизу доріг, будівельних майданчиків або виробничих зон. Для людини це є шкідливим фактором, оскільки пил подразнює дихальні шляхи, погіршує самопочуття та може впливати на працездатність. У межах дипломного проєкту датчик пилу у виносному сенсорному блоці дозволяє використовувати метеостанцію не тільки як засіб спостереження за погодою, а й як простий інструмент оцінки стану повітря у зоні встановлення пристрою.

Бездротова передача даних підвищує практичну цінність метеостанції, оскільки користувач може отримувати інформацію без постійного фізичного доступу до сенсорного блока. Це особливо важливо у випадках, коли виносний блок встановлений зовні або у важкодоступному місці. Зменшується потреба вручну перевіряти покази безпосередньо біля датчиків, що знижує ризик перебування людини в несприятливих погодних умовах. У разі різкого погіршення погоди користувач може оцінити ситуацію за показами системи та прийняти рішення без зайвого контакту з небезпечним середовищем.

Для підвищення ефективності використання IoT-метеостанції доцільно передбачати логічні пороги попередження для окремих параметрів. Наприклад, система може виділяти небезпечні або небажані стани за різкою зміною атмосферного тиску, надмірною вологістю, високою концентрацією пилу або сигналом від сенсора грозової активності. У дипломному проєкті такі можливості можуть розглядатися як напрям подальшого розвитку пристрою. Навіть якщо система не виконує офіційного прогнозування погоди, вона може бути корисною для локального моніторингу і попереднього інформування користувача про зміну умов середовища.

2.2 Аналіз (оцінка) розробленої конструкції щодо умов безпеки експлуатації

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		65

Розроблена у дипломному проєкті IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних належить до низьковольтних електронних пристроїв, у яких поєднано мікроконтролерні модулі, сенсорні елементи, друковані плати, вузли живлення, інтерфейси передавання даних та засоби індикації. Пристрій складається з основного блока та виносного автономного сенсорного блока. Основний блок призначений для обробки даних, відображення інформації та взаємодії з користувачем, а виносний блок виконує вимірювання параметрів зовнішнього середовища і передає отримані дані бездротовим способом. Оцінка безпечності такої конструкції повинна враховувати не тільки готову експлуатацію пристрою, а й етапи монтажу, програмування, налагодження, заряджання акумулятора та обслуговування сенсорного вузла.

Основними потенційними небезпеками під час роботи з IoT-метеостанцією є ураження електричним струмом під час підключення живлення або налагоджувального обладнання, коротке замикання на друкованій платі, перегрів елементів живлення, неправильне підключення акумулятора, механічне пошкодження друкованого вузла, а також вплив підвищеної вологості на електронні компоненти виносного блока. Хоча робочі напруги пристрою є низькими, повністю ігнорувати вимоги електробезпеки не можна, оскільки під час заряджання, підключення USB-живлення або роботи з лабораторним блоком живлення можливі помилки монтажу та налагодження. Загальні вимоги охорони праці передбачають оцінку небезпечних і шкідливих чинників, які можуть виникати під час експлуатації обладнання, та прийняття технічних і організаційних заходів для їх зниження.

Конструктивно метеостанція виконана на двох друкованих платах. У процесі проєктування було прийнято двосторонні друковані плати з матеріалу FR-4, товщиною 1,5 мм, із мідною фольгою товщиною 35 мкм. Для сигнальних кіл використано провідники меншої ширини, а для кіл живлення - провідники збільшеної ширини відповідно до струмового навантаження. Такий підхід зменшує падіння напруги в колах живлення і знижує ймовірність

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		66

локального перегріву провідників. Для переходів між шарами використовуються металізовані перехідні отвори, а для модулів, роз'ємів і контактних груп передбачені монтажні отвори з відповідними контактними площадками. Це забезпечує надійність електричних з'єднань і зменшує ризик пошкодження провідного рисунка під час складання пристрою.

Особливу увагу необхідно приділити вузлам живлення. Основний блок метеостанції отримує живлення через USB Type-C та має стабілізатор для формування напруги живлення мікроконтролера і периферійних вузлів. Виносний автономний сенсорний блок має акумуляторне живлення, вузол заряджання Li-ion акумулятора та вузол контролю параметрів живлення. Наявність акумулятора підвищує автономність пристрою, але одночасно створює додаткові вимоги до безпечної експлуатації. Під час монтажу та налагодження потрібно контролювати правильність полярності акумулятора, відсутність короткого замикання між контактами живлення, справність зарядного вузла та відповідність напруги живлення допустимим значенням для встановлених електронних компонентів.

Під час роботи з електронними вузлами, які підключаються до джерел живлення, необхідно дотримуватися вимог безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Такі вимоги передбачають справність обладнання, недопущення роботи з пошкодженими кабелями, використання справних джерел живлення, виконання робіт тільки за відсутності відкритих струмоведучих частин, що можуть бути небезпечними, а також перевірку пристрою перед подаванням напруги. Для даної метеостанції це означає, що перед першим увімкненням потрібно перевірити правильність монтажу USB-роз'ємів, стабілізаторів, діодів, контролера заряджання, акумуляторного підключення та загального проводу GND. Особливо важливо не подавати живлення на плату, якщо на ній є залишки припою, перемички між виводами мікросхем або механічні пошкодження доріжок.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		67

На етапі налагодження пристрою джерелами небезпеки можуть бути лабораторний блок живлення, комп'ютер або зарядний пристрій, до яких підключається метеостанція через USB Type-C. Щоб знизити ризик пошкодження плати, перше ввімкнення доцільно виконувати з обмеженням струму на джерелі живлення. Перед підключенням акумулятора потрібно окремо перевірити кола живлення на відсутність короткого замикання. Якщо під час увімкнення спостерігається сильний нагрів стабілізатора, контролера заряджання, акумулятора або мікроконтролерного модуля, живлення слід негайно відключити та провести повторну перевірку монтажу. Такий порядок дій дозволяє виявити помилки на ранньому етапі та запобігти пошкодженню елементної бази.

Під час монтажу друкованих плат основними шкідливими чинниками є нагрів паяльного інструмента, випари флюсу, можливість опіків, втома зору під час роботи з дрібними SMD-компонентами та ризик пошкодження компонентів статичною електрикою. Оскільки в конструкції метеостанції переважає SMD-монтаж, робоче місце повинно мати достатнє освітлення, вентиляцію та зручне розташування інструментів. Паяння необхідно виконувати на термостійкій поверхні, а нагрітий інструмент розміщувати тільки на спеціальній підставці. Після завершення монтажу друковану плату потрібно очистити від залишків флюсу, оскільки забруднення між выводами мікросхем може погіршити ізоляційні властивості поверхні та створити умови для витоків струму.

Для захисту електронних компонентів від пошкодження статичною електрикою під час складання та налагодження доцільно використовувати антистатичні засоби. Це особливо важливо для мікроконтролерного модуля ESP32-S3, сенсорів, мікросхеми USB-UART, контролера живлення та інших інтегральних компонентів. Перед доторканням до плати бажано зняти статичний заряд із тіла, а самі компоненти зберігати в антистатичній упаковці до моменту монтажу. Такі заходи не тільки підвищують надійність пристрою,

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		68

а й зменшують імовірність прихованих пошкоджень, які можуть проявитися вже під час експлуатації.

Безпечність конструкції також залежить від правильного розміщення пристрою в умовах експлуатації. Основний блок метеостанції доцільно використовувати в приміщенні або в умовах, де він захищений від прямого потрапляння води, пилу та механічних ударів. Виносний автономний сенсорний блок може працювати ближче до зовнішнього середовища, однак його друкована плата повинна бути захищена корпусом. Корпус має забезпечувати доступ повітря до сенсорів, але не повинен допускати прямого потрапляння опадів на електронні компоненти. За наявності вентиляційних отворів їх потрібно розміщувати так, щоб зменшити ризик затікання води всередину. Це важливо, оскільки підвищена вологість і конденсат можуть спричинити корозію контактів, нестабільність показів сенсорів і коротке замикання між провідниками.

Окремо потрібно врахувати пожежну безпеку. Найбільш імовірними причинами перегріву в розробленому пристрої можуть бути коротке замикання в колах живлення, неправильне підключення акумулятора, несправність зарядного пристрою або перевищення допустимого струму. Для зниження цих ризиків у конструкції застосовано розділення функціональних вузлів, використання стабілізаторів живлення, діодного захисту в колах USB та контролю параметрів живлення у виносному блоці. Під час експлуатації не допускається використання пошкоджених кабелів USB, деформованого акумулятора, плати зі слідами перегріву або пристрою з пошкодженим корпусом. У разі появи запаху перегрітого пластику, нестабільної роботи або надмірного нагріву корпусу пристрій необхідно відключити від живлення і провести технічну перевірку.

З точки зору вимог до електронного обладнання інформаційних і комунікаційних технологій важливим є обмеження доступу користувача до небезпечних ділянок конструкції, правильне виконання ізоляційних відстаней,

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		69

механічний захист плати та недопущення перегріву елементів. У розробленій метеостанції користувач у нормальному режимі експлуатації повинен взаємодіяти тільки з елементами керування, дисплеєм, корпусом і зовнішніми роз'ємами. Доступ до друкованих плат, акумуляторного вузла та контактних груп має бути обмежений корпусом. Такий підхід зменшує ризик випадкового дотику до контактів, механічного пошкодження елементів і неправильного підключення модулів.

Під час експлуатації виносного сенсорного блока важливо не допускати його встановлення в місцях із прямим впливом дощу, снігу, сильного нагріву від сонця або поблизу джерел електромагнітних завад. Неправильне розміщення може вплинути не тільки на безпеку, а й на точність вимірювань. Наприклад, нагрів корпусу сонцем може призвести до завищення температури, а накопичення пилу на вентиляційних отворах - до погіршення роботи датчика пилу та спотворення показів. Тому конструкцію потрібно встановлювати так, щоб вона була захищена від прямих атмосферних впливів, але мала достатній повітрообмін для коректної роботи сенсорів.

Безпечна експлуатація метеостанції також передбачає правильне технічне обслуговування. Періодично необхідно перевіряти стан USB-кабелів, роз'ємів, корпусу, акумуляторного відсіку, кріплення плати та відсутність слідів корозії. Для виносного блока важливо контролювати стан вентиляційних отворів і не допускати накопичення пилу, вологи або сторонніх предметів. Очищення пристрою потрібно виконувати тільки після відключення живлення та від'єднання акумулятора, якщо конструкція передбачає доступ до нього. Такі заходи відповідають загальному принципу безпечної експлуатації електрообладнання: будь-які роботи з обслуговування проводяться лише після усунення джерел електричної небезпеки.

У разі використання пристрою в навчальній лабораторії необхідно дотримуватися правил організації робочого місця. На столі не повинно бути зайвих металевих предметів, рідин, несправних кабелів або неізольованих

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		70

провідників. Живлення потрібно подавати тільки після перевірки схеми підключення. Під час вимірювань не слід торкатися контактних площадок, виводів мікросхем і роз'ємів металевими інструментами. Робота з платою під напругою допускається лише в межах налагоджувальних операцій і з використанням справного вимірювального обладнання. Такий порядок знижує ризик короткого замикання та пошкодження компонентів.

У розробленій конструкції позитивним з точки зору безпеки є використання низьковольтного живлення, розділення пристрою на основний і виносний блоки, застосування друкованих плат із розрахованими параметрами провідників, використання стабілізованого живлення та наявність вузла контролю параметрів живлення у виносному блоці. Водночас наявність акумуляторного живлення, зарядного вузла, сенсорного блока для зовнішніх умов і великої кількості SMD-компонентів вимагає уважного ставлення до монтажу, перевірки та корпусування пристрою. Найбільш важливими заходами безпеки є контроль правильності монтажу, захист плати від вологи, недопущення коротких замикань, використання справного джерела живлення та обмеження доступу користувача до внутрішніх електронних вузлів.

Отже, аналіз розробленої конструкції IoT-метеостанції показує, що за умови правильного монтажу, налагодження, корпусування та дотримання правил експлуатації пристрій може вважатися безпечним для використання у побутових, навчальних або дослідних умовах. Основні ризики пов'язані не з високою напругою, а з помилками підключення, коротким замиканням, перегрівом елементів живлення, впливом вологи та механічним пошкодженням друкованого вузла. Запропоновані конструктивні й організаційні заходи дозволяють знизити ці ризики та забезпечити надійну роботу IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		71

2.3 Висновок до розділу 2

У другому розділі розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці, пов'язані з розробкою й експлуатацією IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних. Проаналізовано надзвичайні ситуації метеорологічного характеру та показано, що контроль температури, вологості, атмосферного тиску, освітленості, пилу та грозової активності має важливе значення для своєчасного виявлення небезпечних змін навколишнього середовища. Розроблена метеостанція не усуває природні небезпеки, однак може використовуватися як засіб локального моніторингу та попереднього інформування користувача про несприятливі погодні умови.

Також виконано оцінку конструкції пристрою з погляду безпечної експлуатації. Встановлено, що метеостанція належить до низьковольтних електронних пристроїв, однак під час монтажу, налагодження, заряджання акумулятора та обслуговування необхідно враховувати ризики короткого замикання, перегріву елементів живлення, неправильного підключення, впливу вологи, пилу та механічних пошкоджень. Особливу увагу приділено виносному сенсорному блоку, оскільки він працює ближче до зовнішнього середовища і потребує захищеного корпусу з можливістю доступу повітря до сенсорів.

У результаті аналізу встановлено, що за умови правильного монтажу, перевірки, корпусування та дотримання правил експлуатації розроблена IoT-метеостанція може вважатися безпечною для використання у побутових, навчальних або дослідних умовах. Застосування стабілізованого низьковольтного живлення, контролю параметрів акумулятора, захисту друкованих плат від вологи, справних джерел живлення та обмеження доступу користувача до внутрішніх вузлів забезпечує зниження основних ризиків і підвищує надійність роботи пристрою.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		72

Висновки

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено IoT-метеостанцію з бездротовою передачею даних. Пристрій призначений для вимірювання параметрів навколишнього середовища, обробки отриманої інформації, відображення показників на основному блоці та передавання даних між функціональними частинами системи бездротовим способом.

У ході роботи було проаналізовано технічне завдання та визначено основні вимоги до проєктованого пристрою. Встановлено, що доцільною є побудова системи у вигляді двох функціональних блоків: основного блока `meteo_hub` та виносного сенсорного блока `meteo_out`. Основний блок виконує функції центрального вузла системи, забезпечує роботу з дисплеєм, локальними сенсорами, індикацією та елементами керування. Виносний блок призначений для автономного вимірювання параметрів середовища, контролю стану живлення та передавання даних до основного блока.

Проведено порівняння розроблюваної метеостанції з наявними аналогами. Встановлено, що готові побутові метеостанції забезпечують зручне вимірювання та відображення погодних параметрів, однак здебільшого мають закриту конструкцію, фіксований набір датчиків і обмежені можливості для самостійного доопрацювання. Проєктована IoT-метеостанція має перевагу за рахунок модульної побудови, використання відкритої мікроконтролерної платформи ESP32-S3, можливості розширення складу сенсорів і адаптації пристрою під конкретні умови експлуатації.

Розроблено структурні схеми основного та виносного блоків, у яких визначено склад функціональних вузлів і характер їх взаємодії. Також розроблено та описано електричні принципові схеми пристрою. У складі метеостанції використано мікроконтролерні модулі ESP32-S3, USB-UART інтерфейси, стабілізатори напруги, годинники реального часу, сенсори параметрів середовища, дисплейний модуль, елементи індикації, кнопки

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		73

керування та вузли живлення. Для виносного блока додатково передбачено акумуляторне живлення, заряджання акумулятора та контроль параметрів живлення.

Виконано розрахунок вузла живлення пристрою. Перевірено відповідність стабілізатора CJ6107A33GW вимогам за вихідною напругою, допустимим струмом і умовами роботи від джерела 5 В та акумуляторного живлення. Отримані результати підтвердили можливість використання вибраного стабілізатора у складі основного та виносного блоків за умови врахування теплового режиму і фактичного струмового навантаження цифрової частини схеми.

Виконано вибір і обґрунтування компонентної бази. Підібрані компоненти забезпечують вимірювання температури, вологості, атмосферного тиску, освітленості, концентрації CO₂, пилових частинок, грозової активності та інших параметрів, необхідних для роботи метеостанції. Використання цифрових сенсорів, мікроконтролерної платформи ESP32-S3, стабілізованого живлення, USB-UART інтерфейсу та SMD-компонентів дозволило забезпечити компактність, технологічність і функціональність пристрою.

Розглянуто алгоритми роботи мікроконтролерів основного та виносного блоків. Для `meteo_hub` описано послідовність ініціалізації, опитування сенсорів, приймання даних від виносного блока, обробки інформації, оновлення дисплея та обробки дій користувача. Для `meteo_out` розглянуто автономний цикл роботи, що включає контроль живлення, зчитування даних із сенсорів, формування набору виміряних параметрів і передавання інформації до основного блока.

У середовищі Altium Designer виконано розробку друкованих вузлів основного та виносного блоків. Проведено компонування елементів, трасування друкованих плат, перевірку проєкту та підготовку конструкторської документації. Для пристрою прийнято двосторонні друковані плати з матеріалу FR-4 товщиною 1,5 мм. Плата основного блока

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		74

має габарити 117,5x47,5 мм, а плата виносного сенсорного блока – 92,5x52,5 мм. Визначено параметри друкованого монтажу, ширину сигнальних і силових провідників, зазори між провідниками та розміри металізованих отворів.

Проведено орієнтовний розрахунок надійності проєктованого виробу. Визначено внесок основного та виносного блоків у сумарну інтенсивність відмов, розраховано середній час безвідмовної роботи та ймовірність безвідмовної роботи пристрою за задані проміжки часу. Отримане значення середнього часу безвідмовної роботи становить 19283 год, що підтверджує достатній рівень надійності IoT-метеостанції для побутового, навчального або дослідного використання.

У розділі безпеки життєдіяльності та охорони праці розглянуто надзвичайні ситуації метеорологічного характеру та виконано оцінку розробленої конструкції щодо умов безпечної експлуатації. Встановлено, що метеостанція може використовуватися як засіб локального моніторингу параметрів середовища та попереднього інформування користувача про несприятливі зміни погодних умов. Також визначено основні ризики під час монтажу, налагодження, заряджання акумулятора та експлуатації пристрою, а також запропоновано заходи для їх зниження.

Отже, поставлену мету кваліфікаційної роботи досягнуто. Розроблена IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних має модульну структуру, забезпечує вимірювання параметрів навколишнього середовища, обробку та відображення інформації, автономну роботу виносного сенсорного блока і можливість подальшого розширення функціональності. Підготовлені схемотехнічні рішення, друковані плати та конструкторська документація можуть бути використані як основа для виготовлення дослідного зразка пристрою та його подальшого вдосконалення.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		75

Список використаних джерел

1. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни "Основи радіоелектроніки". Ч.1. Для студентів напряму підготовки 6.050902 - Радіоелектронні апарати : . / . – Тернопіль : ТНТУ , 2014 – 89 с.
2. Офіційний сайт Altium Designer : веб-сайт. URL: <https://www.altium.com>.
3. Ткачук Р. А., Дозорський В. Г., Дедів Л. Є., Дедів І. Ю. Основи технології радіоелектронних апаратів : навчальний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 336 с.
4. Дунець В. Л., Дедів І. Ю., Хвостівський М. О. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт бакалавра за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка». Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 72 с.
5. Яськів В. І., Яськів А. В., Юрченко О. М. Забезпечення високої ефективності високочастотних напівпровідникових перетворювачів електроенергії // Збірник тез МНПК «Іван Пулюй: життя, присвячене науці і Україні», до 180-річчя від дня народження, 04 лютого 2025 року. Тернопіль : ТНТУ, 2025. С. 110–113.
6. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни "Системи автоматизованого проектування радіоелектронних засобів" для студентів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка / укл. : Л. В. Хвостівська, В. Л. Дунець. - Тернопіль : ТНТУ, 2020. - 109 с.
7. Галаган Р.М. Комп'ютерне проектування електронних схем. Комп'ютерний практикум. / К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 420 с.
8. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994. 93 с.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		76

9. ДСТУ ІЕС 60617:2018. Графічні символи для схем (ІЕС 60617:2012 DB, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.

10. ДСТУ 2646-94. Плати друковані. Терміни та визначення. Київ : Держстандарт України, 1994.

11. ДСТУ EN 61188-1-1:2022. Друковані плати та вузли друкованих плат. Проектування та використання. Частина 1-1. Загальні вимоги. Розгляд площинності електронних вузлів (EN 61188-1-1:1997, IDT; ІЕС 61188-1-1:1997, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.

12. ДСТУ EN ІЕС 61191-1:2022. Складання друкованих плат. Частина 1. Загальні технічні умови. Вимоги до паяних електричних та електронних вузлів з використанням поверхневого монтажу та пов'язаних з ним технологій складання (EN ІЕС 61191-1:2018, IDT; ІЕС 61191-1:2018, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.

13. ДСТУ EN 61190-1-1:2022. З'єднувальні матеріали для складання електроніки. Частина 1-1. Вимоги до паяльних флюсів для високоякісних з'єднань у складанні електроніки (EN 61190-1-1:2002, IDT; ІЕС 61190-1-1:2002, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.

14. ДСТУ EN 61189-1:2022. Методи випробування електричних матеріалів, друкованих плат та інших з'єднувальних конструкцій і вузлів. Частина 1. Загальні методи випробування та методологія (EN 61189-1:1997, IDT; ІЕС 61189-1:1997, IDT). Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.

15. ДСТУ 3334-96. Плати друковані. Загальні вимоги до технологічних процесів регенерації, знешкодження та утилізації розчинів. Київ : Держстандарт України, 1997.

16. ДСТУ EN ISO 7200:2005. Розроблення технічної документації. Графи у штампах та основних написах (EN ISO 7200:2004, IDT). Київ : Держспоживстандарт України, 2007.

17. Атаманчук П.С. Безпека життєдіяльності : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 276 с.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		77

18. Желібо Є.П. Безпека життєдіяльності : підручник / В.В. Зацарний. Київ : Каравела, 2023. 344 с.
19. Запорожець О.І. Безпека життєдіяльності : підручник. 2-е вид. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 448 с.
20. Кодекс цивільного захисту України від 01.07.2013 року.
21. Андрейчук Н.І. Охорона праці : навч. посіб. / Н.І. Андрейчук, Ю.В. Кіт, С.В. Шибанов, О.В. Шерстньова. Львів : Видавництво Львівська політехніка, 2021. 276 с.
22. Бедрій Я.І. Основи охорони праці : навч. посіб. 4-е вид., перероб. і доп. Тернопіль : Навчальна книга - Богдан, 2018. 240 с.
23. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці : навч. посіб. 4-те вид., випр. і доп. Київ : Знання, 2018. 302 с.
24. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ.
25. Закон України «Про охорону праці» від 21 листопада 2002 року, зі змінами і доповненнями.
26. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підруч. / В.В. Сокурєнко, О.М. Бандурка та ін. Харків : ХНУВС, 2021. 308 с.

					<i>ФІА 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>		78

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедрою РТ

_____ к.т.н. Дунець В.Л.

“28” _____квітня__2026 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

на тему: «ІоТ-метеостанція з бездротовою передачею даних»

Узгоджено:

Керівник роботи

Паляниця Ю.Б. _____

“ _____ ” _____2026р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

Фурик І.А. _____

“ _____ ” _____2026р.

Тернопіль, 2026

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “ IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних”

1.2 Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ університету про затвердження кваліфікаційної роботи № 4/7-198 від «28» квітня 2026р.

2 ВИКОНАВЕЦЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

2.1. Студент Фурик Ігор Анатолійович, групи РАС-41 кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка IoT-метеостанції з бездротовою передачею даних, що включає:

- аналіз технічного завдання та існуючих аналогів метеостанцій;
- розробку структурної схеми пристрою;
- розробку електричних принципових схем основного блока `meteo_hub` та виносного сенсорного блока `meteo_out`;
- вибір та обґрунтування компонентної бази;
- розрахунок основних вузлів пристрою;
- компонування друкованих вузлів;
- розрахунок надійності та параметрів друкованого монтажу;
- розробку друкованих плат і конструкторської документації.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1. Основні параметри

4.1.1 IoT-метеостанція повинна забезпечувати вимірювання параметрів навколишнього середовища: температури, вологості, атмосферного тиску, освітленості, якості повітря, концентрації CO₂, пилових частинок та грозової активності.

4.1.2 Пристрій повинен мати двоблокову структуру, що складається з основного блока `meteo_hub` та виносного сенсорного блока `meteo_out`.

4.1.3 Основний блок повинен забезпечувати обробку даних, відображення інформації на дисплеї, взаємодію з користувачем, індикацію стану пристрою та бездротовий обмін даними.

4.1.4 Виносний сенсорний блок повинен забезпечувати автономне вимірювання параметрів середовища, контроль стану живлення та передавання даних до основного блока.

4.1.5 Основний і виносний блоки повинні бути виконані на основі мікроконтролерних модулів ESP32-S3.

4.1.6 Живлення основного блока повинно здійснюватися від зовнішнього джерела напругою 5 В через роз'єм USB Type-C з формуванням стабілізованої напруги 3,3 В для цифрових вузлів.

4.1.7 Виносний блок повинен мати акумуляторне живлення на основі Li-ion елемента з можливістю заряджання від зовнішнього джерела 5 В через USB Type-C.

4.1.8 Друковані плати основного та виносного блоків повинні бути двосторонніми, виготовленими з матеріалу FR-4 товщиною 1,5 мм.

4.1.9 Орієнтовні габаритні розміри друкованої плати основного блока - 117,5×47,5 мм, виносного блока - 92,5×52,5 мм.

4.2 Технічні вимоги

4.2.1 IoT-метеостанція повинна відповідати вимогам технічного завдання, конструкторської документації та чинних стандартів щодо розробки електронних пристроїв і друкованих вузлів.

4.2.2 Пристрій повинен забезпечувати стабільну роботу основного та виносного блоків після подачі живлення.

4.2.3 IoT-метеостанція повинна забезпечувати бездротове передавання даних між основним і виносним блоками.

4.2.4 У схемі повинні бути передбачені вузли програмування та налагодження мікроконтролерів через інтерфейс USB-UART.

4.2.5 Для збереження часу і дати у пристрої повинні використовуватися годинники реального часу з резервним живленням.

4.2.6 Елементи пристрою повинні бути підібрані з урахуванням напруг живлення, струмового навантаження, умов експлуатації та можливості монтажу на друковану плату.

4.2.7 Друковані плати повинні забезпечувати надійне електричне з'єднання елементів, достатні технологічні зазори, розділення сигнальних кіл і кіл живлення.

4.2.8 Напрацювання на відмову проєктованого виробу повинне бути не менше 12000 год.

4.2.9 Середній термін служби пристрою повинен бути не менше 5 років за умови дотримання правил експлуатації.

4.2.10 Конструкція пристрою повинна забезпечувати зручність підключення, налагодження, обслуговування та безпечну експлуатацію.

4.3 Правила приймання

4.3.1 Розроблений пристрій повинен піддаватися перевірці відповідності технічному завданню та конструкторській документації.

4.3.2 Під час перевірки необхідно проконтролювати правильність монтажу, відсутність коротких замикань, наявність стабілізованих напруг живлення та працездатність основних функціональних вузлів.

4.3.3 Перевірці підлягають вузли живлення, мікроконтролерні модулі, сенсори, годинники реального часу, дисплейний модуль, індикація,

USB-UART інтерфейси та бездротовий обмін даними між блоками.

4.3.4 У разі виявлення несправностей або невідповідності технічним вимогам пристрій повинен бути доопрацьований, після чого проводиться повторна перевірка.

5 ВИМОГИ ДО ДОКУМЕНТАЦІЇ

5.1 Конструкторська документація повинна відповідати вимогам чинних ДСТУ, ДСТУ EN/IEC та методичних рекомендацій до виконання кваліфікаційних робіт.

5.2 Комплект конструкторської документації повинен складатися з:

- пояснювальної записки;
- структурної схеми пристрою;
- електричної принципової схеми основного блока `meteo_hub`;
- електричної принципової схеми виносного блока `meteo_out`;
- друкованої плати основного блока;
- друкованої плати виносного блока;
- складального креслення друкованого вузла;
- специфікації та переліку елементів.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КР

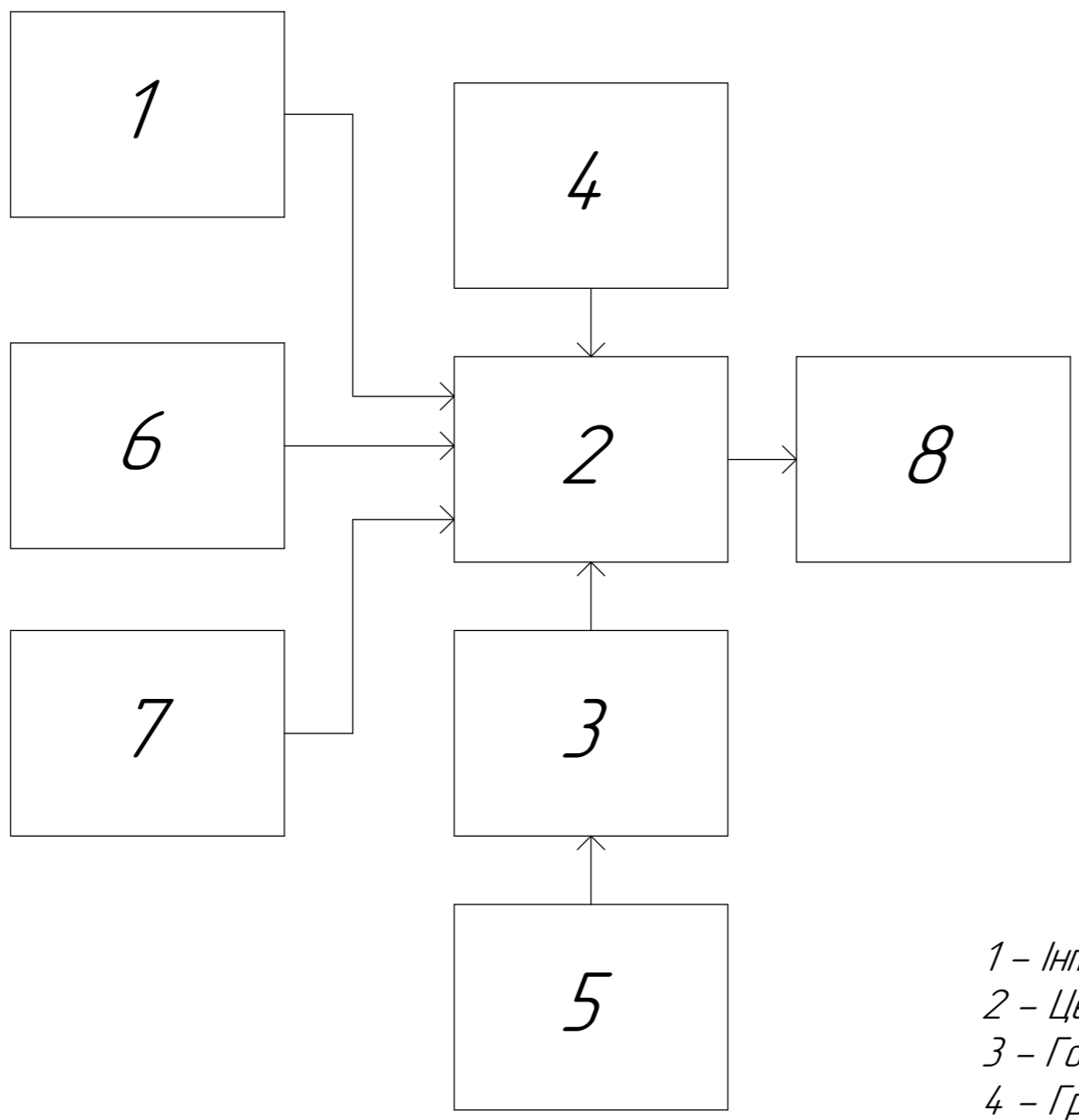
№ етапу	Назва етапу виконання КР	Термін виконання
1	Розробка та затвердження технічного завдання	12.03.2026
2	Аналіз технічного завдання, підбір бібліографічних матеріалів, необхідних для виконання роботи	14.03.2026
3	Аналіз існуючих метеостанцій та систем моніторингу параметрів навколишнього середовища	21.03.2026
4	Розробка структурних схем основного блока <code>meteo_hub</code> та виносного сенсорного блока <code>meteo_out</code>	23.03.2026
5	Розробка схем електричних принципів основного та виносного блоків IoT-метеостанції	10.04.2026
6	Розробка блок-схем алгоритмів роботи мікроконтролерів основного та виносного блоків	12.04.2026
7	Опис алгоритму роботи мікроконтролерів та функціонування програмної частини пристрою	16.04.2026
8	Розрахунок вузла живлення та основних параметрів схеми IoT-метеостанції	22.04.2026
9	Вибір компонентної бази для розроблюваних схем	02.05.2026
10	Компоновка та трасування друкованих плат основного і виносного блоків	15.05.2026

11	Розрахунок надійності проєктованого виробу та параметрів друкованого монтажу	23.05.2026
12	Розробка конструкторської документації на IoT-метеостанцію	03.06.2026
13	Розділ безпеки життєдіяльності, основи охорони праці	09.06.2026
14	Нормоконтроль	10.06.2026
15	Попередній захист кваліфікаційної роботи	11.06.2026
16	Перевірка роботи на антиплагіат	12.06.2026
17	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2026

Термін виконання кваліфікаційної роботи узгоджується з керівником і з графіком виконання.

7 ДОДАТКОВІ УМОВИ ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

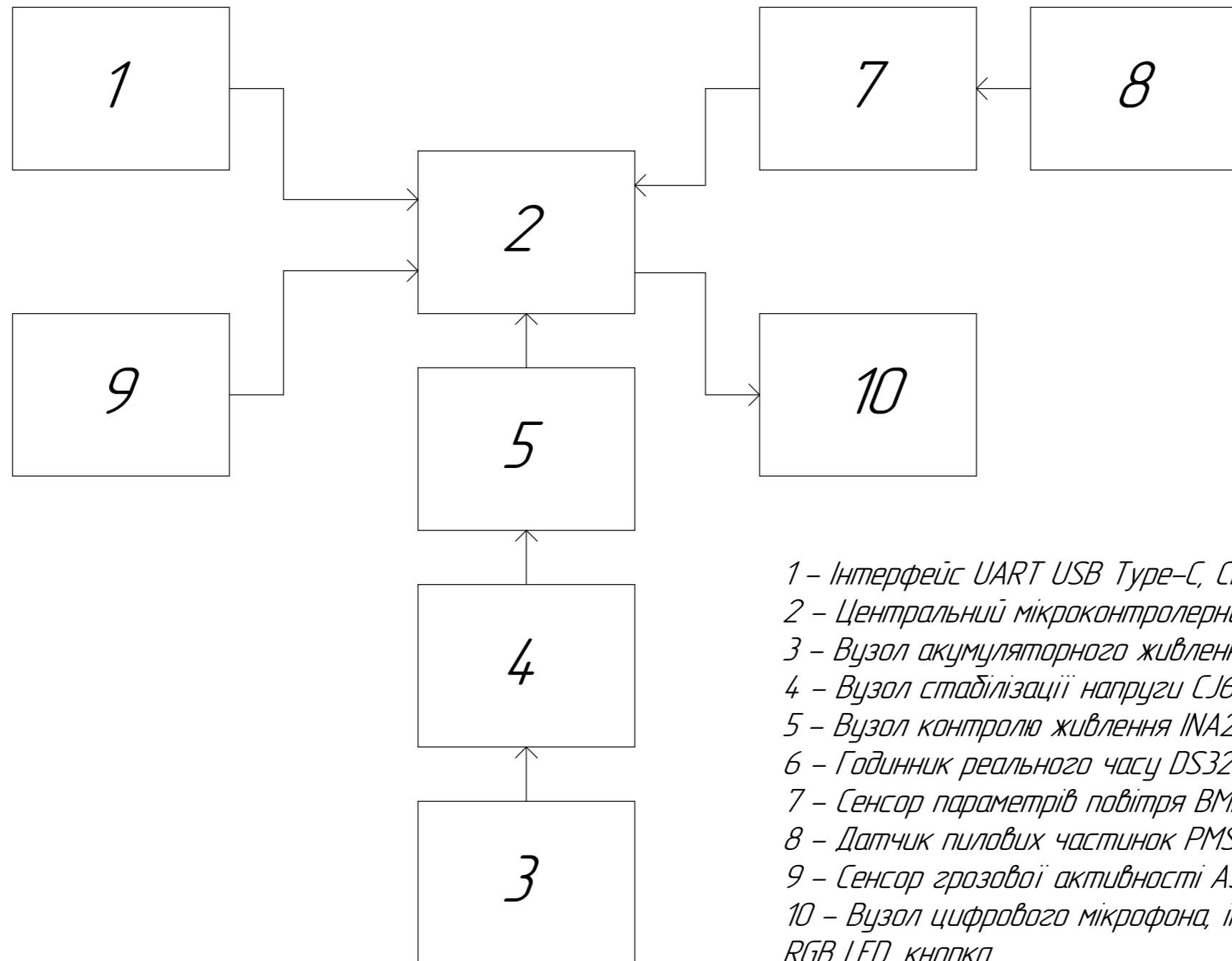
7.1 Під час виконання кваліфікаційної роботи в дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.



- 1 – Інтерфейс UART USB Type-C, CH340
- 2 – Центральний мікроконтрольний модуль ESP32-S3
- 3 – Годинник реального часу DS3231
- 4 – Графічний дисплей 320x480 із сенсорною панеллю
- 5 – Вузол живлення та стабілізації напруги
- 6 – Сенсорний вузол параметрів середовища BME680, VEML7700, MH-Z19E
- 7 – Вузол цифрових мікрофонів INMP441
- 8 – Вузол індикації та керування

					ФІА 2.899.001 Е1			
					IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних. Схема електрична структурна	Літ.	Вага	Масштаб
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Фурик І.А.							
Перевір.	Паляниця Ю.Б.							
Реценз.	Стрембський М.О.							
Н.контр.	Хвостівська Л.В.							
Затверд.	Дунець В.Л.							
					Арк	Аркушів 1		
					ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41			
					Копіював Формат А3			

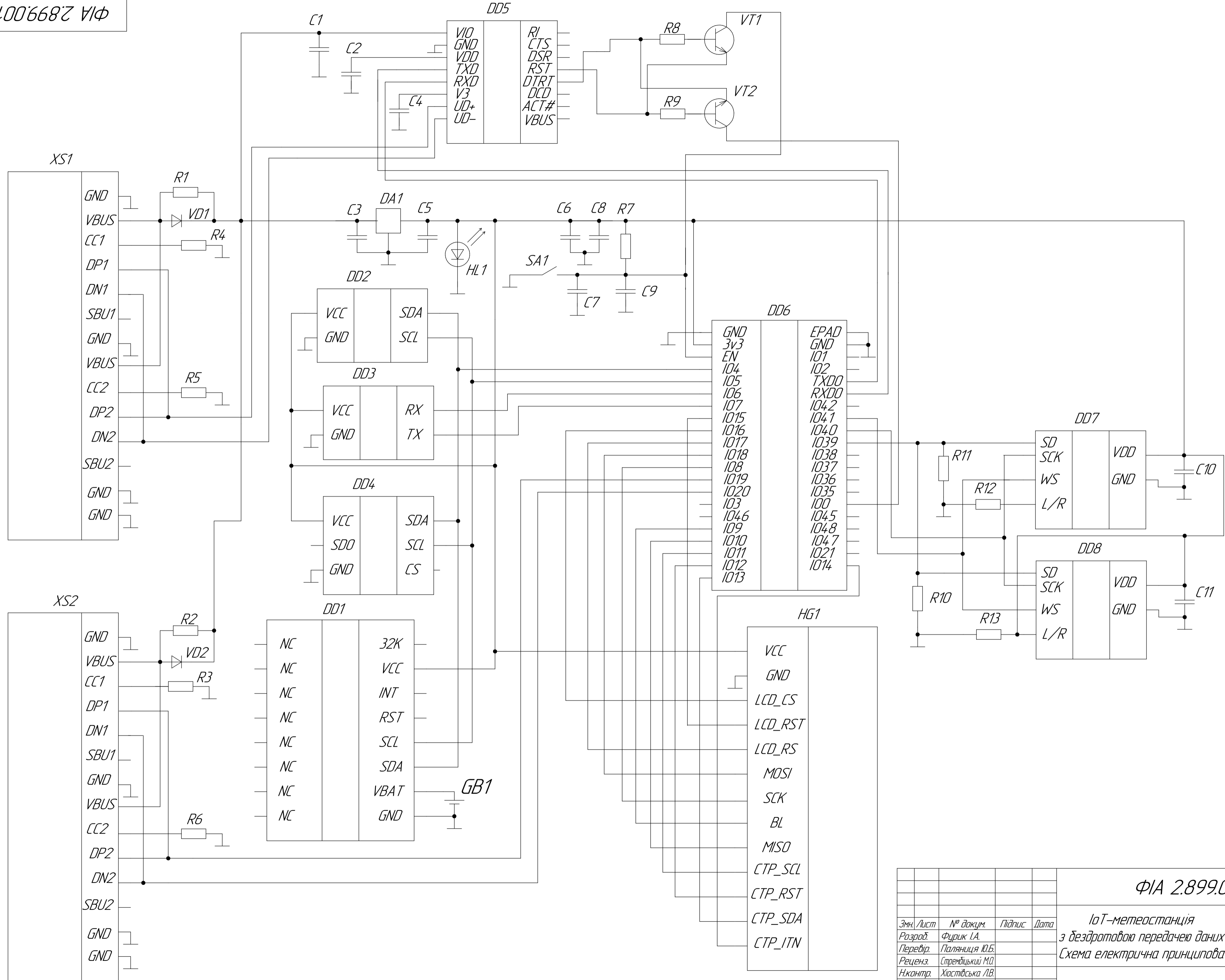
ФІА 2.899.002 Е1



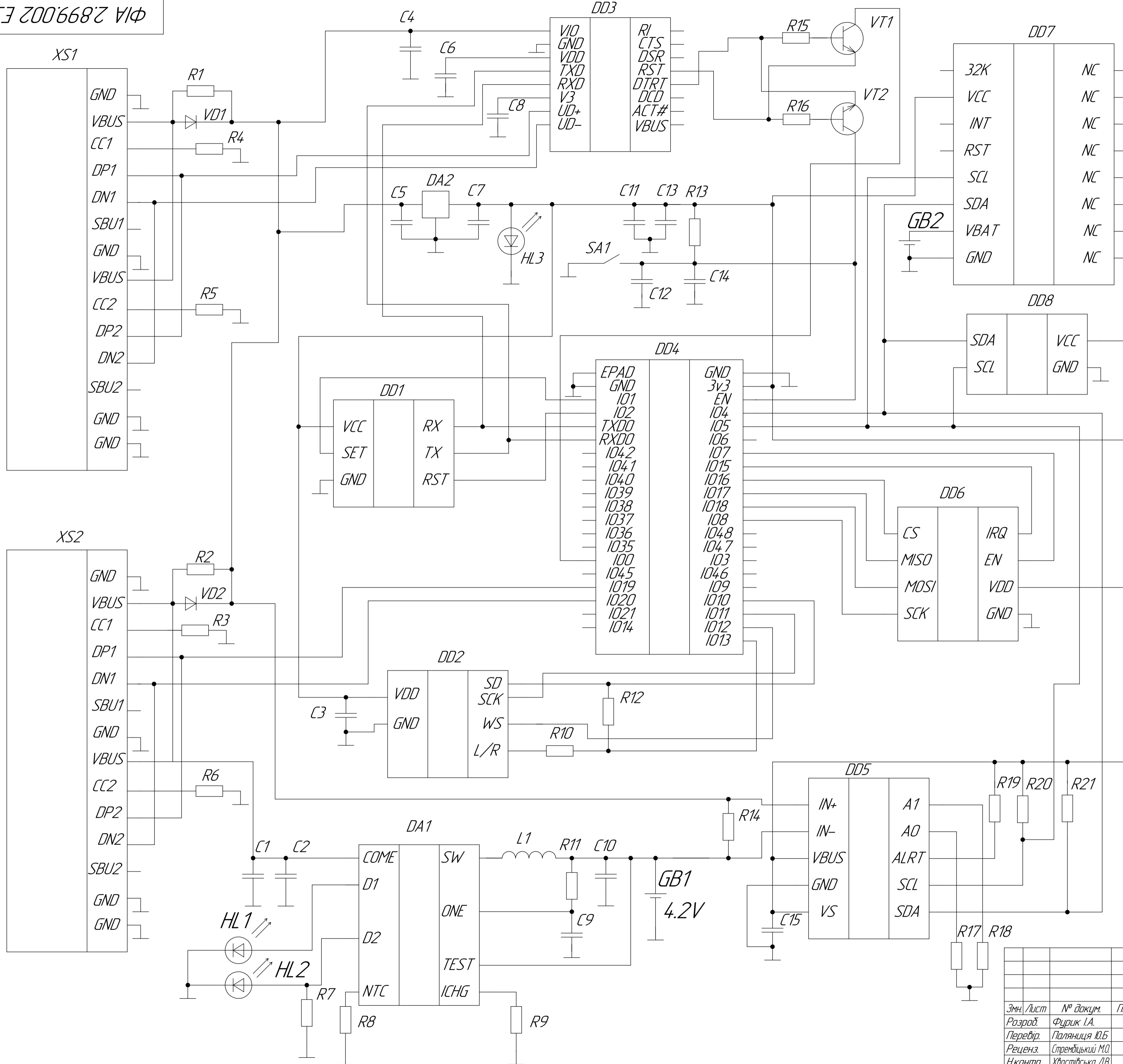
- 1 – Інтерфейс UART USB Type-C, CH340
 2 – Центральний мікроконтролерний модуль ESP32-S3
 3 – Вузол акумуляторного живлення та заряджання IP2312, NCR18650
 4 – Вузол стабілізації напруги CJ6107A33GW
 5 – Вузол контролю живлення INA226
 6 – Годинник реального часу DS3231
 7 – Сенсор параметрів повітря BME280
 8 – Датчик пилових частинок PMS5003
 9 – Сенсор грозової активності AS3935
 10 – Вузол цифрового мікрофона, індикації та керування INMP441, RGB LED, кнопка

ФІА 2.899.002 Е1						
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних. Схема електрична структурна		
Розроб.	Фурик І.А.					
Перевір.	Паляниця Ю.Б.					
Реценз.	Стрембський М.О.					
Н.контр.	Хвостівська Л.В.					
Затверд.	Дунець В.Л.					
				Літ.	Вага	Масштаб
				Арк	Аркушів	1
				ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41		

Первінне застосування
Додатковий №
Підп. і дата
Інв. № відл.
Зам. інв. №
Підп. і дата
Інв. № ар.



ФІА 2.899.001 ЕЗ				Лист	Вага	Масштаб
Эмб. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних Схема електрична принципова		
Разроб.	Фурик І.А.					
Перевір.	Паляниця Ю.Б.					
Реценз.	Стрецький М.О.					
Нконтр.	Хостівська Л.В.					
Затверд.	Дунець В.І.			Арк	Аркшів	1
				ТНТУ ім. І. Пулюя		
				група РАС-41		
				Формат А2		



Первинне застосування
Додатковий №
Підп. і дата
Інв. № відл.
Зам. інв. №
Підп. і дата
Інв. № ар.

ΦΙΑ 2.899.002 E3				Лит.	Вага	Масштаб
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних	
Разроб.	Фурік І.А.				Схема електрична принципова	
Перевір.	Паляниця Ю.Б.				Арк	Аркцивів 1
Реценз.	Стрецький М.О.				ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41	
Нконтр.	Хвостівська Л.В.				Формат А2	
Затверд.	Дунець В.І.				Копіював	

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Конденсатори</u>		
C1,C2	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	2	
C3-C5	MLCC-SMD/SMT 50V 100nF COG1206 ±10% "KEMET"	3	
C6	MLCC-SMD/SMT 50V 10uF COG1206 ±10% "KEMET"	1	
C7-C9	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	3	
C10,C11	MLCC-SMD/SMT 50V 100nF COG1206 ±10% "KEMET"	2	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	JSCJ CJ6107A33GW "JSCJ"	1	
DD1	DS3231 "Dallas Semiconductor"	1	
DD2	VEML7700 "Vishay"	1	
DD3	MH-Z19E "Winsen Sensors"	1	
DD4	BME680 "BOSCH SENSORTEC"	1	
DD5	CH340 "Avia Semiconductor Co., Ltd."	1	
DD6	ESP32S3-WROOM-1 N16R8 "Espressif System"	1	
DD7,DD8	INMP441 "InvenSense"	2	
GB1	<u>Елемент живлення</u> CR2032 "Duracell"	1	
	<u>Дисплеї</u>		
HG1	LCD 320x480 ILI9488 CAPACITIVE TOUCH "LITEK"	1	
	<u>Світлодіод</u>		
HL1	LED SMD 3528 RGB "Lead(Pb)Free Product-ROHS"	1	
	<u>Резистори</u>		
R1,R2	RES-1205-5.1 kOhm ±5% "Bourns"	2	

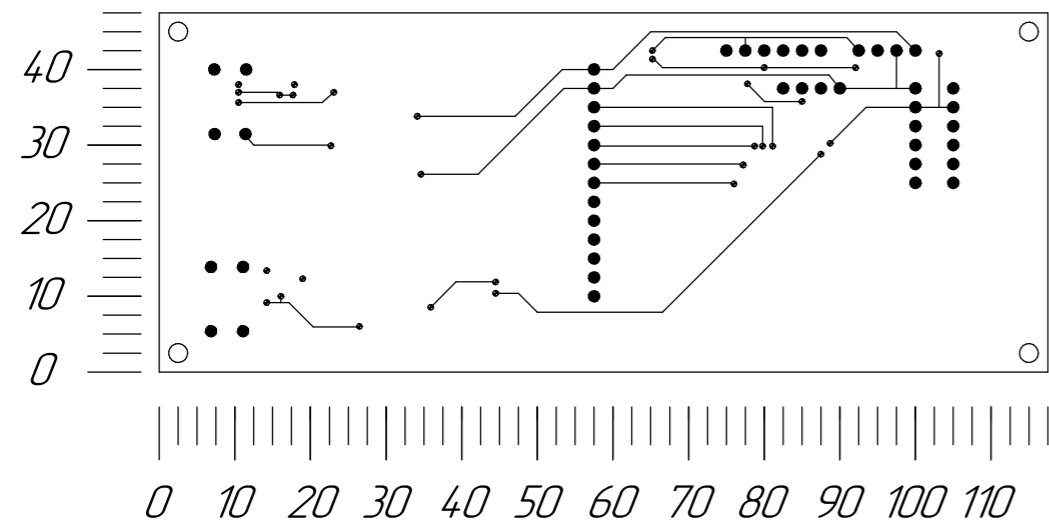
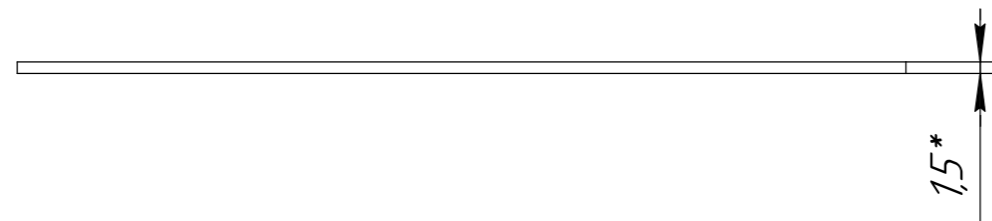
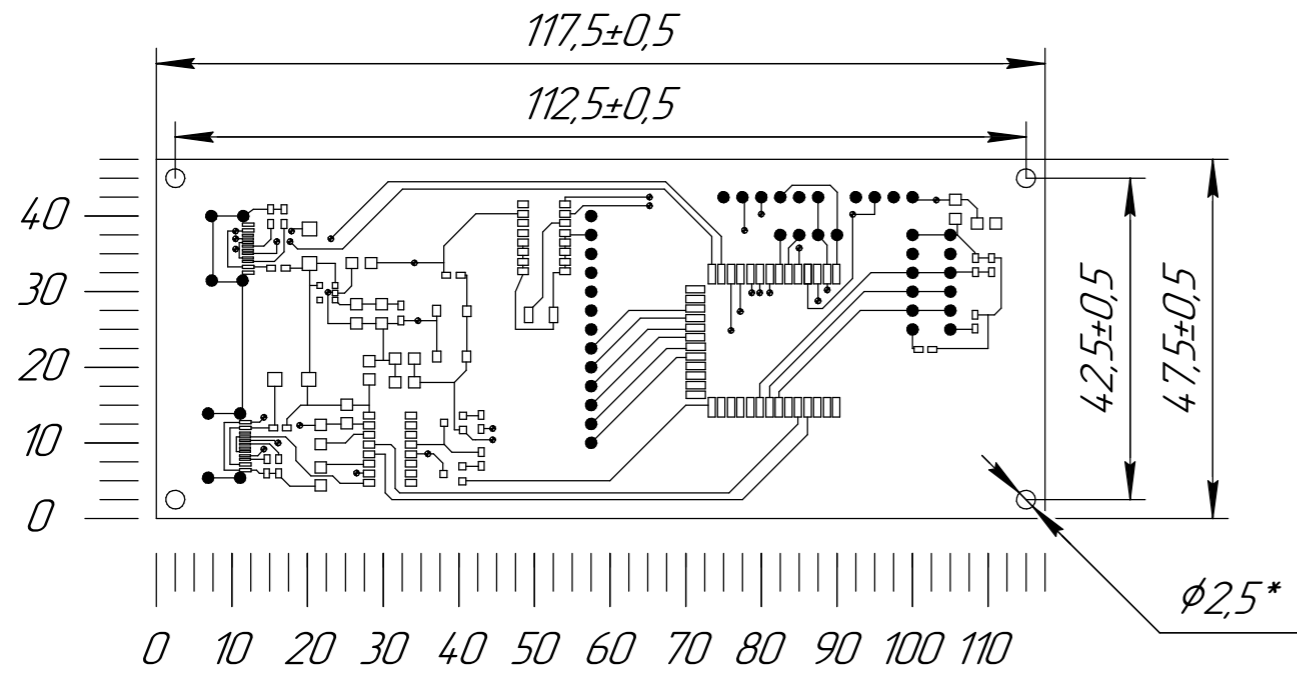
ФІА 2.899.001 ПЕ

Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Фурик І.А.			ІоТ-метеостанція з бездротовою передачею даних Перелік елементів	Лім.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Паляниця Ю.Б.					1	2
Реценз.		Стрембівський М.О.				ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41		
Н. Контр.		Хвостівська Л.В.						
Затверд.		Дценець В.Л.						

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка	
	<i>Конденсатори</i>			
C1	MLCC-SMD/SMT 50V 10uF COG1206 ±10% "KEMET"	1		
C2	MLCC-SMD/SMT 50V 22uF COG1206 ±10% "KEMET"	1		
C3	MLCC-SMD/SMT 50V 100nF COG1206 ±10% "KEMET"	1		
C4	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	1		
C5-C8	MLCC-SMD/SMT 50V 100nF COG1206 ±10% "KEMET"	4		
C9,C10	MLCC-SMD/SMT 50V 22uF COG1206 ±10% "KEMET"	2		
C11-C14	MLCC-SMD/SMT 50V 1uF COG1206 ±10% "KEMET"	4		
C15	MLCC-SMD/SMT 50V 100nF COG1206 ±10% "KEMET"	1		
	<i>Мікросхеми</i>			
DA1	IP2312 "INJOINIC TECHNOLOGY"	1		
DA2	JSCJ CJ6107A33GW "JSCJ"	1		
DD1	PMS5003 "PLANTOWER"	1		
DD2	INMP441 "InvenSense"	1		
DD3	CH340 "Avia Semiconductor Co., Ltd."	1		
DD4	ESP32S3-WROOM-1 N16R8 "Espressif System"	1		
DD5	INA226 "TEXAS INSTRUMENTS"	1		
DD6	AS3935 "AMS AG"	1		
DD7	DS3231 "Dallas Semiconductor"	1		
DD8	BME280 "BOSCH SENSORTIC"	1		
	<i>Елемент живлення</i>			
GB1	NCR18650 3.7V 3400mAh "PANASONIC"	1		
GB2	CR2032 "Duracell"	1		
	<i>Світлодіод</i>			
HL1-HL3	LED SMD 3528 RGB "Lead(Pb)Free Product-ROHS"	3		
ФІА 2.899.002 ПЕ				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Фурик І.А.			
Перевір.	Паляниця Ю.Б.			
Реценз.	Стрембський М.О.			
Н. Контр.	Хвостівська Л.В.			
Затверд.	Дунець В.Л.			
IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних Перелік елементів				
		Лім.	Арк.	Аркушів
			1	2
ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41				

ФІА 7.103.001 СК

Таблиця отворів



Позначення отвору	Діаметру отвору	Діаметр конт. площадки	Наявність металізації	Кількість отворів
⊕	0,7	1,5	з метал.	32
●	1,1	2	з метал.	47

1 *Розмір для довідок.

2. Плата повинна відповідати вимогам ДСТУ EN 61188-1-1:2022 та ДСТУ EN IEC 61191-1:2022; плата двостороння жорстка, клас точності 3, крок координатної сітки 2,5 мм.

3. Плату виконати комбінованим позитивним способом.

4. Конфігурація друкованих провідників згідно з кресленням.

5. Параметри отворів див. таблицю 1.

6. Таврувати штамп ВТК, маркувати заводський номер фарбою маркувальною епоксидною чорною МКЕ4, шрифт 2,5-Пр3 згідно з ДСТУ ISO 3098-1:2007.

				ФІА 7.103.001 СК		
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Вага	Масштаб
Розроб.	Фурик І.А.					1:1
Перевір.	Паляниця Ю.Б.					
Реценз.	Стрембський М.О.			Арк	Аркушів	1
Н.контр.	Хвостівська Л.В.			FR-4		
Затверд.	Дунець В.Л.					
				ТНТУ ім. І. Пулюя РАС-41		

Первинне застосування

Довідковий №

Підп. і дата

Інв. № дубл.

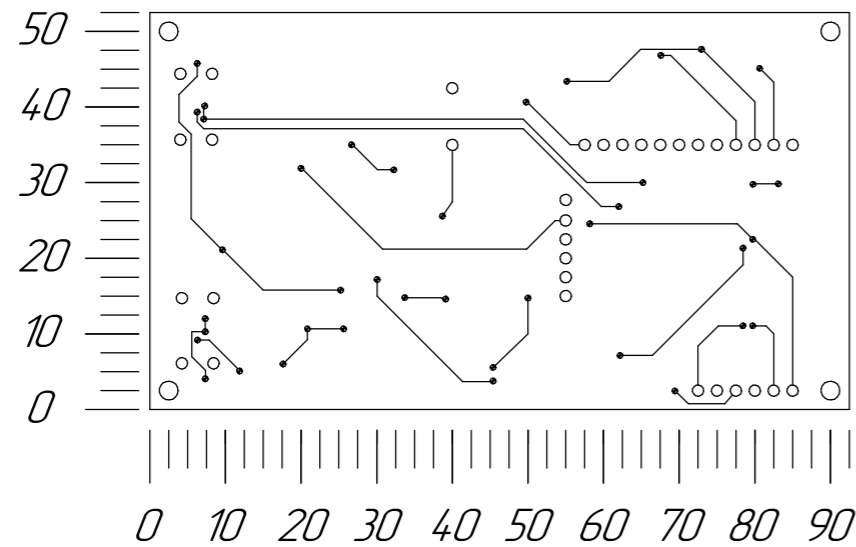
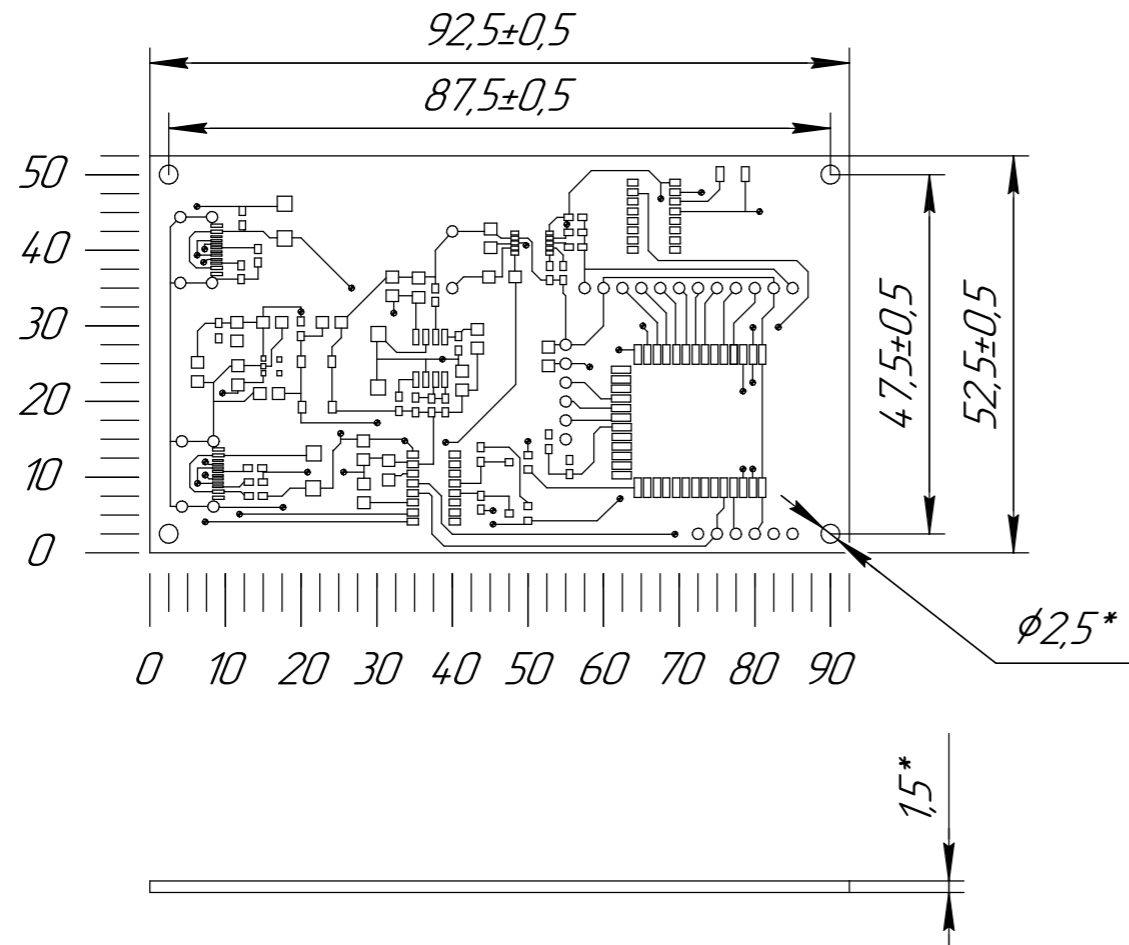
Зам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ар.

ФІА 7.103.002 СК

Таблиця отворів

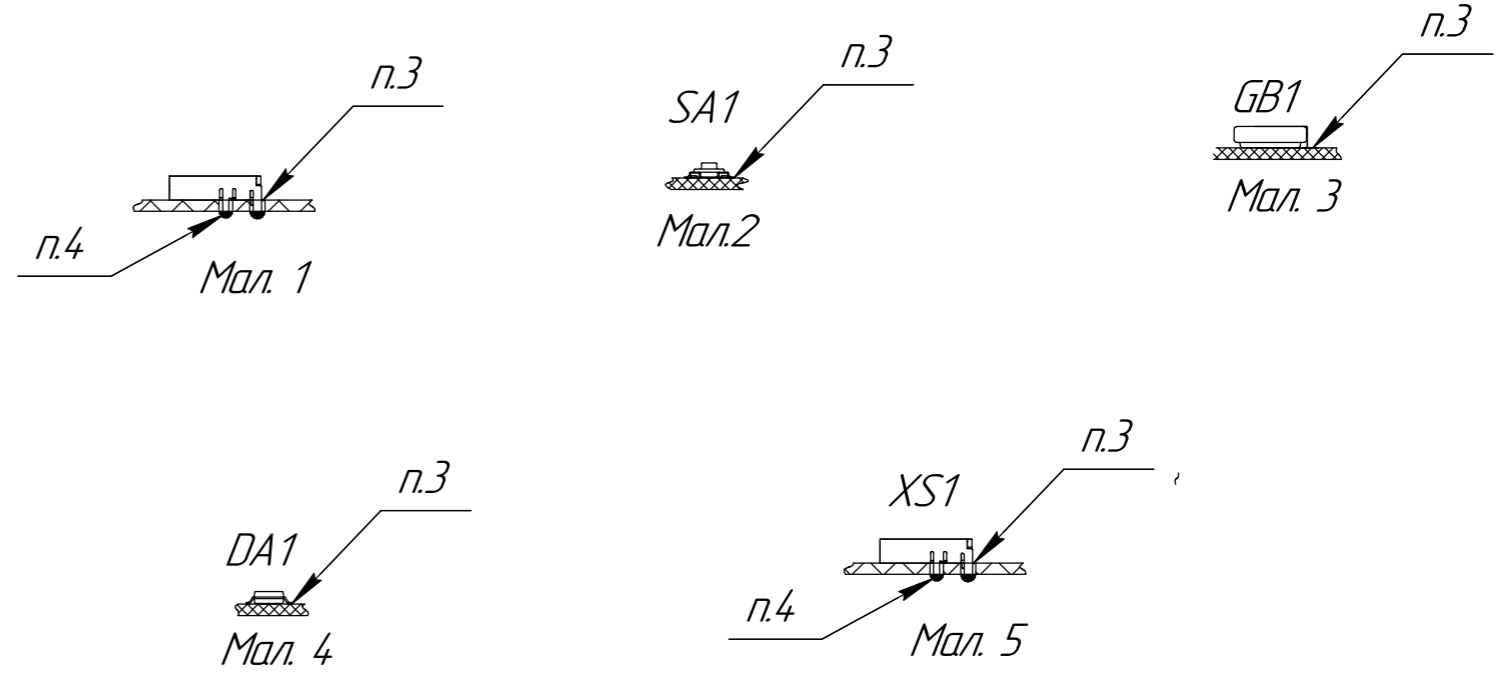
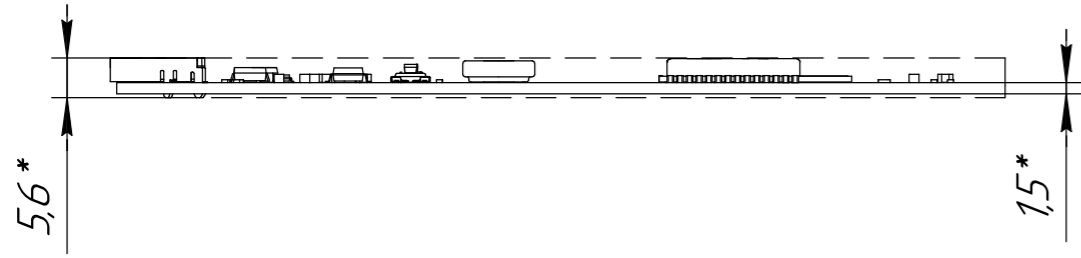
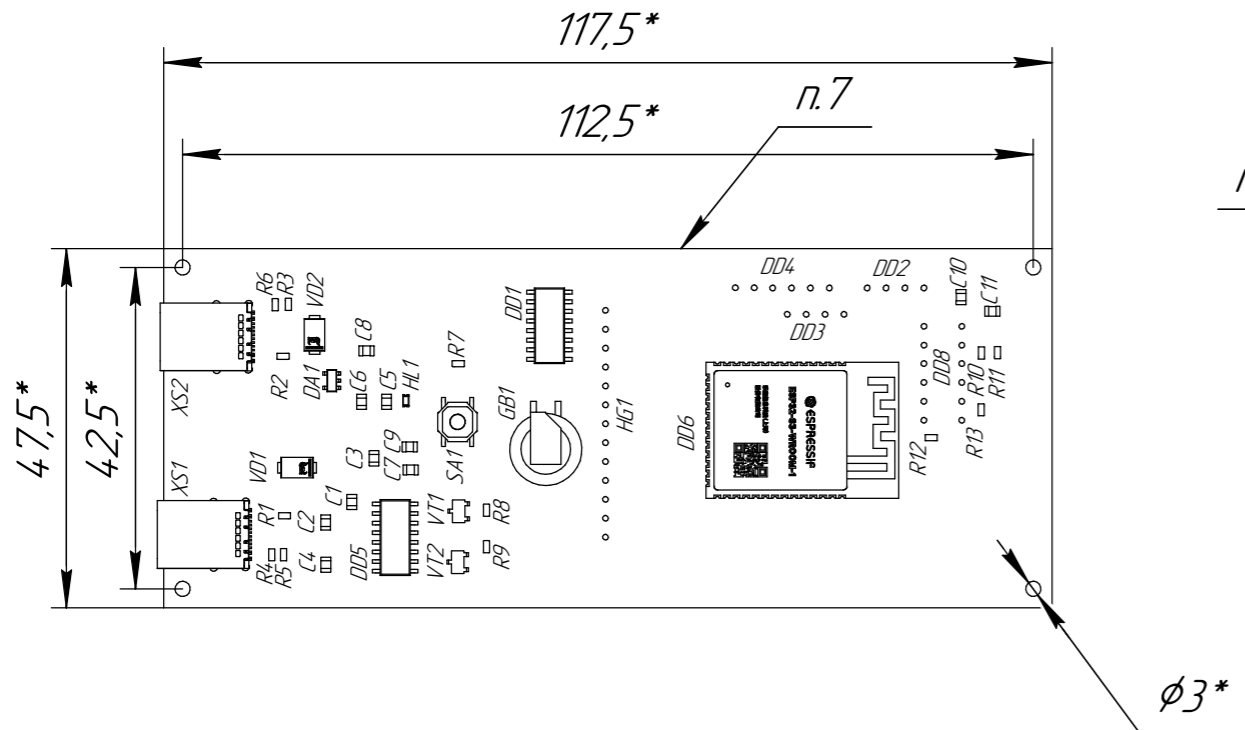


Позначення отвору	Діаметру отвору	Діаметр конт. площадки	Наявність металізації	Кількість отворів
⊕	0,7	1,5	з метал.	40
○	1,1	2	з метал.	34

- *Розмір для довідок.
- Плата повинна відповідати вимогам ДСТУ EN 61188-1-1:2022 та ДСТУ EN IEC 61191-1:2022; плата двостороння жорстка, клас точності 3, крок координатної сітки 2,5 мм.
- Плату виконати комбінованим позитивним способом.
- Конфігурація друкованих провідників згідно з кресленням.
- Параметри отворів див. таблицю 1.
- Таврувати штамп ВТК, маркувати заводський номер фарбою маркувальною епоксидною чорною МКЕЧ, шрифт 2,5-Гр3 згідно з ДСТУ ISO 3098-1:2007.

ФІА 7.103.002 СК				Літ.	Вага	Масштаб
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата			1:1
Розроб.	Фурик І.А					
Перевір.	Паляниця Ю.Б.					
Реценз.	Стрембський М.О.					
Н.контр.	Хвостівська Л.В.					
Затверд.	Дунець В.Л.					
Друкований вузол IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних Складальне креслення				Арк	Аркушів	1
				FR-4		

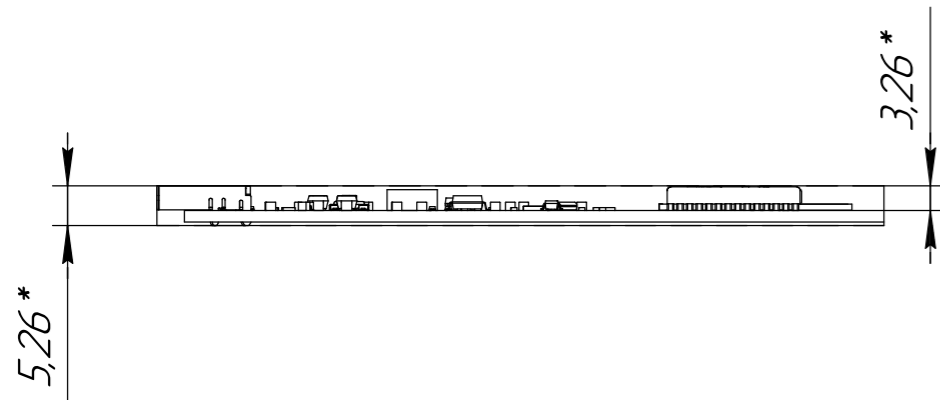
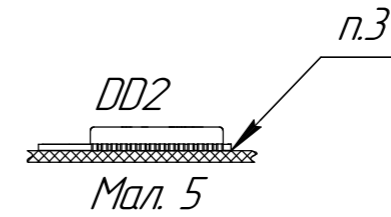
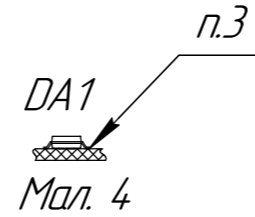
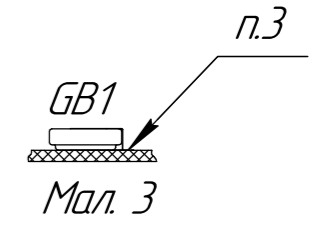
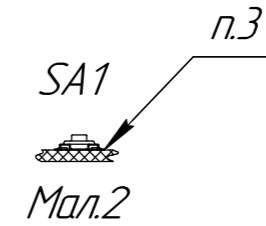
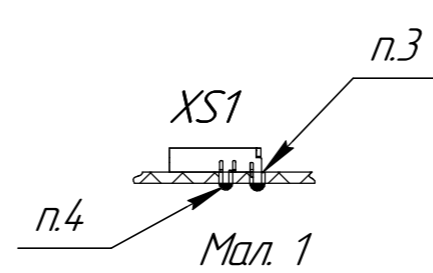
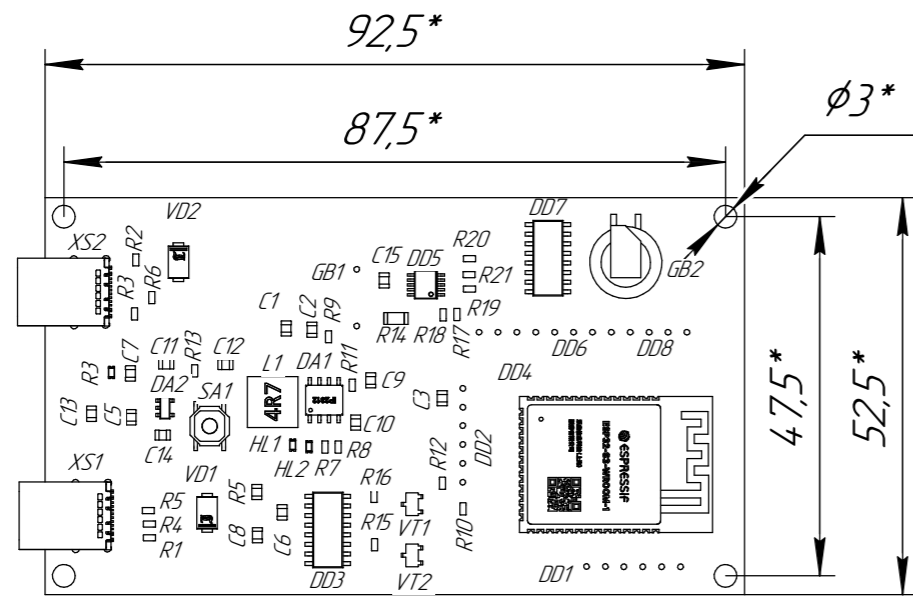
ФІА 2.899.001 СК



1. *Розмір для довідок.
2. Підготовку до монтажу виконати згідно з вимогами ДСТУ EN ІЕС 61191-1:2022.
3. Встановлення елементів на друкований вузол виконати згідно з ДСТУ EN ІЕС 61191-1:2022 та кресленням складального вузла. Роз'єми встановити відповідно до варіантів, зображених на кресленні.
4. Паяння елементів виконати згідно з ДСТУ EN ІЕС 61191-1:2022. Паяльні матеріали застосовувати згідно з ДСТУ EN 61190-1-1:2022
5. Теплопровідну пасту КПТ-8
6. Різьбові з'єднання стопорити емаллю або фіксатором різьби
7. Друкований вузол покрити захисним лаком для електронних вузлів згідно з технічною документацією виробника або вимогами ІРС-СС-830.
8. Позначення елементів схеми показані умовно.

ФІА 2.899.001 СК						
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Друкований вузол IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних Складальне креслення		
Розроб.	Фурик І.А.					
Перевір.	Паляниця Ю.Б.					
Реценз.	Стрембський М.О.					
Н.контр.	Хвостівська Л.В.					
Затверд.	Дунець В.І.					
				Літ.	Вага	Масштаб
					0,07	1:1
				Арк	Аркушів	1
				ТНТУ ім. І.Пулюя група РАС-41		

ФІА 2.899.002 СК



1. *Розмір для довідок.
2. Підготовку до монтажу виконати згідно з вимогами ДСТУ EN ІЕС 61191-1:2022.
3. Встановлення елементів на друкований вузол виконати згідно з ДСТУ EN ІЕС 61191-1:2022 та кресленням складального вузла. Роз'єми встановити відповідно до варіантів, зображених на кресленні.
4. Паяння елементів виконати згідно з ДСТУ EN ІЕС 61191-1:2022. Паяльні матеріали застосовувати згідно з ДСТУ EN 61190-1-1:2022
5. Теплопровідну пасту КПТ-8
6. Різьбові з'єднання стопорити емаллю або фіксатором різьби
7. Друкований вузол покрити захисним лаком для електронних вузлів згідно з технічною документацією виробника або вимогами ІРС-СС-830.
8. Позначення елементів схеми показані умовно.

				ФІА 2.899.002 СК		
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Вага	Масштаб
					0,07	1:1
Розроб.	Фурик І.А.			Арк	Аркушів	1
Перевір.	Паляниця Ю.Б.			ТНТУ ім. І.Пулюя група РАс-41		
Реценз.	Стрембівський М.О.					
Н.контр.	Хвостівська Л.В.					
Затверд.	Дунець В.І.			Копіював Формат А3		

Друкований вузол
IoT-метеостанція з
бездротовою передачею даних
Складальне креслення

Форм.	поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
			<u>Документація</u>		
A2		ФІА 2.899.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
A4		ФІА 2.899.001 ПЕ	Перелік елементів	2	
A3		ФІА 2.899.001 СК	Вузол друкований	1	
			<u>Деталі</u>		
A3	1	ФІА 7.103.001 СК	Плата друкована		
			<u>Інші вироби</u>		
			<u>Конденсатори</u>		
			"КЕМЕТ"		
	5		MLCC-SMD/SMT 50V 100 nF COG1206 ±10%	5	С1,С2
					С7-С9
	6		MLCC-SMD/SMT 50V 1 μF COG1206 ±10%	5	С3-С5
					С10,С11
	7		MLCC-SMD/SMT 50V 10 μF COG1206 ±10%	1	С6
			<u>Мікросхеми</u>		
	8		JSCJ CJ6107A33GW "JSCJ"	1	DA1
	9		DS3231 "Dallas Semiconductor"	1	DD1
	10		VEML 7700 "Vishay"	1	DD2
	11		MH-Z19E "Winsen Sensors"	1	DD3
	12		BME680 "BOSCH SENSORTEC"	1	DD4
	13		CH340 "Avia Semiconductor Co., Ltd."	1	DD5
	14		ESP32S3-WROOM-1 N16R8 "Espressif System"	1	DD6

ФІА 2.899.001				
Змн.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Фурик І.А.			
Перевір.	Паляниця Ю.Б.			
Реценз.	Стрембський М.О.			
Н.контр.	Хвостівська Л.В.			
Затверд.	Дунець В.Л.			
IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних. Специфікація			Літ.	Арк.
				1
			Аркушів	2
			ТНТУ ім. І. Пулюя РАС-41	

			<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітки</i>
		15		<i>NMP441 "InvenSense"</i>	2	<i>DD7,DD8</i>
				<i>Елемент живлення</i>		
		16		<i>CR2032 "Duracell"</i>	1	<i>GB1</i>
				<i>Дисплей</i>		
				<i>"ILITEK"</i>		
		17		<i>LCD 320x480 IL19844 CAPACITIVE TOUCH</i>	1	<i>HG1</i>
				<i>Світлодіоди</i>		
		18		<i>LED SMD 3528 RGB</i>		<i>HL1</i>
				<i>Резистори</i>		
		19		<i>RES-1205-4.7k ±5% "Bourns"</i>	4	<i>R3-R6</i>
		20		<i>RES-1205-5.1k ±5% "Bourns"</i>	2	<i>R1,R2</i>
		21		<i>RES-1205-10kΩ ±5% "Bourns"</i>	3	<i>R7-R9</i>
		22		<i>RES-1205-100kΩ ±5% "Bourns"</i>	4	<i>R10-R13</i>
				<i>Тактова кнопка</i>		
		23		<i>ST-1185S "RI SHENG"</i>	1	<i>SA1</i>
				<i>Діоди</i>		
		24		<i>SS14 "Taiwan Semiconductor Company, Ltd"</i>	2	<i>VD1,VD2</i>
				<i>Транзистори</i>		
		25		<i>S8050 "Diode Semiconductor Korea"</i>	2	<i>VT1,VT2</i>
				<i>Роз'єми</i>		
		26		<i>USB type-c "LeTV"</i>	2	<i>XS1, XS2</i>

Форм.	поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
			<u>Документація</u>		
A2		ФІА 2.899.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
A4		ФІА 2.899.001 ПЕ	Перелік елементів	2	
A3		ФІА 2.899.001 СК	Вузол друкований	1	
			<u>Деталі</u>		
A3	1	ФІА 7.103.001 СК	Плата друкована	1	
			<u>Інші вироби</u>		
			<u>Конденсатори</u>		
			"КЕМЕТ"		
	5		MLCC-SMD/SMT 50V 100 nF COG1206 ±10%	6	С3,С5-С8
					С15
	6		MLCC-SMD/SMT 50V 1µF COG1206 ±10%	5	С4
					С11-С14
	7		MLCC-SMD/SMT 50V 10µF COG1206 ±10%	1	С1
	8		MLCC-SMD/SMT 50V 22µF COG1206 ±10%	3	С2,С9
					С10
			<u>Мікросхеми</u>		
	9		IP2312 "INJOINIC TECHNOLOGY"	1	DA1
	10		JSCJ CJ6107A33GW "JSCJ"	1	DA2
	11		PMS5003 "PLANTOWER"	1	DD1
	12		INMP441 "Inven Sense"	1	DD2
	13		CH340 "Avia Semiconductor Co., Ltd."	1	DD3
	14		ESP32S3-WROOM-1 N16R8 "Espressif System"	1	DD4

ФІА 2.899.002					
Змн.	Лист.	№ докум.	Підпис	Дата	
Розроб.	Фурик І.А.				
Перевір.	Паляниця Ю.Б.				
Реценз.	Стрембський М.О.				
Н.контр.	Хвостівська Л.В.				
Затверд.	Дунець В.Л.				
IoT-метеостанція з бездротовою передачею даних. Специфікація				Літ.	
				Арк.	Аркушів
				1	3
ТНТУ ім. І. Пулюя РАС-41					

			Позначення	Назва	Кіл.	Примітки
		15		INA226 "TEXAS INSTRUMENTS"	1	DD5
		16		AS3935 "AMS AG"	1	DD6
		17		DS3231 "Dallas Semiconductor"	1	DD7
		18		BME280 "BOSCH SENSORTeC"	1	DD8
				<u>Елементи живлення</u>		
		19		NCR18650 3.7V 3400mAh	1	GB1
		20		CR2032 "Duracell"	1	GB2
				<u>Світлодіоди</u>		
				"Lead Free Product-ROHS"		
		21		LED SMD 3528 RGB	3	HL1-HL3
				<u>Індуктивності</u>		
		22		DPO-5.0-4.7 1μH "BOURNS"	1	L1
				<u>Резистори</u>		
		23		RES-1205-0.01 Ом ±5% "Bourns"	1	R14
		24		RES-1205-0.5 Ом ±5% "Bourns"	1	R11
		25		RES-1205-1 kОм ±5% "Bourns"	1	R9
		26		RES-1205-4.7 kОм ±5% "Bourns"	4	R3-R6
		27		RES-1205-5.1 kОм ±5% "Bourns"	2	R1,R2
		28		RES-1205-10 kОм ±5% "Bourns"	8	R13
						R15-R21
		29		RES-1205-82 kОм ±5% "Bourns"	1	R7
		30		RES-1205-100 kОм ±5% "Bourns"	3	R8
						R10, R12
				<u>Кнопки</u>		
		31		ST-1185S "RI SHENG"	1	SA1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФІА 2.899.002

Арк

2

