

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням інформації

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи РАС-41

спеціальності 172"Електронні комунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Шилінська У.В.	(прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Дедів І.Ю.	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Хвостівська Л.В.	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	(підпис)	Дунець В.Л.	(прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)		(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.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 172"Електронні комунікації та радіотехніка"

(шифр і назва спеціальності)

студентці Шилінській Уляні Василівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням інформації

Керівник роботи Дедів Ірина Юріївна, 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 23.06.2026

3. Вихідні дані до роботи: Універсальний контролер теплиці повинен забезпечувати контроль параметрів мікроклімату, вимірювання температури та вологості ґрунту, автоматичне керування виконавчими пристроями, локальну індикацію стану системи та дистанційне передавання інформації. Пристрій повинен мати мікроконтролерний блок, датчики температури й вологості, релейні канали керування, дисплей, годинник, модуль бездротового зв'язку

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 універсального контролера теплиці

2. Схема електрична принципова універсального контролера теплиці

3. Друкований вузол універсального контролера теплиці

4. Плата друкована універсального контролера теплиці

6. Консультанти розділів роботи

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

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 систем автоматизації теплиць та контролю мікроклімату	21.03.2026	
4	Розробка структурної схеми універсального контролера теплиці	23.03.2026	
5	Розробка схеми електричної принципової контролера теплиці	10.04.2026	
6	Розробка алгоритмів роботи мікроконтролера та периферійних модулів	12.04.2026	
7	Опис алгоритму роботи та функціонування програмної частини пристрою	16.04.2026	
8	Розрахунок вузла живлення та основних параметрів електричної схеми	22.04.2026	
9	Вибір та обґрунтування елементної бази пристрою	02.05.2026	
10	Компонування та трасування друкованої плати контролера теплиці	15.05.2026	
11	Розрахунок надійності проектного виробу та параметрів друкованого монтажу	23.05.2026	
12	Розробка конструкторської документації на універсальний контролер теплиці	03.06.2026	
13	Розділ безпеки життєдіяльності та основ охорони праці	09.06.2026	
14	Нормоконтроль	10.06.2026	
15	Попередній захист кваліфікаційної роботи	11.06.2026	
16	Перевірка роботи на антиплагіат	13.06.2026	
17	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2026	

Студент

(підпис)

Шилінська У.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Дедів І.Ю.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням інформації». Кваліфікаційна робота бакалавра// Тернопільський факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії, група РАС-41. // Тернопіль, 2026р. // с.—74, рис.—43, табл.—3, біолог.—26, додат.—6.

Ключові слова: ТЕПЛИЦЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР, АВТОМАТИЗАЦІЯ, КОНТРОЛЬ МІКРОКЛІМАТУ, ДАТЧИК ТЕМПЕРАТУРИ, ДАТЧИК ВОЛОГОСТІ, БЕЗДРОТОВИЙ ЗВ'ЯЗОК, РЕЛЕЙНЕ КЕРУВАННЯ.

У роботі виконано розробку універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації. Проведено аналіз існуючих систем автоматизації теплиць та обґрунтовано вибір технічних рішень для реалізації пристрою. Розроблено структурну та електричну принципову схеми контролера, виконано вибір елементної бази та проєктування друкованого вузла. Розглянуто алгоритм роботи пристрою, що забезпечує контроль параметрів мікроклімату та керування виконавчими елементами теплиці. Результатом роботи є розробка пристрою автоматизації теплиці, який може використовуватися для контролю та підтримання необхідних умов вирощування рослин.

ANNOTATION

Qualification Thesis Topic: “Universal Greenhouse Controller with Remote Information Transmission”. Bachelor’s Qualification Thesis // Ternopil Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering, Group RAs-41. // Ternopil, 2026. // Pages – 74, Figures – 43, Tables – 3, References – 26, Appendices – 6.

Keywords: GREENHOUSE, MICROCONTROLLER, AUTOMATION, MICROCLIMATE CONTROL, TEMPERATURE SENSOR, HUMIDITY SENSOR, WIRELESS COMMUNICATION, RELAY CONTROL.

The qualification work is devoted to the development of a universal greenhouse controller with remote data transmission. The existing greenhouse automation systems were analyzed and the technical solutions for the device implementation were substantiated. Structural and electrical schematic diagrams of the controller were developed, the component base was selected, and the printed circuit board was designed. The operating algorithm providing monitoring of microclimate parameters and control of greenhouse actuators was considered. The result of the work is a greenhouse automation device that can be used for monitoring and maintaining the required conditions for plant cultivation.

Зміст

Вступ.....	8
1. Основна частина	10
1.1 Аналіз технічного завдання	10
1.2 Аналіз структурної схеми пристрою.....	15
1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми контролера.....	18
1.3.1 Опис електричної принципової схеми.....	18
1.3.2 Розрахунок вузла електричної принципової схеми контролера.....	20
1.4 Вибір і обґрунтування компонентної бази	25
1.4.1 Опис та блок-схема алгоритма роботи мікроконтролера.....	25
1.4.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази.....	28
1.5 Компоновка друкованого вузла, розрахунок надійності та друкованого монтажу.....	41
1.5.1 Компоновка друкованого вузла	41
1.5.2 Розрахунок надійності проектного пристрою.....	43
1.5.3 Розрахунок друкованого монтажу.....	45
1.5.4 Технологія виготовлення друкованої плати	47
1.6 Висновок до розділу 1.....	49
2. Спеціальна частина.....	51
2.1 Обґрунтування вибору програмного середовища для розв'язання поставленого завдання	51
2.2 Створення друкованого вузла у середовищі Altium Designer.....	52
2.3 Висновок до розділу 2.....	60
3. Охорона праці та безпека життєдіяльності	61
3.1 Надзвичайні ситуації метеорологічного характеру	61

					ШУВ 2.899.001 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шилінська Ч.В.			Універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням інформації Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Дедів І.Ю.					6	74
Рецензент		Дозарська О.Ф.				ТНТУ ім. І. Пулюя група РАС-41		
Н. Контр.		Хвостівська						
Затверд.		Дунець В.Л.						

3.2 Заходи щодо захисту від ураження електричним струмом	64
3.3 Висновок до розділу 3.....	68
Висновки.....	69
Список використаних джерел.....	71
Додатки.....	74

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

Вступ

У сучасних умовах розвитку сільського господарства та зростання потреби в ефективному використанні ресурсів все більшої актуальності набувають системи автоматизації технологічних процесів. Одним із перспективних напрямків є автоматизація невеликих домашніх теплиць, що дозволяє забезпечити стабільні умови вирощування рослин, підвищити врожайність та зменшити необхідність постійного контролю з боку користувача.

Підтримання оптимального мікроклімату в теплиці є важливим фактором для нормального росту та розвитку рослин. До основних параметрів, що впливають на ефективність вирощування, належать температура навколишнього середовища, вологість ґрунту, режим поливу та освітлення. Контроль цих параметрів вручну є незручним і потребує постійної присутності людини, особливо при тривалій експлуатації теплиці. Саме тому виникає необхідність створення автоматизованих систем контролю та керування.

На сьогоднішній день на ринку представлені різноманітні пристрої автоматизації теплиць, проте значна частина з них або має обмежений функціонал, або характеризується високою вартістю. Недорогі пристрої здебільшого виконують лише окремі функції, наприклад контроль температури або керування поливом, тоді як професійні системи орієнтовані переважно на великі тепличні комплекси та мають надлишкові можливості для домашнього використання. У зв'язку з цим актуальною є розробка універсального контролера, який би поєднував необхідний функціонал, можливість дистанційного моніторингу та доступну вартість для користувача.

Актуальність даної роботи полягає у необхідності створення компактного та функціонального пристрою для автоматизації невеликих домашніх теплиць, який забезпечує контроль параметрів середовища,

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		8

автоматичне керування виконавчими пристроями та дистанційне передавання інформації.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації для автоматизації процесів контролю та підтримання параметрів мікроклімату у невеликих домашніх теплицях.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих систем автоматизації теплиць та їх функціональних можливостей;
- розробити структурну та електричну принципову схеми пристрою;
- описати принцип роботи основних функціональних вузлів;
- здійснити вибір та обґрунтування компонентної бази;
- реалізувати систему збору та обробки інформації з датчиків;
- забезпечити керування виконавчими пристроями та передачу даних через бездротовий канал зв'язку.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованого контролю параметрів мікроклімату теплиці.

Предметом дослідження є мікроконтролерна система автоматизації теплиці з функцією дистанційного передавання інформації.

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

1. Основна частина

1.1 Аналіз технічного завдання

Основні технічні характеристики пристрою

Напруга живлення.....	5В
Максимальний струм споживання.....	до 1А
Тип бездротового зв'язку.....	Wi-Fi
Тип індикації.....	рідкокристалічний дисплей
Контрольовані параметри.....	температура, вологість ґрунту
Тип виконавчих елементів.....	релейні модулі
Кількість каналів керування.....	до 4
Режими роботи.....	ручний та автоматичний
Габарити.....	85x152x23мм

Технічне завдання на розробку універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації передбачає створення пристрою для автоматизації контролю параметрів мікроклімату у невеликих домашніх теплицях. Розроблюваний пристрій повинен забезпечувати контроль температури та вологості ґрунту, автоматичне керування виконавчими пристроями, локальну індикацію параметрів системи та дистанційний моніторинг.

У процесі аналізу технічного завдання було визначено, що система повинна забезпечувати безперервний збір та обробку інформації з датчиків, аналіз поточних параметрів середовища та формування керуючих сигналів для виконавчих пристроїв відповідно до встановлених алгоритмів роботи. Для реалізації цих функцій передбачено використання мікроконтролерної системи, датчиків температури та вологості ґрунту, релейних каналів керування, модуля годинника реального часу, рідкокристалічного дисплея та модуля бездротового зв'язку.

					<i>ШЧВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		10

Однією з важливих вимог до системи є автоматизоване керування зовнішніми пристроями, зокрема системами поливу, вентиляції або освітлення. Керування повинно здійснюватися залежно від поточних параметрів середовища та заданих режимів роботи. Для цього у структурі пристрою передбачаються релейні модулі, які забезпечують комутацію зовнішніх електричних навантажень.

Для підвищення зручності користування у пристрої передбачено рідкокристалічний дисплей. На ньому відображаються поточні параметри системи, стан виконавчих пристроїв та службова інформація. Наявність локальної індикації дозволяє контролювати роботу пристрою без використання додаткових засобів моніторингу.

Важливою функцією розроблюваного пристрою є дистанційне передавання інформації про стан системи. Для реалізації цієї функції використовується модуль ESP8266, який забезпечує бездротовий обмін даними між контролером та зовнішнім пристроєм користувача. Це дозволяє здійснювати дистанційний моніторинг параметрів теплиці та підвищує зручність експлуатації системи.

Для реалізації часових алгоритмів роботи у системі використовується модуль годинника реального часу. Він забезпечує збереження та обробку часових параметрів незалежно від стану основного живлення і дозволяє реалізувати автоматичну роботу окремих функцій за заданим графіком.

На сучасному ринку представлені різні пристрої для автоматизації теплиць і керування окремими параметрами мікроклімату. Їх можна умовно поділити на три групи: прості терморегулятори, універсальні Wi-Fi реле з датчиками та спеціалізовані контролери для теплиць. Кожна з цих груп має свої переваги та недоліки, тому для обґрунтування доцільності розробки універсального контролера теплиці необхідно виконати короткий аналіз існуючих рішень.

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

До простих пристроїв належать цифрові терморегулятори типу STC-1000 або ХН-W3001. Вони призначені переважно для підтримання заданої температури шляхом вмикання або вимикання навантаження.



Рисунок 1.1 – Цифровий терморегулятор STC-1000

Перевагами таких пристроїв є низька вартість, простота підключення та доступність. Однак вони контролюють лише один параметр, не мають повноцінної системи аналізу стану теплиці, не підтримують роботу з декількома датчиками та не забезпечують дистанційне передавання інформації.

До другої групи належать побутові Wi-Fi реле з датчиками температури та вологості, наприклад Sonoff THR316. Такі пристрої вже мають можливість дистанційного керування через бездротовий зв'язок і мобільний застосунок.



Рисунок 1.2 – Wi-Fi реле Sonoff THR316 із датчиком температури та вологості

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		12

Перевагою Wi-Fi реле є зручність використання та підтримка віддаленого доступу. Проте вони не є спеціалізованими контролерами теплиці, оскільки працюють переважно за простою логікою «датчик — реле» і не забезпечують комплексного керування температурою, вологістю ґрунту, часовими режимами та кількома виконавчими каналами в межах однієї системи.

Більш близькими до теми роботи є спеціалізовані контролери вологості й температури, наприклад RUBEZH PKBT-2/16. Такі пристрої можуть використовуватися для теплиць, інкубаторів або приміщень, де потрібно підтримувати задані параметри повітря.



Рисунок 1.3 – Контролер вологості і температури RUBEZH PKBT-2/16

Перевагою спеціалізованих контролерів є орієнтація на контроль мікроклімату та можливість керування навантаженням за заданими порогоми. Недоліком є вища вартість порівняно з простими терморегуляторами та обмежена гнучкість щодо розширення функцій, індикації, дистанційного передавання даних і підключення додаткових вузлів.

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		13

Окрему групу становлять готові комплекти автоматики для теплиць. Вони можуть включати контролер, таймер, електроцит, автоматичний вимикач, блок живлення та електромагнітний клапан. Такі системи є більш завершеними з точки зору практичного використання, але мають вищу вартість і часто орієнтовані на конкретну конфігурацію системи поливу або вентиляції. Для невеликих домашніх теплиць їх можливості можуть бути надлишковими.



Рисунок 1.4 – Комплект автоматики для теплиці

У результаті порівняння встановлено, що прості терморегулятори мають низьку вартість, але не забезпечують комплексного керування теплицею. Wi-Fi реле зручні для дистанційного керування, однак не враховують специфіку тепличного середовища. Спеціалізовані контролери та готові комплекти автоматики мають ширші можливості, але їх вартість є вищою, а функціонал часто надлишковий для невеликих домашніх теплиць.

Розроблюваний універсальний контролер теплиці займає проміжне положення між простими побутовими пристроями та дорогими спеціалізованими системами. Його перевагою є поєднання контролю

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		14

температури, вологості ґрунту, локальної індикації, часових режимів роботи, релейного керування виконавчими пристроями та дистанційного передавання інформації. Це робить пристрій доцільним для автоматизації невеликих домашніх теплиць, де потрібне компактне та функціональне рішення.

Під час аналізу технічного завдання також було враховано необхідність забезпечення компактних габаритів пристрою, невисокого енергоспоживання, доступності компонентної бази та можливості подальшої модернізації системи.

1.2 Аналіз структурної схеми пристрою

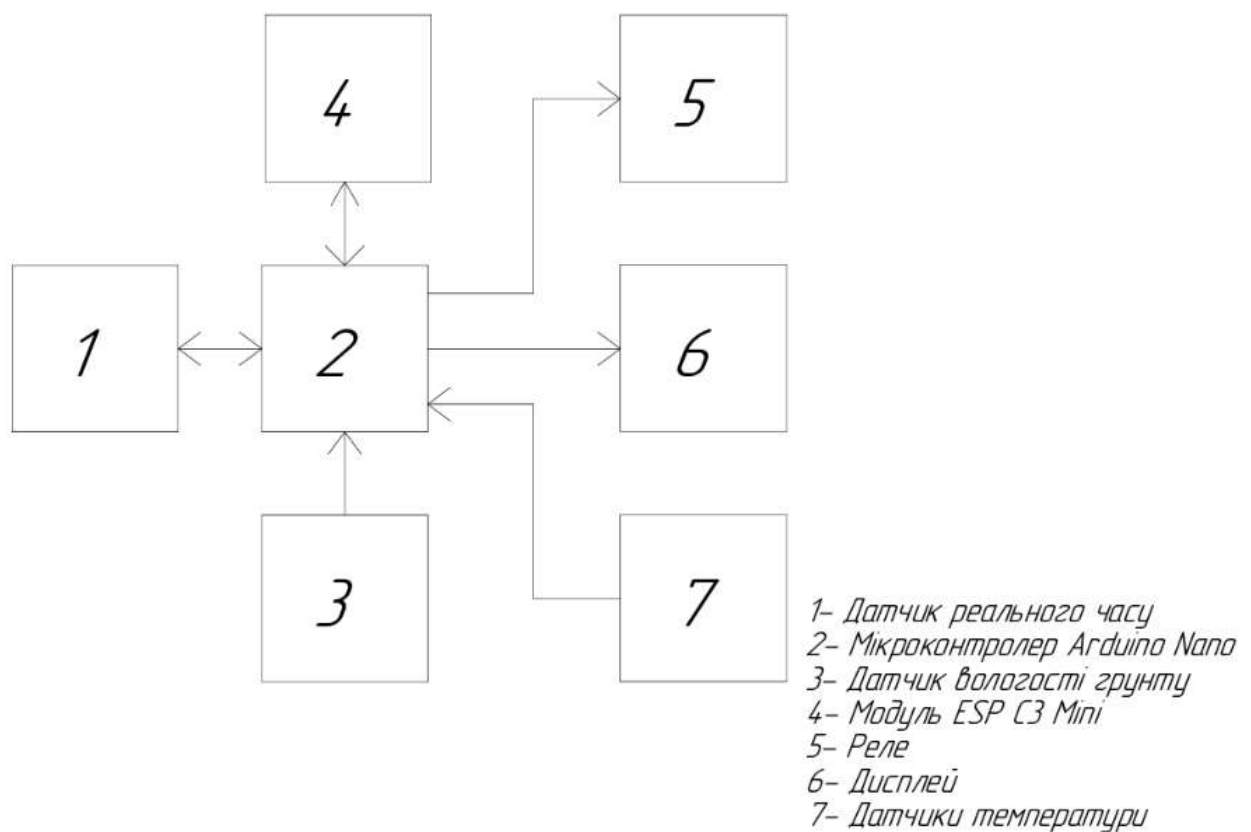


Рисунок 1.5 – Структурна схема універсального контролера теплиці

1. Датчик реального часу
2. Мікроконтролер Arduino Nano
3. Датчик вологості ґрунту
4. Модуль ESP C3 Mini

5. Реле

6. Дисплей

7. Датчик температури

Структурна схема універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації побудована за модульним принципом, що забезпечує розподіл функцій між окремими вузлами та їх узгоджену взаємодію. Центральним елементом системи є мікроконтролерний блок на базі Arduino Nano, який виконує функції збору, обробки та аналізу інформації, а також формує керуючі сигнали для виконавчих пристроїв.

Мікроконтролерний блок є ядром системи і забезпечує обмін даними з усіма периферійними модулями. Він здійснює опитування датчиків, обробляє отримані сигнали відповідно до закладеного алгоритму та приймає рішення щодо керування навантаженнями. Крім того, мікроконтролер організовує відображення інформації на індикаторі та забезпечує передачу даних через канал бездротового зв'язку.

Інформаційною основою роботи системи є блок датчиків, який включає датчики температури та вологості ґрунту. Датчики температури формують сигнал, що відображає поточний стан повітряного середовища, тоді як датчик вологості ґрунту дозволяє визначити ступінь зволоженості ґрунту. Сигнали з датчиків надходять до мікроконтролера, де проходять обробку та перетворення у форму, придатну для подальшого аналізу.

Для забезпечення роботи системи в режимі реального часу використовується блок годинника реального часу. Даний модуль виконує функції відліку поточного часу та збереження часових параметрів незалежно від стану основного живлення. Інформація про час передається до мікроконтролера і використовується для реалізації алгоритмів керування, що залежать від часових інтервалів, зокрема для автоматизації процесів поливу або освітлення за заданим графіком.

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		16

Взаємодія з користувачем реалізується через блок індикації, виконаний на основі рідкокристалічного дисплея. Дисплей відображає поточні значення вимірюваних параметрів, стан системи та режими роботи пристрою. Формування інформації для відображення здійснюється мікроконтролером, який передає відповідні дані на індикатор через цифровий інтерфейс.

Керування зовнішніми пристроями здійснюється за допомогою блоку виконавчих елементів, до складу якого входять релейні модулі. Дані елементи забезпечують комутацію електричних навантажень, таких як системи поливу, вентиляції або освітлення. Мікроконтролер формує керуючі сигнали, які подаються на реле, що дозволяє здійснювати вмикання або вимикання відповідних пристроїв відповідно до умов роботи системи.

Для реалізації функції дистанційного моніторингу та керування у структурі пристрою передбачено блок бездротового зв'язку. Даний модуль забезпечує передачу інформації про стан системи на зовнішні пристрої, а також прийом керуючих команд від користувача. Обмін даними між мікроконтролером і модулем зв'язку здійснюється через послідовний інтерфейс, що забезпечує надійну та стабільну передачу інформації.

Живлення всіх вузлів системи забезпечується блоком живлення, який формує стабілізовану напругу необхідного рівня для коректної роботи електронних компонентів. Блок живлення виконує функції перетворення та стабілізації напруги, а також розподілу енергії між окремими модулями пристрою.

У процесі функціонування система здійснює безперервний контроль параметрів середовища. Сигнали з датчиків надходять до мікроконтролера, де вони аналізуються відповідно до заданих умов та алгоритмів. У разі відхилення параметрів від заданих значень мікроконтролер формує керуючі сигнали для виконавчих пристроїв, забезпечуючи автоматичне регулювання умов у теплиці. Одночасно з цим відбувається оновлення інформації на дисплеї та передача даних через бездротовий канал.

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

1.3 Проектування і розрахунок вузлів електричної принципової схеми пристрою (вузла)

1.3.1 Опис електричної принципової схеми

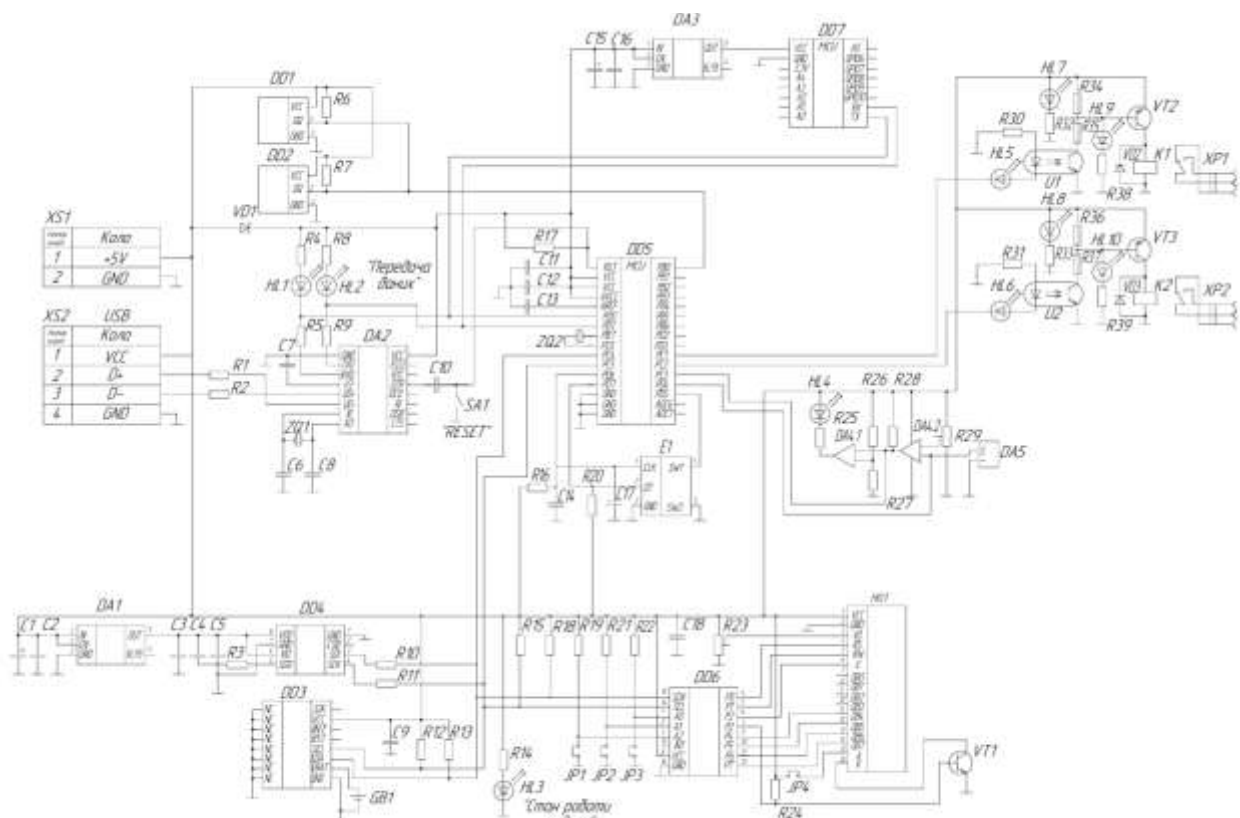


Рисунок 1.6 – Схема електрична принципова універсального контролера теплиці

Електрична принципова схема пристрою складається з ряду функціональних вузлів, кожен з яких реалізований на дискретних та інтегральних елементах і виконує визначену роль у загальній роботі системи.

Вузол живлення призначений для формування стабілізованої напруги, необхідної для роботи мікроконтролера та периферійних модулів. На вході схеми напруга подається від зовнішнього джерела і надходить на стабілізатор напруги типу DA1, який формує стабілізоване значення. Додатковий стабілізатор DA3 може використовуватись для формування альтернативного

рівня напруги живлення для окремих вузлів. У вхідних і вихідних колах стабілізаторів встановлені фільтруючі конденсатори C1, C2 та інші, що забезпечують згладжування пульсацій і підвищують стійкість роботи системи. Резистивні елементи в цьому вузлі можуть виконувати функцію обмеження струму або формування необхідних режимів роботи.

Мікроконтролерний вузол реалізований на базі мікроконтролера DD5, який є центральним керуючим елементом системи. До його виводів підключені всі основні функціональні вузли, включаючи датчики, індикатор, модулі зв'язку та виконавчі елементи. Блок-схема будови мікроконтролера Arduino Nano зображено на рис. 3. Для забезпечення стабільної роботи мікроконтролера в схемі передбачені блокувальні конденсатори, підключені між шинами живлення, що зменшують рівень перешкод і забезпечують стабільність напруги.

Вузол підключення датчиків включає ланцюги, що забезпечують прийом сигналів від датчиків температури та вологості ґрунту. Датчик вологості ґрунту підключений до аналогового входу мікроконтролера через відповідний ланцюг, що може включати резистивний подільник напруги або захисні елементи. Датчики температури підключаються до цифрових входів і використовують підтягуючі резистори типу R, які забезпечують формування стабільного логічного рівня сигналу при відсутності активного стану. Це дозволяє уникнути помилкових спрацьовувань і підвищує надійність передачі даних.

Модуль годинника реального часу підключений до мікроконтролера через інтерфейс I²C, реалізований за допомогою двох ліній — даних та тактування. На цих лініях встановлені підтягуючі резистори, які забезпечують коректне формування сигналів шини. Мікросхема RTC має власне резервне живлення, що дозволяє зберігати інформацію про час навіть при відключенні основного джерела живлення.

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		19

Вузол індикації реалізований на основі рідкокристалічного дисплея, підключеного до мікроконтролера через паралельний або послідовний інтерфейс. У колах підключення можуть використовуватись обмежувальні резистори для захисту входів дисплея, а також елементи регулювання контрастності. Керування дисплеєм здійснюється шляхом подачі цифрових сигналів з мікроконтролера.

Блок бездротового зв'язку підключений до мікроконтролера через послідовний інтерфейс UART. Лінії передачі та прийому даних забезпечують двосторонній обмін інформацією. У разі необхідності можуть застосовуватись додаткові елементи узгодження рівнів сигналів. Даний вузол дозволяє реалізувати передачу даних на віддалені пристрої та прийом команд керування.

Вузол керування виконавчими пристроями реалізований на транзисторах $VT1-VTn$, які працюють у ключовому режимі. База транзистора підключена до виходу мікроконтролера через резистор, що обмежує струм бази. Колектор транзистора з'єднаний з обмоткою реле, а емітер підключений до загального проводу. При подачі керуючого сигналу транзистор відкривається, що призводить до протікання струму через обмотку реле і його спрацьовування.

Для захисту транзисторів від імпульсів самоіндукції, що виникають при вимиканні реле, паралельно обмоткам підключені діоди $VD1-VDn$. Ці діоди шунтують індуктивні викиди напруги, тим самим запобігаючи пошкодженню напівпровідникових елементів.

Релейні контакти використовуються для комутації зовнішніх навантажень, що можуть працювати при підвищених напругах або струмах. Таким чином забезпечується електрична розв'язка між керуючою частиною схеми та силовими колами.

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		20

1.3.2 Розрахунок вузла електричної принципової схеми пристрою

Для живлення вузлів пристрою, які працюють від напруги 3,3 В, необхідно використати стабілізатор напруги. До таких вузлів належить модуль бездротового зв'язку ESP8266, який забезпечує дистанційне передавання інформації про стан системи.

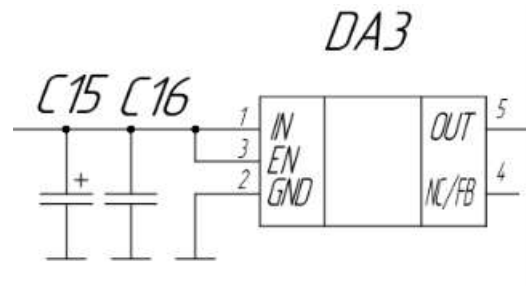


Рисунок 1.7 – Вигляд стабілізатора в схемі електричній принциповій

Вхідна напруга, що подається на стабілізатор, становить:

$$U_{\text{вх}} = 5 \text{ В.}$$

Необхідна вихідна напруга для живлення відповідного вузла становить:

$$U_{\text{вих}} = 3.3 \text{ В.}$$

Різниця між вхідною та вихідною напругою визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta U &= U_{\text{вх}} - U_{\text{вих}} , \\ \Delta U &= 5 - 3.3 = 1.7 \text{ В.} \end{aligned} \tag{1.1}$$

Отже, стабілізатор повинен забезпечувати зниження напруги з 5В до 3,3В.

Максимальний струм навантаження приймаємо:

$$I_{\text{н}} = 0.15 \text{ А.}$$

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		21

Потужність, яка розсіюється на стабілізаторі, визначається за формулою:

$$P_{\text{розс}} = \Delta U \cdot I_{\text{н}} \quad (1.2)$$

$$P_{\text{розс}} = 1.7 \cdot 0.15 = 0.255 \text{ Вт}$$

Отже, стабілізатор повинен витримувати розсіювану потужність не менше 0,255 Вт.

Для перевірки відповідності вибраного стабілізатора необхідним параметрам порівнюємо отримані розрахункові значення з характеристиками мікросхеми LP2985-33DBV. Дана мікросхема є стабілізатором напруги з фіксованою вихідною напругою 3,3 В та допустимим вихідним струмом до 150 мА.

Вихідна напруга стабілізатора:

$$U_{\text{вих.ст}} = 3.3 \text{ В}$$

Допустимий вихідний струм:

$$I_{\text{вих.мах}} = 0.15 \text{ А}$$

Оскільки необхідна вихідна напруга схеми становить 3,3 В, а стабілізатор LP2985-33DBV забезпечує стабілізовану напругу 3,3 В, умова за напругою виконується:

$$U_{\text{вих.ст}} = U_{\text{вих}} = 3.3 \text{ В}$$

Також виконується умова за струмом:

$$I_{\text{вих.мах}} \geq I_{\text{н}} \quad (1.3)$$

$$0.15 \geq 0.15$$

Таким чином, за вихідною напругою та допустимим струмом стабілізатор LP2985-33DBV відповідає вимогам схеми.

Для стабільної роботи стабілізатора на його вході та виході необхідно передбачити фільтруючі конденсатори. Вхідний конденсатор забезпечує

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		22

згладжування пульсацій вхідної напруги, а вихідний конденсатор підвищує стійкість роботи стабілізатора та зменшує рівень пульсацій на виході.

Приймаємо для схеми:

$$C_{\text{ВХ}} = 1 \text{ мкФ}$$

$$C_{\text{ВИХ}} = 4.7 \text{ мкФ}$$

За результатами розрахунку встановлено, що для живлення вузла з робочою напругою 3,3 В необхідний стабілізатор, який забезпечує вихідну напругу 3,3 В при вхідній напрузі 5 В та струмі навантаження до 150 мА. Стабілізатор LP2985-33DBV відповідає даним вимогам, оскільки забезпечує стабілізовану вихідну напругу 3,3 В та допустимий вихідний струм до 150 мА. Отже, використання мікросхеми LP2985-33DBV у схемі пристрою є доцільним.

Також здійснюємо розрахунок подільника напруги для резисторів R26 і R27. У схемі контролера використовується резистивний подільник напруги, утворений резисторами R26 та R27. Подільник призначений для формування опорного рівня напруги, який використовується в схемі порівняння сигналів.

Вихідна напруга подільника визначається за формулою:

$$U_{\text{ВИХ}} = U_{\text{ВХ}} \cdot \frac{R_{27}}{R_{26} + R_{27}}, \quad (1.4)$$

$$U_{\text{ВИХ}} = 5 \cdot 0.5 = 2.5 \text{ В},$$

$$U_{\text{ВИХ}} = 5 \text{ В},$$

$$2.5 = 5 \cdot \frac{R_{27}}{R_{26} + R_{27}},$$

$$2.5 = \frac{R_{27}}{R_{26} + R_{27}},$$

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		

$$0.5R_{26} + 0.5R_{27} = R_{27},$$

$$0.5R_{26} = 0.5R_{27},$$

$$R_{26} = R_{27}.$$

Отже, для отримання опорної напруги 2,5 В необхідно, щоб опори резисторів були однаковими.

Для зменшення споживаного струму через подільник приймаємо:

$$R_{26} = R_{27} = 100\text{кОм}.$$

Перевірка:

$$U_{\text{вих}} = 5 \cdot \frac{100}{100 + 100} = 2.5\text{В}.$$

Струм через подільник:

$$I = \frac{5}{100000 + 100000} = 25\text{мА}.$$

Таким чином, для формування опорної напруги 2,5 В обрано резистори однакового номіналу $R_{26} = R_{27} = 100\text{кОм}$. При цьому через подільник протікає струм лише 25 мкА, що практично не впливає на загальне енергоспоживання пристрою. Це робить вибрані номінали доцільними для використання в схемі контролера теплиці.

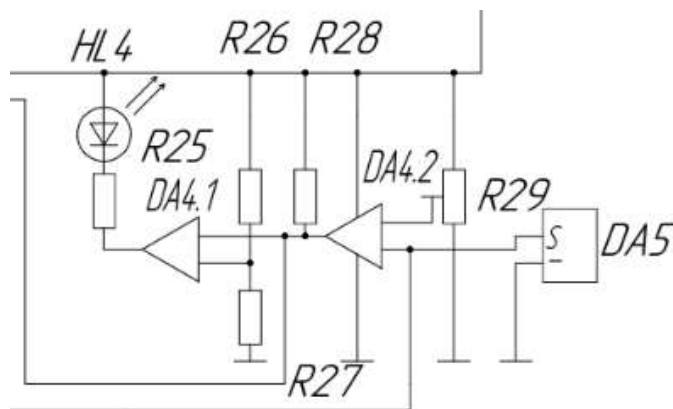


Рисунок 1.8 – Вигляд стабілізатора в схемі електричній принциповій

1.4Вибір і обґрунтування компонентної бази

1.4.1 Опис та блок-схема алгоритма роботи мікроконтролера

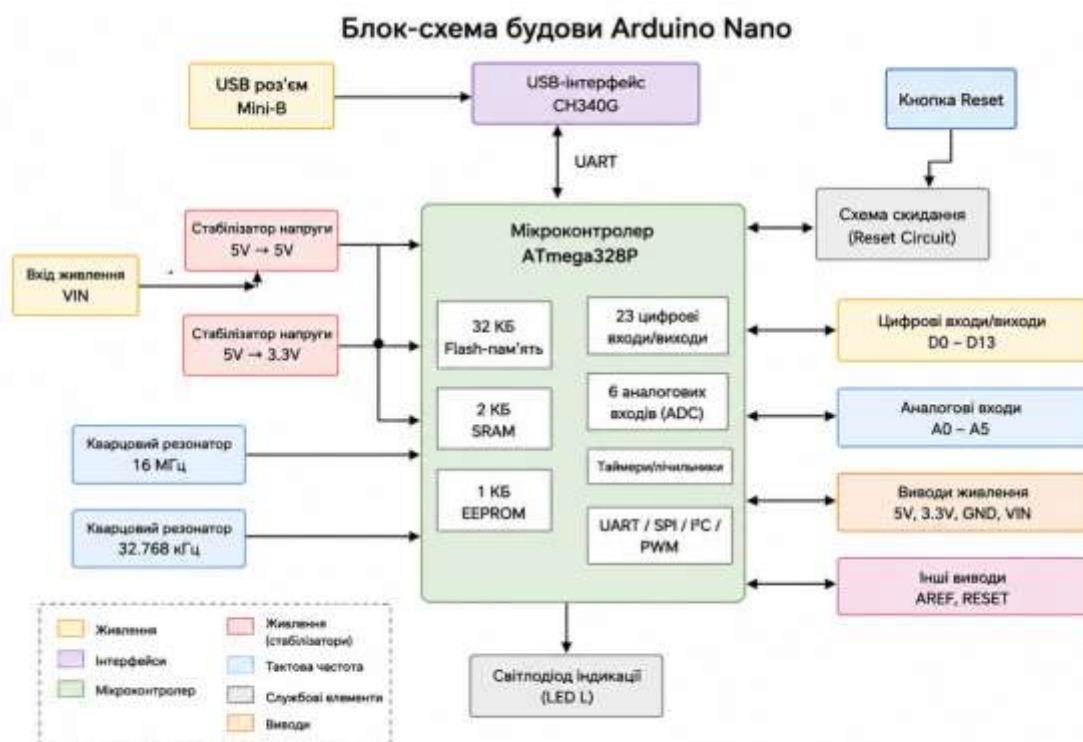


Рисунок 1.9 – Блок-схема Arduino Nano

Під час розробки універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації особлива увага приділялась вибору компонентної бази, оскільки від цього залежить надійність роботи системи, стабільність функціонування окремих вузлів, вартість пристрою та можливість його подальшої модернізації. При виборі компонентів враховувались функціональні вимоги до системи, доступність елементної бази, простота підключення та достатність технічних характеристик для реалізації поставлених задач.

Як центральний керуючий елемент системи було обрано мікроконтролер Arduino Nano. Даний мікроконтролерний модуль побудований на базі мікроконтролера ATmega328P та має достатню кількість цифрових і аналогових входів та виходів для підключення датчиків, дисплея, релейних

модулів та допоміжних периферійних пристроїв. Перевагами Arduino Nano є компактні габарити, низьке енергоспоживання, простота програмування, підтримка великої кількості бібліотек та широке поширення серед мікроконтролерних систем автоматизації. Крім того, використання готового модуля дозволяє спростити процес проектування пристрою та скоротити час розробки. Алгоритм роботи мікроконтролера Arduino Nano наведений на рис. 4.

Для реалізації функції дистанційного передавання інформації було обрано модуль ESP8266. Даний модуль забезпечує підтримку бездротового зв'язку та дозволяє організувати передачу інформації про стан системи на зовнішні пристрої або сервери. Використання ESP8266 обумовлене його компактними розмірами, достатньою продуктивністю, підтримкою сучасних протоколів зв'язку та невисоким енергоспоживанням. Крім того, модуль має достатні можливості для реалізації функцій дистанційного моніторингу та подальшого розширення функціоналу системи.

Для контролю температурного режиму теплиці у пристрої використовуються датчики температури. Вибір цифрових датчиків температури обумовлений достатньою точністю вимірювання, простотою підключення та стабільністю роботи. Використання цифрового інтерфейсу дозволяє зменшити вплив перешкод на передавання сигналів та підвищити достовірність отриманих даних.

Для контролю стану ґрунту використовується датчик вологості ґрунту, який дозволяє визначати рівень зволоженості та автоматично керувати системою поливу. Використання даного датчика забезпечує більш раціональне використання водних ресурсів та дозволяє підтримувати необхідний рівень вологості для нормального росту рослин.

Для реалізації часових алгоритмів роботи у пристрої використовується модуль годинника реального часу. Даний модуль забезпечує визначення та збереження поточного часу незалежно від наявності основного живлення. Це

					<i>ШЧВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		26

дозволяє реалізувати автоматичне виконання певних функцій за заданим графіком, зокрема керування системою поливу або провітрювання у визначені часові проміжки.

Відображення інформації про роботу системи реалізоване за допомогою рідкокристалічного дисплея. Використання дисплея дозволяє відображати поточні параметри середовища, стан виконавчих пристроїв та службову інформацію. Наявність локальної індикації підвищує зручність користування пристроєм та спрощує контроль його роботи.

Для керування зовнішніми виконавчими пристроями використовуються релейні модулі. Основною перевагою релейного способу комутації є можливість керування навантаженнями з вищою напругою та струмом, ніж допускає мікроконтролер. Використання реле також забезпечує електричну розв'язку між низьковольтною частиною схеми та силовими колами виконавчих пристроїв.

Для реалізації транзисторних ключів використовуються біполярні транзистори, які працюють у ключовому режимі та забезпечують керування обмотками реле. Для захисту транзисторів від імпульсів самоіндукції, що виникають під час вимикання реле, у схемі використовуються захисні діоди.

Живлення системи здійснюється від зовнішнього джерела постійної напруги через вузол стабілізації. Для забезпечення стабільної роботи електронних компонентів у схемі використовуються стабілізатори напруги, а також фільтруючі конденсатори, які забезпечують згладжування пульсацій та зменшення рівня електричних перешкод.

Під час вибору компонентної бази також враховувались доступність елементів на ринку, простота заміни компонентів у разі необхідності та можливість подальшої модернізації пристрою. Використання поширених та доступних компонентів дозволяє спростити виготовлення та обслуговування пристрою, а також знизити загальну вартість реалізації системи.

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

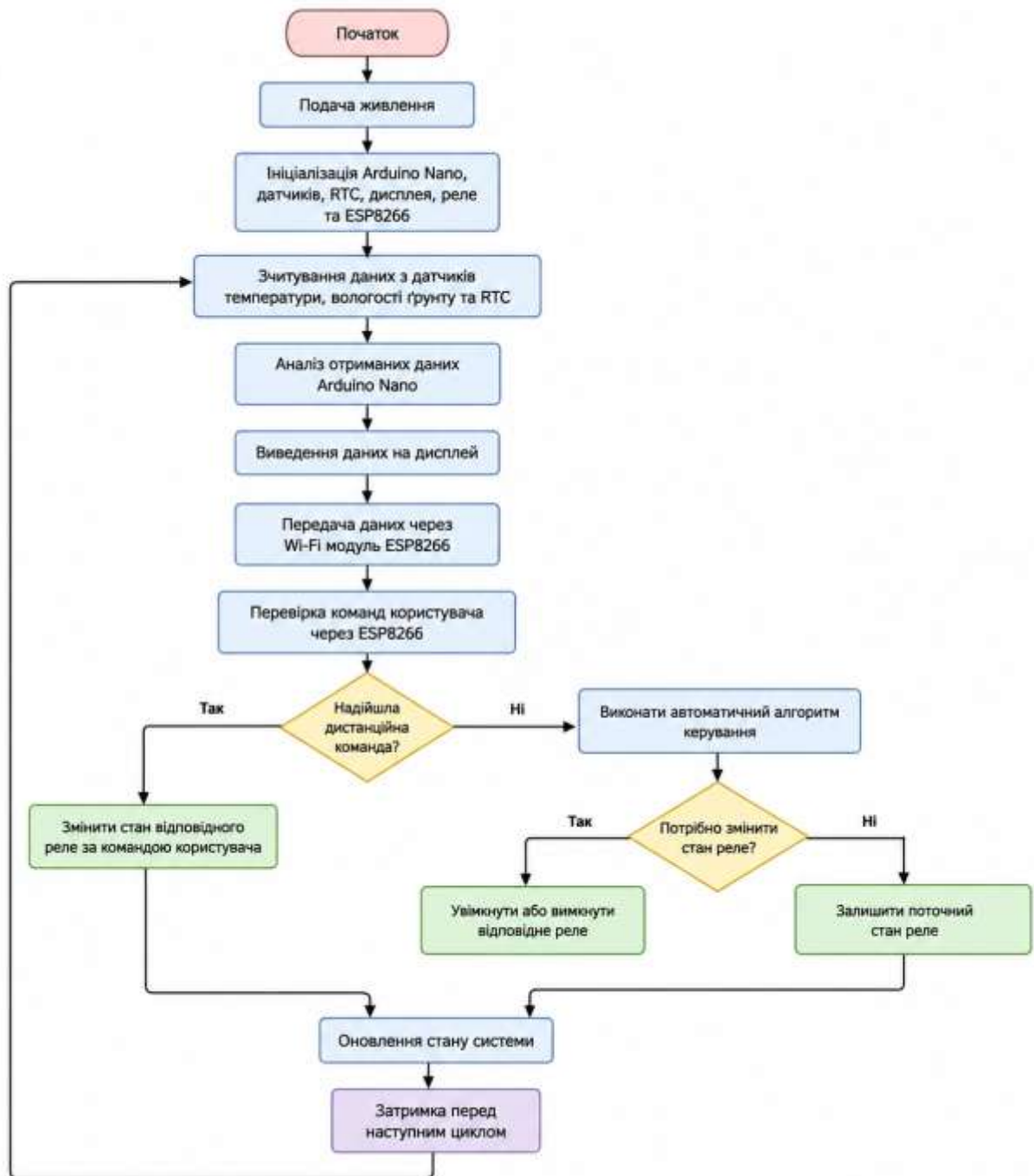
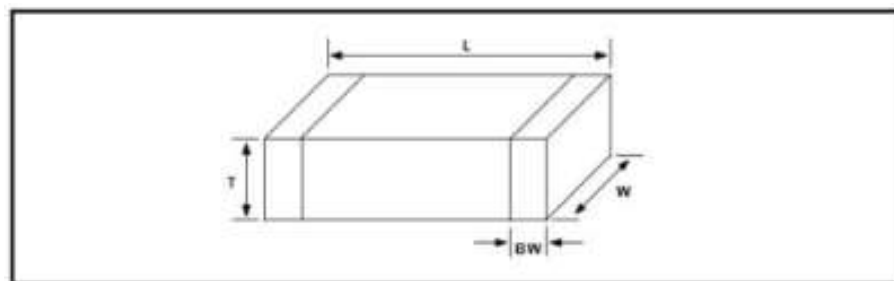


Рисунок 1.10 – Блок-схема алгоритму роботи мікроконтролера Arduino Nano

1.4.2 Опис і обґрунтування вибору елементної бази

Під час розробки універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації було підібрано елементну базу, яка забезпечує виконання всіх основних функцій пристрою: вимірювання параметрів середовища, обробку інформації, індикацію, дистанційне передавання даних, керування виконавчими пристроями та стабілізацію живлення. При виборі

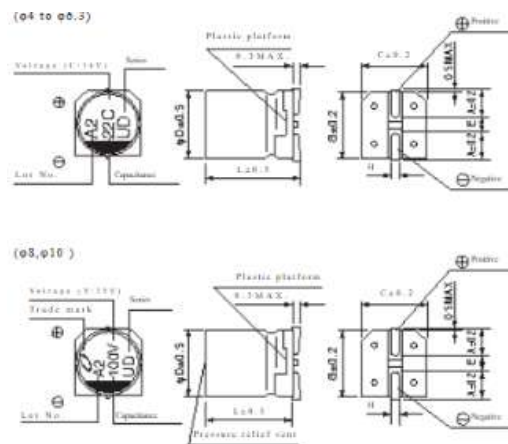
компонентів враховувалися їх електричні параметри, доступність, габаритні розміри, тип монтажу, надійність та можливість використання у складі компактного друкованого вузла.



CODE	EIA CODE	DIMENSION (mm)			
		L	W	T (MAX)	BW
03	0201	0.6 ± 0.03	0.3 ± 0.03	0.33	0.15 ± 0.05
05	0402	1.0 ± 0.05	0.5 ± 0.05	0.55	$0.2 +0.15/-0.1$
10	0603	1.6 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.9	0.3 ± 0.2
21	0805	2.0 ± 0.1	1.25 ± 0.1	1.35	$0.5 +0.2/-0.3$
31	1206	3.2 ± 0.15	1.6 ± 0.15	1.40	$0.5 +0.2/-0.3$
		3.2 ± 0.2	1.6 ± 0.2	1.8	$0.5 +0.3/-0.3$
32	1210	3.2 ± 0.3	2.5 ± 0.2	2.7	0.6 ± 0.3
		3.2 ± 0.4	2.5 ± 0.3	2.8	
43	1812	4.5 ± 0.4	3.2 ± 0.3	3.5	0.8 ± 0.3
55	2220	5.7 ± 0.4	5.0 ± 0.4	3.5	1.0 ± 0.3

Рисунок 1.11 - Габаритні розміри MLCC-SMD/SMT у корпусі 1206

У схемі використовуються керамічні SMD-конденсатори MLCC-SMD/SMT у корпусі 1206. Конденсатори даного типу застосовуються у колах фільтрації, розв'язки живлення та стабілізації роботи цифрових мікросхем. Вони мають малі габаритні розміри, достатню стабільність параметрів, зручні для поверхневого монтажу та добре підходять для встановлення поблизу виводів живлення мікроконтролера, датчиків і допоміжних мікросхем. У пристрої такі конденсатори забезпечують зменшення пульсацій, пригнічення високочастотних завад та підвищення стійкості роботи електронних вузлів.



$\phi D \times H$	4 × 5.8	5 × 5.8	6.3 × 5.8	6.3 × 7.7	8 × 10	10 × 10
A	1.8	2.1	2.4	2.4	2.9	3.2
B	4.3	5.3	6.6	6.6	8.3	10.3
C	4.3	5.3	6.6	6.6	8.3	10.3
E	1.0	1.3	2.2	2.2	3.1	4.5
L	5.8	5.8	5.8	7.7	10	10
H	0.5 to 0.8	0.5 to 0.8	0.5 to 0.8	0.5 to 0.8	0.8 to 1.1	0.8 to 1.1

Рисунок 1.12 - Габаритні розміри UUX2G010MNL1GS фірми Nichicon

Також у схемі застосовуються електролітичні конденсатори UUX2G010MNL1GS фірми Nichicon. Вони призначені для згладжування пульсацій у колах живлення та накопичення електричної енергії під час короткочасних змін навантаження. Використання електролітичних конденсаторів є доцільним у вузлах живлення, оскільки вони мають більшу ємність порівняно з керамічними конденсаторами та забезпечують стабільнішу роботу схеми при зміні струму споживання окремих модулів.

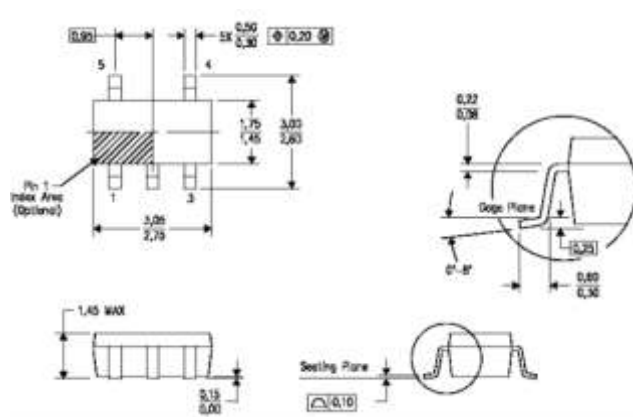


Рисунок 1.13 - Габаритні розміри LP2985-330BVR фірми Texas Instruments

Для формування стабілізованої напруги 3,3 В у пристрої використовується стабілізатор LP2985-330BVR фірми Texas Instruments. Даний стабілізатор забезпечує живлення вузлів, які потребують зниженої напруги, зокрема модулів і мікросхем, що не можуть безпосередньо працювати від напруги 5 В. Його вибір обґрунтований компактним корпусом, стабільною вихідною напругою, низьким власним споживанням і можливістю використання у малопотужних мікроконтролерних системах.

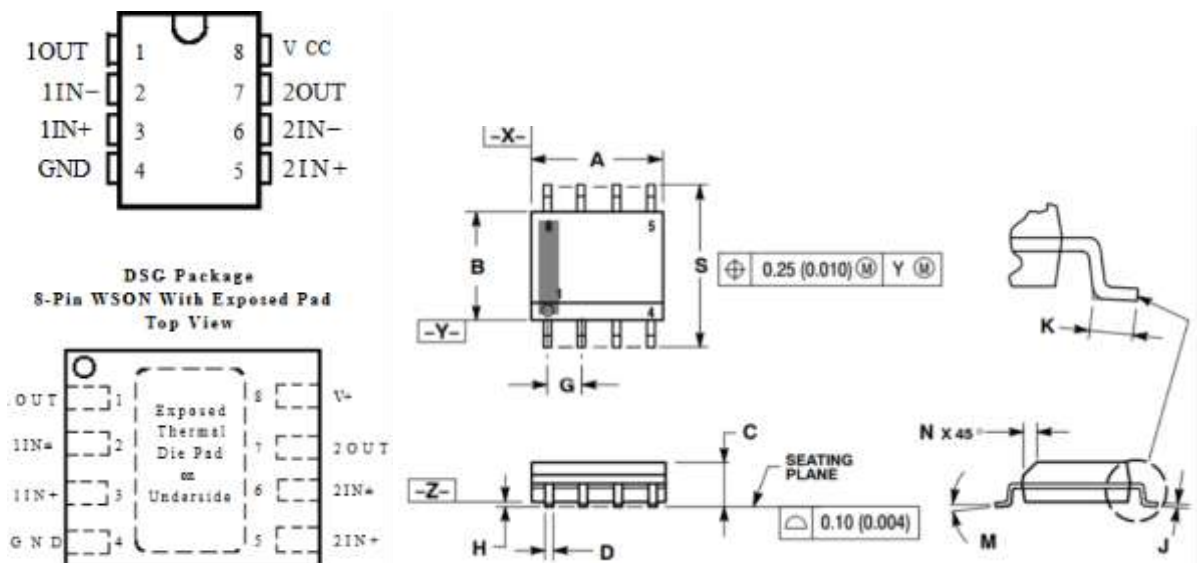


Рисунок 1.14 - Габаритні розміри LP2985-330BVR фірми Texas Instruments

Мікросхема LM393 фірми STMicroelectronics використовується як компаратор напруги. Вона призначена для порівняння аналогових сигналів і формування логічного рівня на виході. У системах автоматизації така мікросхема може застосовуватися для обробки сигналів від датчиків або формування порогових спрацювань. Перевагами LM393 є простота використання, стабільність роботи, доступність та сумісність із типовими рівнями живлення мікроконтролерних пристроїв.



Рисунок 1.15 - Зовнішній вигляд DS18B20

Для вимірювання температури у схемі застосовуються цифрові датчики DS18B20. Вони забезпечують цифрове передавання даних, що зменшує вплив завад на результат вимірювання. Такі датчики зручні для використання у системах контролю мікроклімату, оскільки мають достатню точність, просту схему підключення та можуть працювати на відстані від основної плати. У складі контролера теплиці DS18B20 використовуються для контролю температурних параметрів середовища.



Рисунок 1.16 - Зовнішній вигляд BME680 фірми Bosch Sensortec

Датчик BME680 фірми Bosch Sensortec є багатофункціональним цифровим сенсором, який може вимірювати параметри навколишнього середовища. Його застосування у контролері теплиці дозволяє отримувати інформацію про стан повітряного середовища та використовувати ці дані для

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		32

аналізу умов вирощування рослин. Вибір ВМЕ680 є доцільним завдяки компактності, цифровому інтерфейсу, високій інтеграції та можливості використання в автоматизованих системах моніторингу.

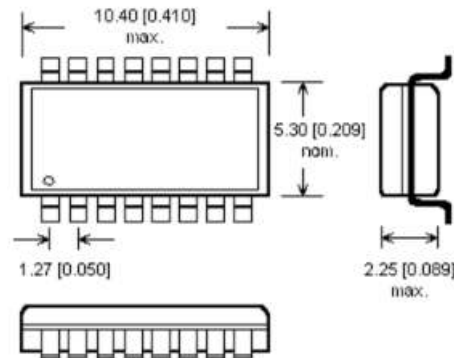


Рисунок 1.17 - Габаритні розміри CH340 фірми Avia Semiconductor

Мікросхема CH340 фірми Avia Semiconductor використовується для організації USB-UART інтерфейсу. Вона забезпечує обмін даними між мікроконтролером і комп'ютером через USB-порт. Такий вузол необхідний для програмування, налагодження або діагностики пристрою. Використання CH340 є поширеним рішенням у мікроконтролерних системах завдяки доступності, простоті підключення та підтримці стандартного послідовного інтерфейсу.



Рисунок 1.18 - Зовнішній вигляд DS3231

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		33

Модуль годинника реального часу реалізовано на мікросхемі DS3231. Дана мікросхема забезпечує точний відлік часу та збереження часових параметрів навіть при відключенні основного живлення. У контролері теплиці DS3231 використовується для реалізації часових алгоритмів, наприклад керування поливом, освітленням або іншими процесами за заданим графіком. Вибір цієї мікросхеми обґрунтований високою точністю, наявністю резервного живлення та зручним цифровим інтерфейсом.

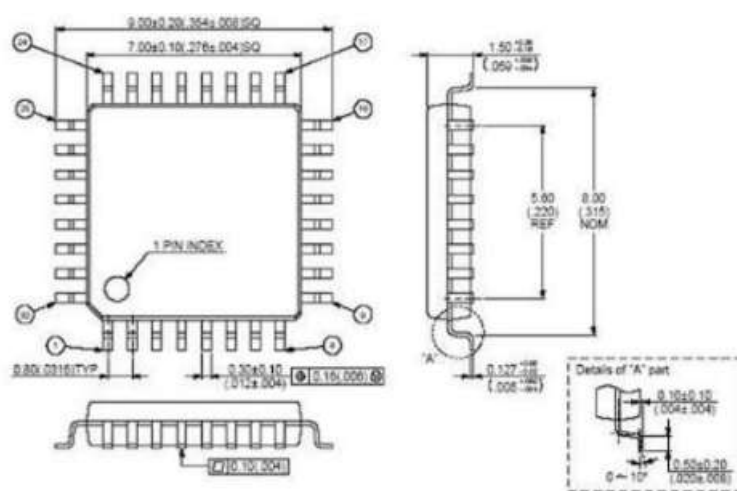


Рисунок 1.19 - Зовнішній вигляд ATmega328PB-AN фірми Atmel Corporation

Основним керуючим елементом пристрою є мікроконтролер ATmega328PB-AN фірми Atmel Corporation. Він виконує функції збору інформації з датчиків, обробки отриманих даних, формування сигналів керування виконавчими пристроями, обміну даними з периферійними модулями та організації роботи всієї системи. Даний мікроконтролер має достатню кількість цифрових і аналогових ліній вводу-виводу, підтримує необхідні інтерфейси та характеризується невисоким енергоспоживанням. Його використання дозволяє реалізувати всі основні функції універсального контролера теплиці.

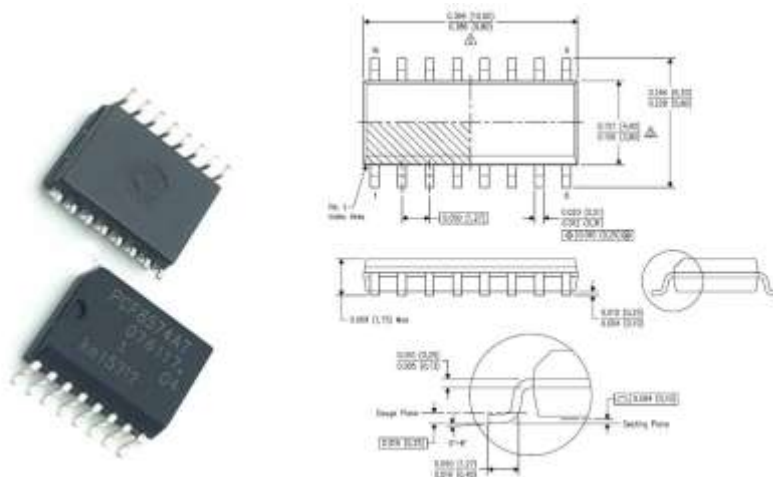


Рисунок 1.20 - Зовнішній вигляд PCF8574AT фірми NXP Semiconductors

Мікросхема PCF8574AT фірми NXP Semiconductors використовується як розширювач портів вводу-виводу або інтерфейсний елемент для підключення периферії. Її застосування дозволяє зменшити кількість ліній мікроконтролера, необхідних для керування зовнішніми пристроями або дисплеєм. Це особливо важливо для компактних мікроконтролерних систем, де кількість доступних виводів є обмеженою.

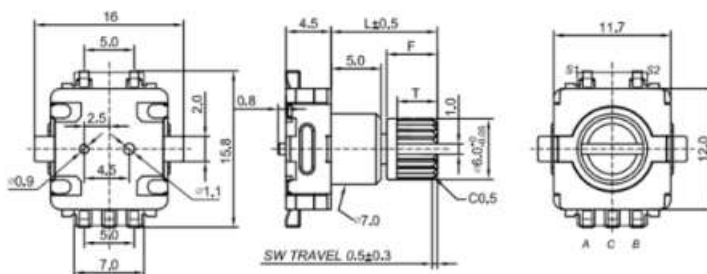


Рисунок 1.21 - Габаритні розміри EC11E фірми RUICHI

Для ручного керування пристроєм використовується енкодер EC11E фірми RUICHI. Енкодер дозволяє зручно змінювати параметри роботи системи, перемикає режими або виконувати навігацію по меню. Порівняно зі звичайними кнопками енкодер забезпечує більш зручне введення значень і може використовуватися для точного налаштування параметрів контролера.

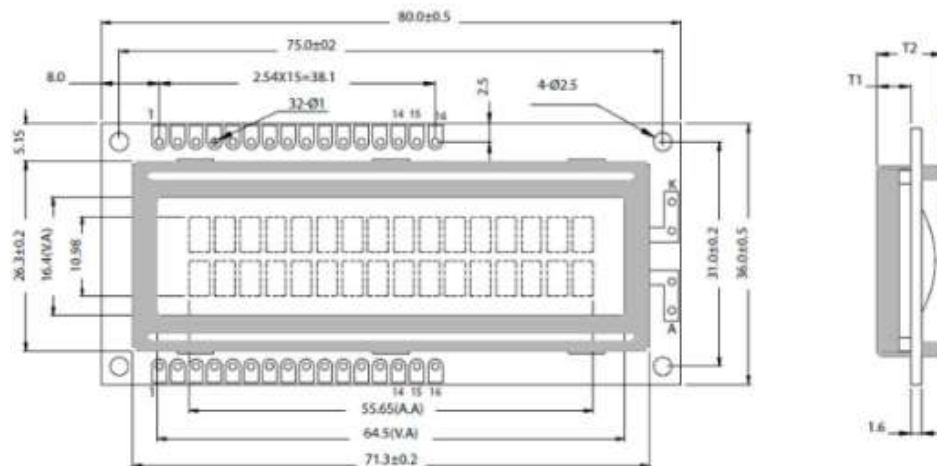


Рисунок 1.22 - Габаритні розміри LCD1602 фірми Crystallfontz

Для відображення інформації у пристрої застосовується рідкокристалічний дисплей LCD1602 фірми Crystallfontz. Він призначений для виведення поточних параметрів системи, режимів роботи, стану виконавчих пристроїв та службових повідомлень. Дисплей такого типу має просту структуру, добре читається, споживає невелику потужність і широко використовується у мікроконтролерних системах автоматики.

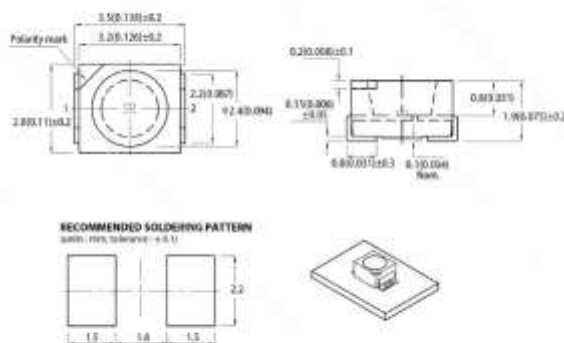


Рисунок 1.23 - Габаритні розміри LED SMD 3528 RGB

Світлодіод LED SMD 3528 RGB використовується для світлової індикації стану пристрою. RGB-світлодіод дозволяє відображати різні режими роботи

або аварійні стани за допомогою зміни кольору світіння. Використання такого елемента підвищує зручність експлуатації контролера, оскільки користувач може швидко оцінити стан системи без детального перегляду інформації на дисплеї.

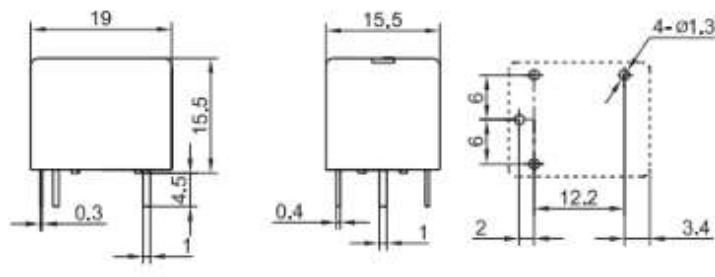
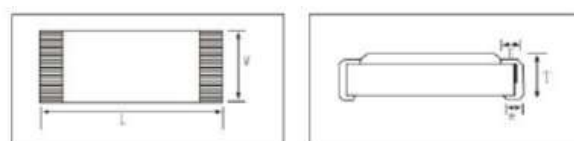


Рисунок 1.24 - Габаритні розміри JQC-3FF фірми Hongfa Technology

Для комутації зовнішніх навантажень у схемі застосовуються реле JQC-3FF фірми Hongfa Technology. Реле забезпечують електричне розділення між низьковольтною керуючою частиною пристрою та зовнішніми виконавчими колами. Вони можуть використовуватися для керування насосом, вентилятором, освітленням або іншими пристроями теплиці. Вибір релейного способу комутації обґрунтований простотою реалізації, надійністю та можливістю керування навантаженнями з більшими струмами, ніж допускають виходи мікроконтролера.



规格	L	W	T	E	e
0201	0.60±0.03	0.30±0.03	0.23±0.03	0.15±0.05	0.15±0.05
0402	1.00±0.05	0.50±0.05	0.35±0.05	0.15±0.10	0.20±0.10
0603	1.60±0.15	0.80±0.10	0.45±0.10	0.25±0.20	0.30±0.20
0805	2.00±0.15	1.25±0.15	0.50±0.10	0.35±0.20	0.40±0.20
1206	3.10±0.15	1.60±0.15	0.55±0.10	0.45±0.25	0.40±0.25
1210	3.10±0.15	2.50±0.15	0.55±0.15	0.35±0.25	0.60±0.35
2010	5.00±0.20	2.50±0.20	0.55±0.15	0.65±0.25	0.50±0.25
2512	6.25±0.20	3.10±0.20	0.55±0.15	0.85±0.25	0.95±0.25

Рисунок 1.25 - Габаритні розміри SMD-резисторів RES-1206 фірми Bourns

У схемі використовуються SMD-резистори RES-1206 фірми Bourns. Вони виконують функції обмеження струму, формування подільників напруги, підтягування сигнальних ліній до необхідного логічного рівня, задання режимів роботи транзисторів та інших елементів схеми. Використання резисторів у корпусі 1206 дозволяє зменшити габарити друкованого вузла, підвищити технологічність монтажу та забезпечити стабільність електричних параметрів.

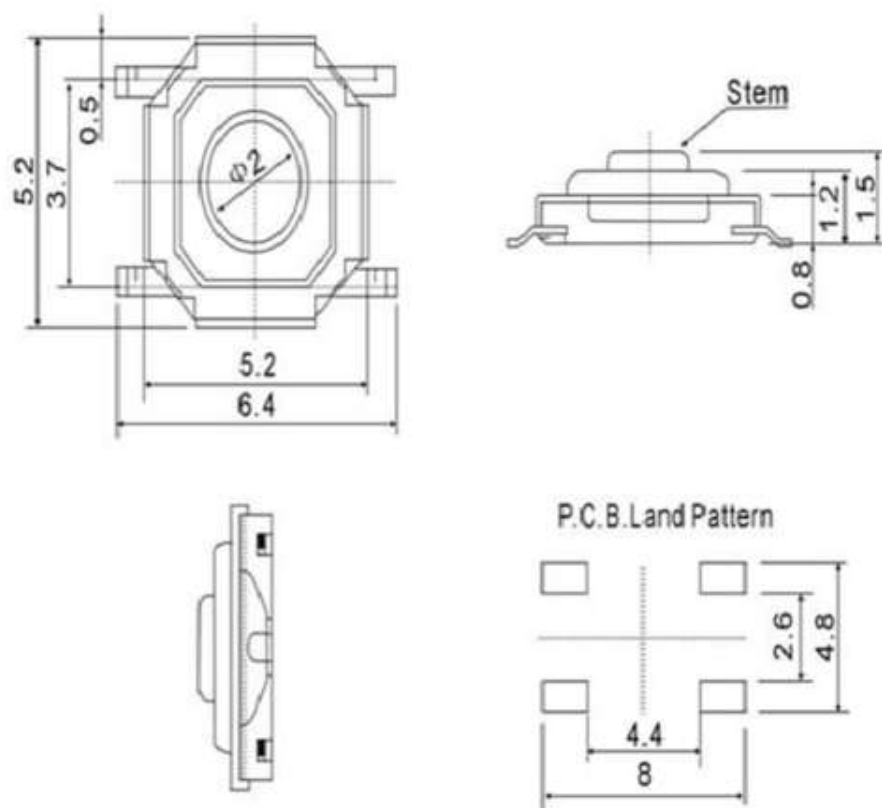


Рисунок 1.26 - Габаритні розміри кнопки TTS5

Кнопка TTS5 використовується як елемент ручного керування. Вона може застосовуватися для скидання, вибору режиму або введення команди користувачем. Кнопки такого типу мають просту конструкцію, невеликі габарити та придатні для встановлення на друковану плату, що робить їх зручними для використання у компактних електронних пристроях.

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		38

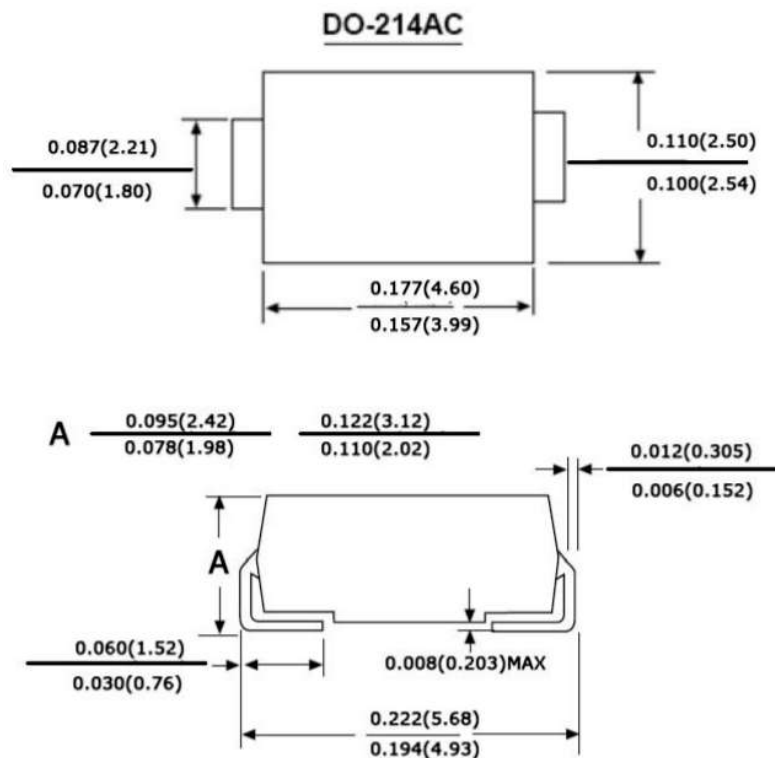


Рисунок 1.27 - Габаритні розміри 1N4007 M7

Діоди 1N4007 M7 застосовуються у схемі як захисні або випрямні елементи. Вони можуть використовуватися для захисту транзисторних ключів від імпульсів самоіндукції, що виникають під час вимикання реле, а також у колах живлення. Вибір таких діодів обумовлений їх високою допустимою зворотною напругою, надійністю та широким застосуванням у електронних схемах.

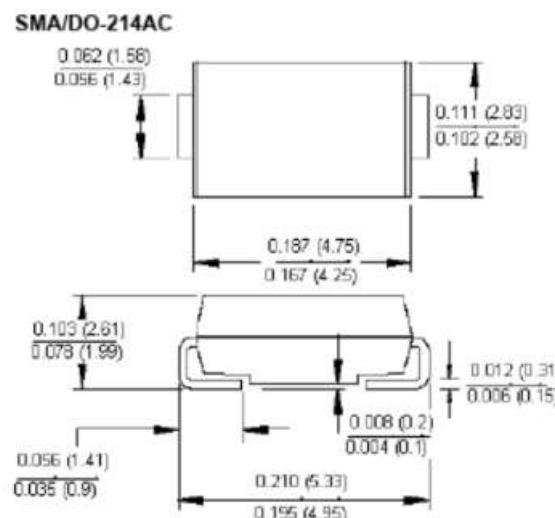


Рисунок 1.28 - Габаритні розміри діода SS14

Діод SS14 фірми Taiwan Semiconductor Company є діодом Шотткі. Він характеризується малим падінням напруги у прямому напрямку та швидким перемиканням. Такі діоди доцільно використовувати у вузлах живлення, захисту від переполюсування або в схемах, де важливими є мінімальні втрати енергії. Застосування SS14 дозволяє підвищити ефективність роботи низьковольтних кіл пристрою.

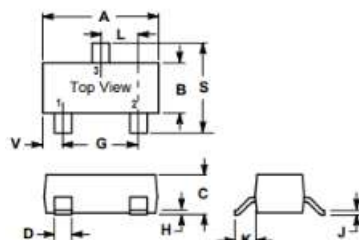


Рисунок 1.29 - Габаритні розміри SMD-резисторів RES-1206 фірми Bourns

Для керування релейними обмотками та іншими навантаженнями у схемі використовуються транзистори S8050 та S8550. Транзистор S8050 має структуру NPN, а S8550 — PNP. Вони працюють у ключовому режимі та забезпечують підсилення струму керуючих сигналів мікроконтролера. Використання транзисторних ключів необхідне, оскільки виходи мікроконтролера не можуть безпосередньо забезпечити струм, достатній для керування реле або іншими виконавчими елементами.

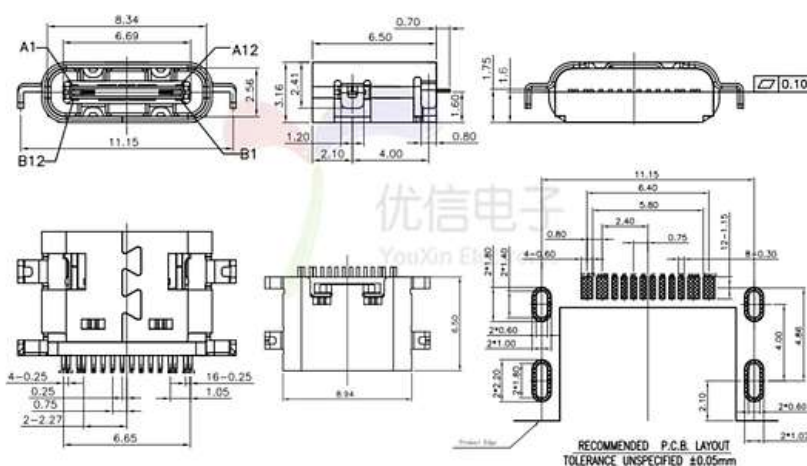


Рисунок 1.30 - Габаритні розміри роз'єма USB Type-C фірми LeT

Роз'єм USB Type-C фірми LeTV використовується для підключення пристрою до джерела живлення або комп'ютера. Використання USB Type-C є сучасним і зручним рішенням, оскільки такий роз'єм має компактні розміри, механічну міцність і забезпечує зручне підключення кабелю. У складі контролера теплиці він може використовуватися для живлення, програмування або налагодження пристрою.

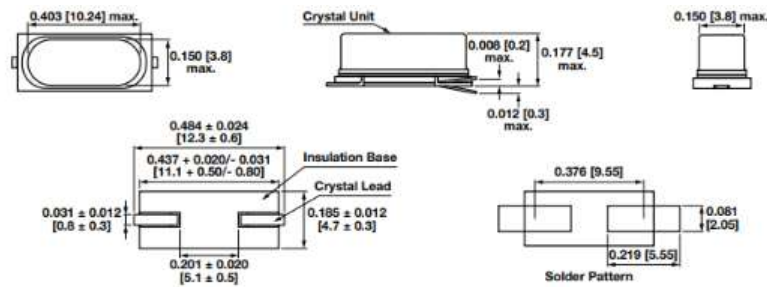


Рисунок 1.31 - Габаритні розміри XT49M 16 MHz фірми Vishay

Кварцові резонатори XT49M 16 MHz фірми Vishay застосовуються для формування стабільної тактової частоти роботи цифрових мікросхем. Стабільність тактового сигналу є важливою умовою коректної роботи мікроконтролера, інтерфейсів обміну даними та часових алгоритмів. Використання кварцових резонаторів забезпечує точність синхронізації та стабільну роботу пристрою в різних режимах.

1.5 Компоновка друкованого вузла, розрахунок надійності та друкованого монтажу

1.5.1 Компоновка друкованого вузла

Габаритні розміри друкованої плати (ДП) вибираються з урахуванням кількості електрорадіоелементів (ЕРЕ), їхнього конструктивного виконання, способу монтажу, щільності компоновання, а також необхідності розміщення конекторів для підключення зовнішніх вузлів. Для розроблюваного контролера важливо забезпечити компактність друкованого вузла, зручність

підключення шлейфів, достатню відстань між сигнальними колами та колами живлення, а також загальну технологічність виготовлення.

Форма ДП приймається прямокутною. Вона є найбільш технологічною для виготовлення, оскільки спрощує розкрій заготовки, механічну обробку контуру та подальше встановлення плати в корпус. Відсутність складних фігурних ділянок і нестандартних вирізів зменшує трудомісткість виробництва та позитивно впливає на вартість друкованого вузла.

На основній ДП розміщуються мікроконтролер ATmega328PB-AN з елементами обв'язки, датчик BME280, модуль годинника реального часу DS3231, вузол стабілізації живлення, пасивні компоненти та конектори для зовнішніх модулів. Водночас виконавча та індикаційна периферія, зокрема реле, світлодіоди, датчик вологості ґрунту, дисплей 1602, енкодер і модуль ESP8266, розміщується поза платою та підключається до неї за допомогою шлейфів. Таке рішення зменшує площу основної ДП і спрощує компонування елементів у корпусі пристрою.

Габаритні розміри ДП на початковому етапі проєктування жорстко не задавалися. Їх остаточне значення визначається після розміщення ЕРЕ та трасування електричних з'єднань у середовищі САПР. Нижня межа розмірів плати визначається площею, необхідною для встановлення мікроконтролера з обв'язкою, елементів живлення, датчика BME280, модуля годинника реального часу та конекторів для підключення зовнішніх вузлів. Під час компонування ДП враховуються такі топологічні вимоги.

Мікроконтролер ATmega328PB-AN доцільно розміщувати ближче до центральної частини плати. Це дозволяє оптимізувати довжину сигнальних провідників до датчиків, модуля годинника реального часу та конекторів зовнішніх модулів.

Елементи обв'язки мікроконтролера, зокрема кварцовий резонатор, підтягувальні резистори та блокувальні конденсатори, розміщуються максимально близько до відповідних виводів мікроконтролера. Таке

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

компонування забезпечує стабільну роботу цифрової частини пристрою та зменшує вплив паразитних наведень.

Вузол живлення, до складу якого входять стабілізатори напруги та фільтруючі конденсатори, розташовується поблизу вхідного роз'єму. Це дозволяє зменшити довжину провідників живлення, знизити рівень завад і забезпечити стабільність напруги для всієї системи.

Конектори для зовнішньої периферії, зокрема реле, дисплея, енкодера, світлодіодів, датчика вологості ґрунту та модуля ESP8266, розташовуються переважно по краях ДП. Це забезпечує зручність підключення шлейфів, полегшує монтаж плати в корпусі та зменшує механічне навантаження на центральну частину друкованого вузла.

За результатами компонування та трасування у середовищі САПР приймаються габаритні розміри ДП 152×85 мм. Така площа забезпечує розміщення всіх компонентів і конекторів без надмірного ущільнення друкованого рисунка в межах прийнятого 3-го класу точності.

Для надійної фіксації ДП у корпусі передбачаються чотири монтажні отвори, розташовані поблизу кутів плати. Їх розміщення виконується з урахуванням технологічних відступів від краю ДП, щоб отвори не перетиналися з друкованими провідниками та контактними площадками. Спеціальні фігурні вирізи або пази в платі не передбачаються, що додатково спрощує технологічний процес виготовлення.

1.5.2 Розрахунок надійності проектного пристрою

Під час розробки електронних пристроїв важливим етапом є оцінка їх надійності. Надійність характеризує здатність пристрою зберігати працездатність протягом заданого часу в установлених умовах експлуатації. Для універсального контролера теплиці цей параметр є важливим, оскільки пристрій повинен тривалий час виконувати контроль параметрів середовища, передавати інформацію користувачу та керувати виконавчими пристроями.

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

Розрахунок надійності виконується за елементною базою пристрою. Вважаємо, що всі елементи з'єднані з точки зору надійності послідовно, тобто відмова будь-якого основного елемента може призвести до порушення роботи пристрою. Інтенсивність відмов у таблиці приймається у довідкових значеннях для нормальних умов експлуатації.

Сумарна інтенсивність відмов пристрою визначається за формулою:

$$\lambda_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot \lambda_i, \quad (1.5)$$

де N_i — кількість елементів одного типу;

λ_i — інтенсивність відмов одного елемента, 10^{-6} 1/год;

λ_{Σ} — сумарна інтенсивність відмов пристрою.

Таблиця 1.1 – Розрахунок сумарної інтенсивності відмов

Група елементів	Кількість	$N_i \cdot \lambda_i$
Конденсатори	18	1,8
Мікросхеми	7	8,4
Датчики	3	4,5
Мікроконтролер	1	3,0
Дисплей LCD1602	1	4,0
Реле	2	12,0
Резистори	36	1,8
Транзистори	3	1,2
Діоди	3	0,9
Роз'єми	3	6,0
Енкодер та кнопки	2	2,0
Кварцові резонатори	2	0,8
Разом		46,4

Отже, сумарна інтенсивність відмов проектованого пристрою становить:

$$\lambda_{\Sigma} = 46.4 \cdot 10^{-6} \text{1/год,}$$

Середнє напрацювання до відмови визначається за формулою:

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		44

$$T_{\text{сер}} = \frac{1}{\lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{46.4 \cdot 10^{-6}} = 21\,552 \text{ год}, \quad (1.6)$$

Отже, середнє напрацювання до відмови проектованого пристрою становить 21 552 год.

Ймовірність безвідмовної роботи пристрою протягом заданого часу визначається за формулою:

$$P(t) = e^{-\lambda_{\Sigma} \cdot t} \quad (1.7)$$

Для часу роботи $t = 1000$ год: $P(1000) = 0.955$.

Для часу роботи $t = 5000$ год: $P(5000) = 0.793$.

Для часу роботи $t = 10000$ год: $P(10000) = 0.629$.

1.5.3 Розрахунок друкованого монтажу

Під час розроблення друкованої плати універсального контролера теплиці параметри друкованого монтажу вибиралися з урахуванням конструктивних особливостей пристрою, застосованої елементної бази, умов експлуатації та технологічних можливостей виготовлення.

Для виготовлення друкованої плати прийнято двосторонню конструкцію 3-го класу точності. Такий клас точності забезпечує достатню щільність монтажу елементів, дозволяє виконати трасування всіх електричних з'єднань без застосування спеціальних високоточних технологій та є економічно доцільним для виготовлення пристрою.

Як матеріал основи використовується двосторонній фольгований склотекстоліт FR-4 товщиною 1,5 мм з товщиною мідної фольги 35 мкм. Обраний матеріал характеризується хорошими механічними властивостями, достатньою електричною міцністю, низьким вологопоглинанням та високою технологічністю.

					<i>ШЧВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		45

Для сигнальних кіл прийнято мінімальну ширину друкованих провідників 0,25 мм. Таке значення відповідає вимогам 3-го класу точності та забезпечує надійне виготовлення друкованої плати. Для кіл живлення та заземлення прийнято збільшену ширину провідників 0,6 мм, що дозволяє зменшити падіння напруги та забезпечити необхідну струмову навантажувальну здатність.

Мінімальні відстані між провідниками, контактними площадками та іншими струмопровідними елементами прийнято рівними 0,25 мм. Для низьковольтних кіл пристрою, які працюють від напруги 5 В, таке значення є достатнім як з точки зору електричної міцності, так і з точки зору технології виготовлення.

Для встановлення роз'ємів та інших елементів з відносно товстими виводами прийнято монтажні отвори діаметром 1,1 мм. Для кварцових резонаторів та окремих вивідних компонентів використовуються отвори діаметром 0,9 мм. Для міжшарових електричних з'єднань застосовуються перехідні отвори діаметром 0,7 мм.

Діаметри контактних площадок вибрано з урахуванням діаметрів відповідних отворів та вимог до надійності паяння. Для отворів діаметром 1,1 мм прийнято контактні площадки діаметром 2,0 мм, для отворів 0,9 мм – 1,8 мм, а для перехідних отворів 0,7 мм – 1,6 мм. Такі розміри забезпечують достатню механічну міцність металізованих отворів та зручність монтажу.

Оскільки у конструкції використовуються як компоненти для монтажу у отвори, так і компоненти поверхневого монтажу, посадкові місця для SMD-елементів виконуються відповідно до рекомендацій виробників компонентів та бібліотек системи автоматизованого проектування Altium Designer.

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		46

Таблиця 1.2 - Прийняті параметри друкованого монтажу

Параметр	Прийняте значення
Тип ДП	двостороння
Клас точності ДП	3-й
Метод виготовлення	комбінований позитивний
Матеріал основи	СФ-2-35 / FR-4
Товщина основи ДП	1.5 мм
Товщина мідної фольги	35 мкм
Ширина провідників кіл живлення та заземлення	0.6 мм
Мінімальна ширина сигнальних провідників	0.25 мм
Діаметр монтажного отвору для конекторів	1.1 мм
Діаметр монтажного отвору для кварцових резонаторів та окремих вивідних елементів	0.9 мм
Діаметр перехідного отвору	0.7 мм
Діаметр КП для отвору 1,1 мм	2.0 мм
Діаметр КП для отвору 0,9 мм	1.8 мм
Діаметр КП для перехідного отвору 0,7 мм	1.6 мм
Мінімальна відстань між провідниками	0.25 мм
Мінімальна відстань між КП і провідником	0.25 мм
Мінімальна відстань між двома КП	0.25 мм
Мінімальна відстань від краю ДП до провідного рисунка	1.0 мм

1.5.4 Технологія виготовлення друкованої плати

Для універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації використовується двостороння друкована плата, виготовлена на основі фольгованого склотекстоліту FR-4 товщиною 1,5 мм. Товщина мідної фольги приймається 35 мкм. Такий матеріал має достатню механічну міцність,

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		47

хороші діелектричні властивості, стійкість до нагрівання під час паяння та низьке вологопоглинання. Це є важливим для пристрою, який призначений для роботи у складі системи автоматизації теплиці, де можливі підвищена вологість і зміна температури навколишнього середовища.

Друкована плата виконується двосторонньою, оскільки схема містить мікроконтролерний вузол, датчики, вузол живлення, інтерфейси зв'язку, індикацію та роз'єми для підключення зовнішніх модулів. Використання двох провідникових шарів дозволяє раціонально розмістити електронні компоненти, скоротити довжину друкованих провідників, спростити трасування та зменшити кількість перемичок. Перехід між шарами здійснюється за допомогою металізованих перехідних отворів.

Виготовлення друкованої плати починається з підготовки заготовки з фольгованого склотекстоліту. Заготовка вирізається відповідно до прийнятих габаритних розмірів плати. Після цього її поверхня очищується від забруднень, окислів і жирових слідів, оскільки якість підготовки поверхні впливає на точність формування провідникового рисунка та якість подальшого травлення.

Наступним етапом є перенесення рисунка друкованих провідників на мідну поверхню плати. Для цього використовується фотохімічний спосіб виготовлення. На поверхню мідної фольги наноситься світлочутливий шар, після чого через фотошаблон виконується експонування рисунка провідників. Далі проводиться проявлення, у результаті якого на платі залишаються захищені ділянки майбутнього провідникового рисунка.

Після формування захисного шару виконується хімічне травлення. Під час цієї операції незахищені ділянки мідної фольги видаляються, а на платі залишаються тільки необхідні друковані провідники, контактні площадки та інші елементи топології. Після завершення травлення залишки захисного шару видаляються, а плата промивається та висушується.

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		48

Далі виконується свердління монтажних і перехідних отворів. Для встановлення роз'ємів та окремих вивідних елементів передбачаються монтажні отвори відповідного діаметра. Для електричного з'єднання верхнього та нижнього шарів застосовуються перехідні отвори. Оскільки плата є двосторонньою, отвори металізуються, що забезпечує надійний електричний контакт між шарами друкованої плати.

Після свердління і металізації отворів виконується нанесення захисної паяльної маски. Паяльна маска захищає провідниковий рисунок від окиснення, випадкових коротких замикань, забруднення та механічних пошкоджень. Відкритими залишаються лише контактні площадки, які призначені для паяння електронних компонентів. Для даної плати це особливо важливо, оскільки у конструкції застосовуються SMD-компоненти, мікросхеми з малим кроком виводів, роз'єми та елементи обв'язки мікроконтролера.

На завершальному етапі виготовлення наноситься маркування, тобто шовкографія. На платі позначаються позиційні позначення елементів, полярність діодів і конденсаторів, номери роз'ємів та службові позначення. Наявність маркування спрощує складання, перевірку, ремонт і подальше обслуговування друкованого вузла.

Після виготовлення плата проходить контроль якості. Перевіряється відповідність габаритних розмірів, цілісність провідникового рисунка, відсутність замикань між сусідніми провідниками, якість металізації отворів, правильність розташування контактних площадок і відповідність плати проєктній документації. Особливу увагу приділяють ділянкам живлення, сигнальним лініям мікроконтролера, інтерфейсам зв'язку та місцям підключення зовнішніх модулів.

1.6 Висновок до розділу 1

У першому розділі було виконано аналіз технічного завдання на розробку універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		49

інформації. Визначено основні технічні характеристики пристрою, його призначення, умови експлуатації та функціональні можливості. Встановлено, що розроблювана система повинна забезпечувати контроль параметрів середовища, керування виконавчими пристроями, локальну індикацію та передавання інформації через бездротовий канал зв'язку.

Розроблено структурну схему пристрою та описано взаємодію основних функціональних вузлів. Центральним елементом системи є мікроконтролерний блок, який здійснює обробку даних з датчиків, керування релейними каналами, обмін інформацією з модулем зв'язку та виведення даних на дисплей. Така структура дозволяє реалізувати автоматизоване керування теплицею та забезпечити зручність користування пристроєм.

Проведено опис електричної принципової схеми, розглянуто роботу вузлів живлення, мікроконтролерного керування, індикації, датчиків, годинника реального часу, бездротового зв'язку та виконавчих елементів. Виконано розрахунок окремих вузлів схеми, зокрема стабілізатора напруги, що підтвердило доцільність використання вибраних компонентів у складі пристрою.

Також здійснено вибір і обґрунтування компонентної бази. Для реалізації пристрою обрано доступні та поширені електронні компоненти, які забезпечують необхідну функціональність, технологічність виготовлення та можливість подальшого обслуговування. Розглянуто компоновання друкованого вузла, визначено основні параметри друкованого монтажу та прийнято конструктивні рішення, що забезпечують компактність, надійність і зручність підключення зовнішніх модулів.

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

2. Спеціальна частина

2.1 Обґрунтування вибору програмного середовища для розв'язання поставленого завдання

Для розробки універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації необхідним є використання сучасних систем автоматизованого проектування, які забезпечують можливість виконання електронної та конструкторської частини проекту. Використання спеціалізованого програмного забезпечення дозволяє підвищити точність проектування, зменшити кількість помилок та спростити процес створення технічної документації.

Для розробки друкованої плати у даній роботі використовується програмне середовище Altium Designer. Дана система автоматизованого проектування широко застосовується для трасування друкованих плат та проектування електронних пристроїв різної складності.

Використання Altium Designer дозволяє виконувати розміщення електронних компонентів на друкованій платі, трасування електричних з'єднань між елементами, а також контроль правильності підключення провідників та перевірку друкованої плати на наявність помилок проектування. Програмне середовище забезпечує зручне редагування друкованої плати, можливість зміни компоновки елементів та контроль параметрів провідників і контактних площадок.

Однією з переваг Altium Designer є можливість візуального контролю процесу трасування друкованої плати та забезпечення компактного розташування компонентів. Це дозволяє зменшити габаритні розміри пристрою, спростити монтаж та підвищити надійність роботи системи.

Для виконання креслень у роботі використовується програмне середовище AutoCAD. Дана система автоматизованого проектування

					<i>ШЧВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		51

призначена для створення технічних креслень та широко використовується при розробці конструкторської документації.

У середовищі AutoCAD виконуються електрична принципова схема, креслення друкованої плати та складальне креслення друкованого вузла. Використання даного програмного забезпечення дозволяє створювати креслення відповідно до вимог стандартів та забезпечує високу точність побудови графічної документації.

Перевагою AutoCAD є можливість створення креслень різної складності із дотриманням необхідних масштабів, розмірів та умовних позначень. Програмне середовище також забезпечує зручне редагування графічних елементів, що спрощує внесення змін у проектну документацію на будь-якому етапі проектування.

Використання Altium Designer та AutoCAD дозволяє поєднати можливості трасування друкованої плати та створення повного комплексу технічної документації у межах одного проекту. Це забезпечує підвищення ефективності проектування, спрощує процес розробки пристрою та дозволяє отримати необхідні графічні матеріали для подальшого виготовлення та оформлення кваліфікаційної роботи.

2.2 Створення друкованого вузла у середовищі Altium Designer.

Створення бібліотеки елементів виконувалося у середовищі Altium Designer. Для компонентів універсального контролера теплиці були створені або відредаговані умовні графічні позначення, посадкові місця та зв'язки між схемними символами і footprint-моделями. При створенні бібліотеки враховувались габаритні розміри корпусів, крок виводів, тип монтажу та прийняті параметри друкованого монтажу.

					<i>ШЧВ 2.899.001 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		52

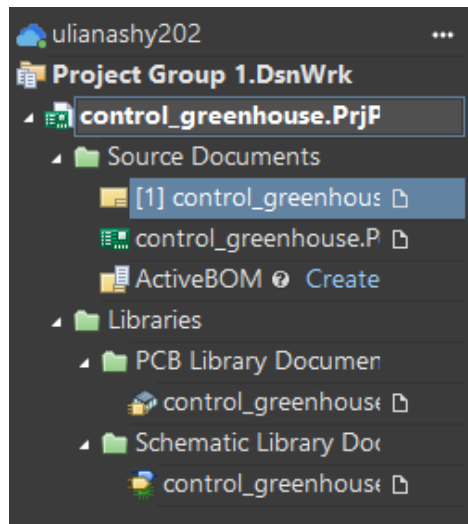


Рисунок 2.1 - Структура проєкту універсального контролера теплиці в Altium Designer

У складі проєкту було використано бібліотеки схемних символів та посадкових місць, необхідні для подальшого створення електричної принципової схеми і друкованої плати. Бібліотечні елементи створювалися з урахуванням фактичної елементної бази пристрою, зокрема мікроконтролера ATmega328PB-AN, мікросхем CH340, DS3231, PCF8574AT, датчика BME280, стабілізаторів напруги, пасивних SMD-компонентів, світлодіодів, реле, роз'ємів та інших елементів схеми.

Під час створення умовних графічних позначень особлива увага приділялася правильній нумерації виводів, їх назвам та електричним типам.

Для інтегральних мікросхем були задані виводи живлення, сигнальні входи та виходи, лінії інтерфейсів і службові сигнали. Для пасивних елементів використовувалися стандартні двовивідні позначення, а для роз'ємів створювалися символи з відповідною кількістю контактів.

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

Таблиця 2.1 - Перелік компонентів бібліотеки

Назва компонента	Назва посадкового місця	Тип елемента	Позиційне позначення
UUX2G010MNL1GS 10uF	CAP_SMD	Normal	C
MLCC 1206	C_1206	Normal	C
LP2985-330BVR	SOT-23-5	Normal	DA
LM393	SOIC-8	Normal	DA
ATmega328PB-AN	TQFP-32	Normal	DD
BME280	BME280	Normal	DD
CH340	SOP-16	Normal	DD
DS3231	SOIC-16	Normal	DD
PCF8574AT	SOIC-16	Normal	DD
LED SMD 3528 RGB	LED_3528_RGB	Normal	HL
JQC-3FF	RELAY_JQC-3FF	Normal	K
RES-1205	R_1205 / R_1206	Normal	R
3266Y	TRIMMER_3266Y	Normal	R
TTS5	BUTTON_TTS5	Normal	SA
SS14	DO-214AC / SMA	Normal	VD
1N4007 M7	SMD_DIODE_M7	Normal	VD
S8050	SOT-23 / TO-92 відповідно до footprint	Normal	VT
S8550	SOT-23 / TO-92 відповідно до footprint	Normal	VT
XT49M 16MHz	XTAL_TH	Normal	ZQ
X2.54-3P	CONN_2.54_3P	Normal	XP
USB Type-C	USB_TYPE_C	Normal	XS
+5V	-	Power	PWR
+3.3V	-	Power	PWR
GND	-	Power	GND

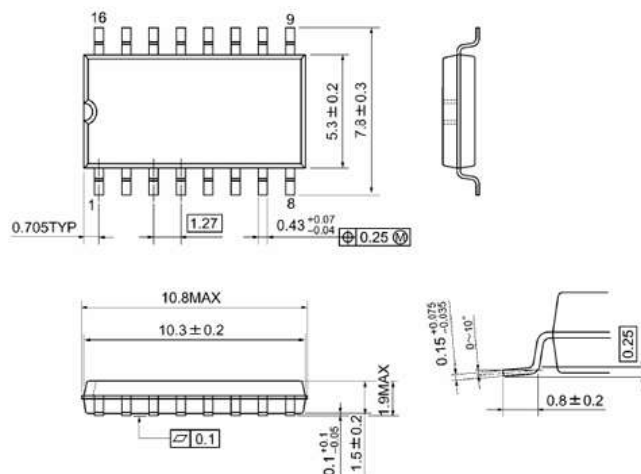


Рисунок 2.2 – Вигляд та розміри ІМС CH340 в корпусі SOP-16

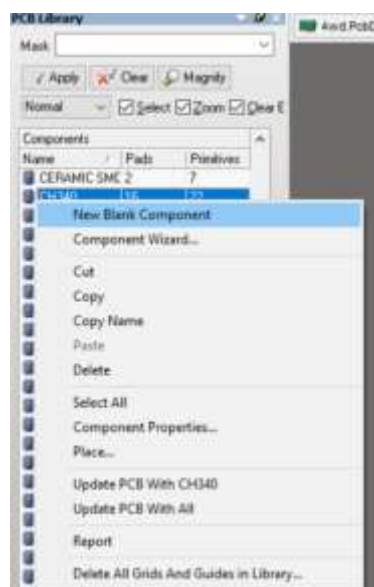


Рисунок 2.3 – Створення нового компонента в бібліотеці посадкових місць



Рисунок 2.4 – Вікно з параметрами компонента в бібліотеці посадкових місць



Рисунок 2.5 – Вікно властивостей контактної площадки при створенні посадочного місця компонента

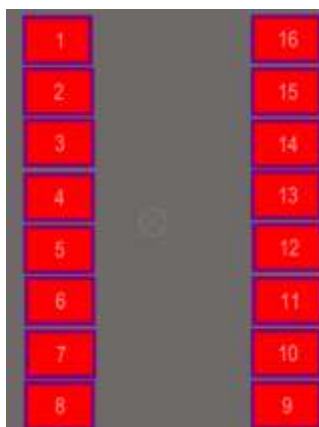


Рисунок 2.6 – Розміщення контактних площадок посадкового місця

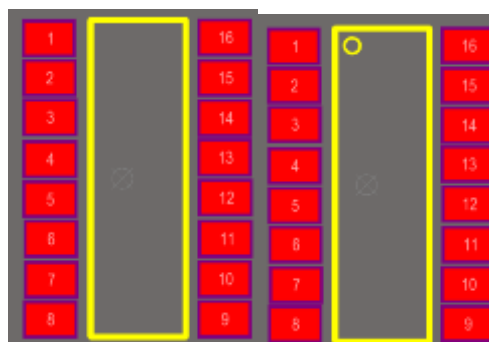


Рисунок 2.7 – Створення шовкографії посадкового місця

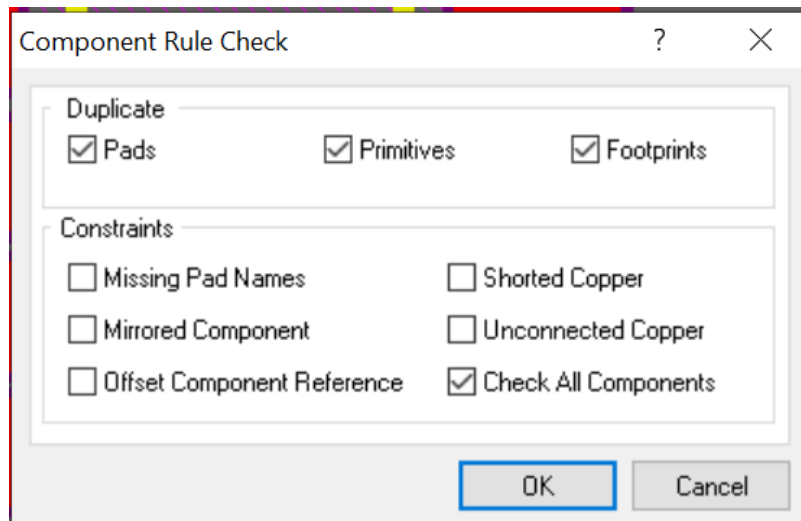


Рисунок 2.8 – Вікно перевірки посадкового місця компонента

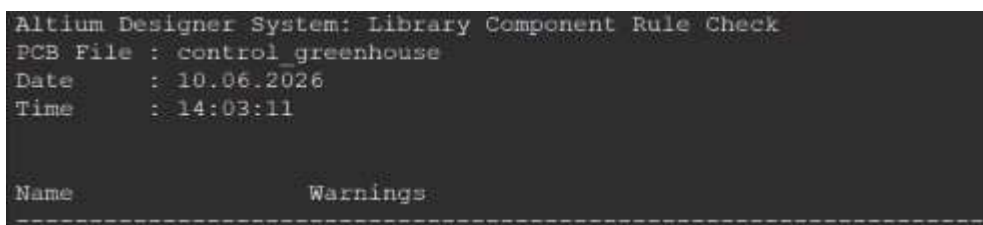


Рисунок 2.9 – Результати перевірки посадкового місця компонента

Після створення умовних графічних позначень і посадкових місць було виконано упаковку виводів компонентів. Для кожного бібліотечного елемента було прив'язано відповідне посадкове місце, перевірено кількість контактів, нумерацію виводів і відповідність footprint-моделі схемному символу.

Наступним етапом було створення Електричної принципової схеми універсального контролера теплиці у редакторі Schematic середовища Altium Designer. Для побудови схеми використовувались бібліотечні компоненти, створені у попередньому підрозділі. На схемі розміщено мікроконтролерний вузол, вузол живлення, USB-UART інтерфейс, датчики, модуль годинника реального часу, вузол бездротового зв'язку, індикацію, релейні канали та роз'єми.

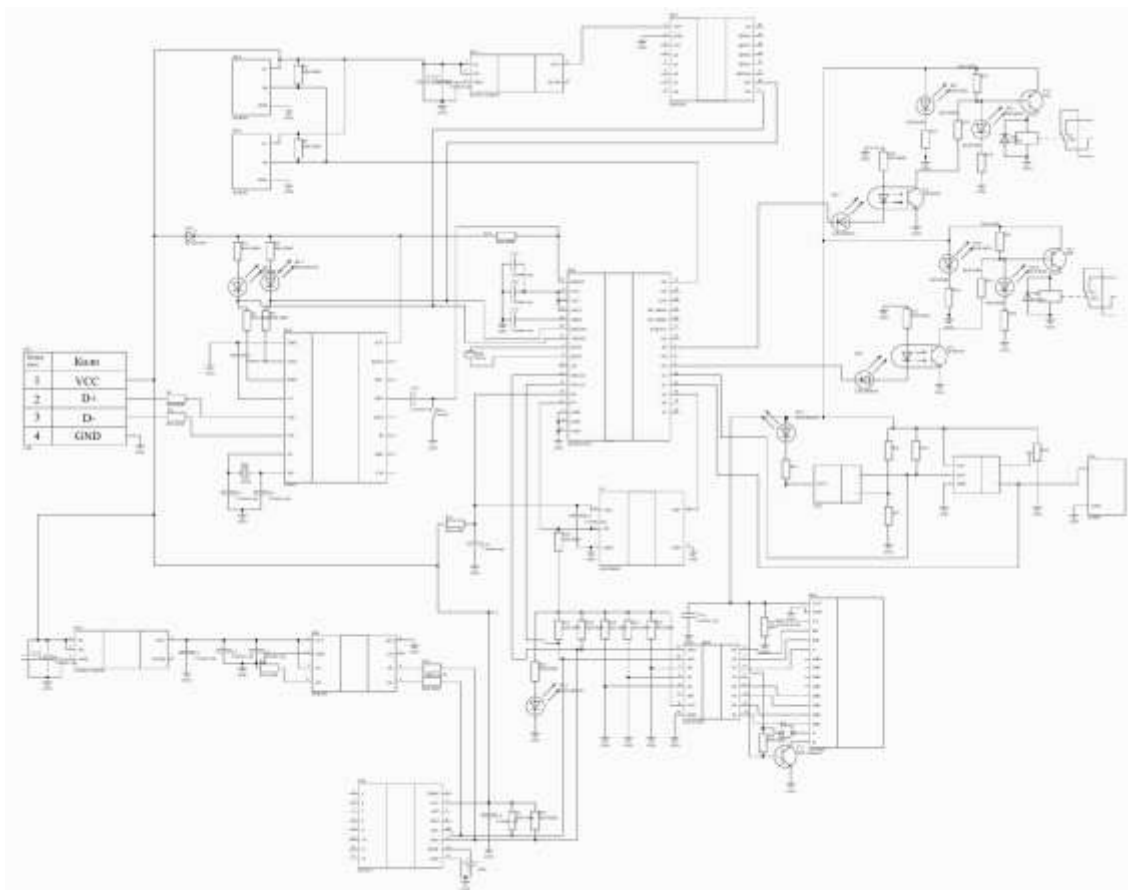


Рисунок 2.10 - Загальний вигляд електричної принципової схеми

Після завершення побудови електричної принципової схеми було виконано перевірку ERC. Перевірка дозволила виявити помилки та попередження, пов'язані з типами виводів, підключенням кіл живлення та коректністю електричних з'єднань. Виявлені зауваження були проаналізовані та усунені перед передаванням схеми у редактор друкованої плати. Результати перевірки ERC підтвердили відсутність критичних помилок, які перешкоджають передаванню схеми у редактор друкованої плати.

Наступний етапом компоненти були передані у редактор друкованої плати Altium Designer. На цьому етапі було задано контур ДП, виконано розміщення елементів, налаштовано правила проєктування та проведено трасування електричних з'єднань.

Розміщення елементів на ДП виконувалося з урахуванням їх функціонального призначення та електричних зв'язків. Мікроконтролер

АТmega328PB-AN і елементи його обв'язки розміщено в центральній частині плати. Вузол живлення, USB-роз'єм, датчики, мікросхеми, реле, дисплейний модуль, світлодіодну індикацію та роз'єми розташовано таким чином, щоб забезпечити зручність трасування, монтажу і подальшого складання друкованого вузла.

Трасування з'єднань виконувалося на двох шарах ДП. Верхній шар використовувався переважно для з'єднання SMD-компонентів і коротких сигнальних ліній, а нижній шар - для допоміжного трасування, підключення віддалених ділянок схеми та розведення частини кіл живлення. Для переходу між шарами застосовувались металізовані перехідні отвори.

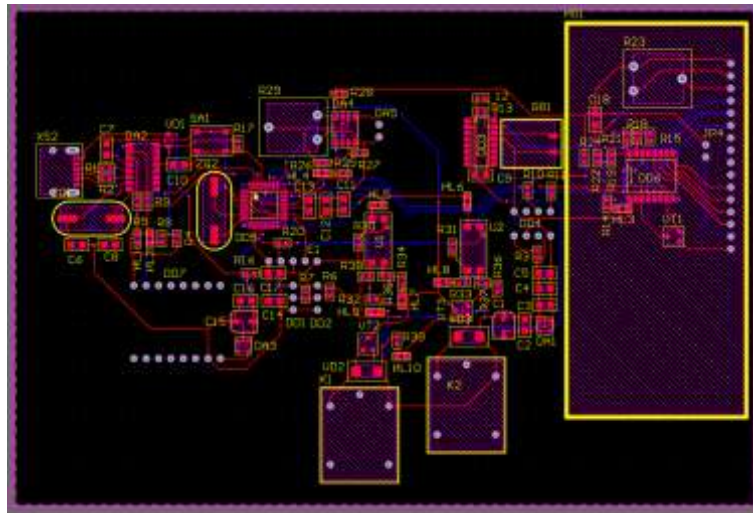


Рисунок 2.11 – Результат трасування друкованої плати у Altium Designer



Рисунок 2.12 – 3Д вигляд друкованої плати у Altium Designer

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		59

2.3 Висновок до розділу 2

У другому розділі було обґрунтовано вибір програмних засобів для проєктування універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації. Для розробки друкованої плати використано середовище Altium Designer, яке дозволяє створювати електричні принципи схеми, бібліотеки компонентів, посадкові місця, виконувати трасування друкованих провідників, перевірку правил проєктування та формування 3D-моделі друкованого вузла.

У процесі роботи було створено та відредаговано бібліотеку елементів, сформовано умовні графічні позначення, посадкові місця та зв'язки між схемними символами і footprint-моделями. Після цього виконано побудову електричної принципової схеми та проведено перевірку ERC, що дозволило проконтролювати правильність електричних з'єднань і підключення кіл живлення.

На завершальному етапі було виконано компонування та трасування друкованої плати на двох шарах. Елементи розміщувались з урахуванням їх функціонального призначення, зручності монтажу, мінімізації довжини провідників та технологічності пристрою. Створена 3D-модель дала змогу візуально перевірити розміщення компонентів і підготувати матеріали для подальшого виготовлення та оформлення графічної частини роботи.

У підсумку, у другому розділі виконано основні етапи комп'ютерного проєктування друкованого вузла універсального контролера теплиці та підтверджено придатність обраного програмного середовища для розробки даного пристрою.

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

3. Охорона праці та безпека життєдіяльності

3.1 Надзвичайні ситуації метеорологічного характеру

Надзвичайні ситуації метеорологічного характеру належать до небезпечних природних явищ, які виникають унаслідок різких змін погодних умов та можуть порушувати нормальну життєдіяльність людей, роботу підприємств, інженерних споруд і технічного обладнання. До таких явищ відносять сильний вітер, буревії, шквали, смерчі, грози, зливи, град, значні снігопади, ожеледь, сильні морози, спеку, посухи та різкі перепади температури. Для об'єктів сільськогосподарського призначення, зокрема тепличних комплексів, такі явища є особливо небезпечними, оскільки вони впливають не лише на будівельні конструкції, а й на мікроклімат усередині теплиці, стан рослин та роботу автоматизованих систем керування [11, 12].

Теплиця є спорудою, у якій штучно підтримуються необхідні умови для вирощування рослин. Основними параметрами такого середовища є температура, вологість повітря, рівень освітленості, режим провітрювання та поливу. При виникненні небезпечних метеорологічних явищ ці параметри можуть швидко змінюватися, що призводить до порушення нормального технологічного процесу. Саме тому використання універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації має важливе значення, оскільки такий пристрій забезпечує постійний контроль параметрів мікроклімату та дає можливість своєчасно реагувати на відхилення.

Однією з найбільш поширених небезпек для тепличного господарства є сильний вітер. Пориви вітру можуть пошкодити плівкове, скляне або полікарбонатне покриття, деформувати каркас, порушити герметичність теплиці та спричинити різке зниження температури всередині споруди. Також сильний вітер може пошкодити зовнішні кабелі, антени, датчики, елементи кріплення або лінії живлення, які використовуються у системі автоматизації. У таких умовах контролер теплиці повинен бути встановлений у захищеному

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		61

корпусі, а з'єднувальні провідники повинні бути прокладені так, щоб зменшити ризик механічного пошкодження.

Небезпечними для теплиць є також грози та атмосферні перенапруги. Під час грози в електричних мережах можуть виникати короточасні імпульсні перенапруги, які здатні пошкодити блок живлення, мікроконтролер, датчики або модулі зв'язку. Особливо вразливими є малопотужні електронні компоненти, які працюють з низьковольтними сигналами. Для зменшення ризику виходу обладнання з ладу доцільно використовувати заземлення, захист від перенапруг, запобіжники, стабілізовані джерела живлення та правильне розділення силових і сигнальних кіл [13, 14].

У зимовий період значну небезпеку становлять сильні морози, снігопади та ожеледь. Зниження температури зовнішнього середовища збільшує теплові втрати теплиці, а отже зростає навантаження на систему обігріву. Якщо автоматизована система керування або джерело живлення вийдуть з ладу, температура всередині теплиці може знизитися до критичного рівня. Це може призвести до пошкодження або загибелі рослин. Крім того, значне накопичення снігу на покритті теплиці створює додаткове механічне навантаження на каркас, тому необхідно передбачати регулярний контроль стану конструкції та очищення покриття.

У літній період основною метеорологічною небезпекою є перегрівання тепличного приміщення. Під дією сонячного випромінювання температура всередині теплиці може значно перевищувати температуру зовнішнього повітря. Це негативно впливає на рослини, призводить до пересихання ґрунту, зниження вологості та погіршення умов вирощування. У такому випадку універсальний контролер може використовуватися для автоматичного вмикання вентиляції, системи зрошення або інших виконавчих пристроїв, що дозволяє підтримувати стабільний мікроклімат навіть при несприятливих погодних умовах.

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		62

Сильні дощі та зливи можуть призводити до підтоплення території теплиці, підвищення вологості повітря та потрапляння вологи до електронних вузлів. Волога є небезпечною для електрообладнання, оскільки вона може спричинити корозію контактів, зниження опору ізоляції, короткі замикання та нестабільну роботу датчиків. Тому електронні блоки системи керування необхідно розміщувати у місцях, захищених від прямого потрапляння води, а плати та контактні з'єднання бажано додатково захищати лаком або корпусом із відповідним ступенем захисту [15].

Окрему увагу потрібно приділяти забезпеченню безперервної роботи системи контролю в аварійних умовах. Для цього бажано передбачити можливість використання резервного джерела живлення, наприклад акумулятора або джерела безперебійного живлення. Це дозволить контролеру продовжувати роботу при короткочасному зникненні електропостачання та передавати користувачу інформацію про стан теплиці. Таке рішення особливо важливе у випадках, коли теплиця розташована на відстані від постійного місця перебування власника або обслуговуючого персоналу.

З організаційної точки зору для зменшення наслідків надзвичайних ситуацій метеорологічного характеру необхідно регулярно перевіряти стан тепличної споруди, систем вентиляції, поливу, освітлення, обігріву та електроживлення. Перед прогнозованим погіршенням погодних умов слід перевірити кріплення покриття, справність автоматичних систем, герметичність корпусів електронних пристроїв та надійність кабельних з'єднань. Персонал, який обслуговує теплицю, повинен знати порядок дій у разі сильного вітру, грози, підтоплення або відключення електроживлення.

Отже, надзвичайні ситуації метеорологічного характеру можуть суттєво впливати на роботу тепличного господарства та електронних систем керування. Розроблюваний універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням інформації підвищує рівень безпеки експлуатації об'єкта, оскільки забезпечує контроль параметрів мікроклімату, дає змогу швидше

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

виявляти небезпечні відхилення та своєчасно приймати рішення щодо захисту рослин, обладнання і конструкцій теплиці [16].

3.2 Заходи щодо захисту від ураження електричним струмом

Під час експлуатації універсального контролера теплиці важливим питанням є захист людини від ураження електричним струмом. Це пов'язано з тим, що система керування працює разом із джерелом живлення, датчиками, виконавчими пристроями, кабельними з'єднаннями та, за потреби, силовими елементами керування освітленням, вентиляцією, насосом або обігрівом. Частина вузлів може працювати від безпечної низької напруги, однак живлення блоків, реле або виконавчих пристроїв часто здійснюється від мережі змінного струму 220 В. Тому при проєктуванні та експлуатації такого обладнання необхідно враховувати вимоги електробезпеки [17, 18].

Особливістю тепличного приміщення є підвищена вологість повітря, можливе утворення конденсату, наявність систем поливу та зрошення. Такі умови збільшують небезпеку ураження електричним струмом, оскільки волога знижує опір ізоляції та електричний опір тіла людини. У разі пошкодження ізоляції провідників або потрапляння води на струмоведучі частини може виникнути аварійний режим роботи, коротке замикання або поява небезпечної напруги на корпусі обладнання.

Основними причинами ураження електричним струмом під час експлуатації електронного обладнання можуть бути випадковий дотик до відкритих струмопровідних частин, пошкодження ізоляції кабелів, неправильне підключення пристрою, порушення правил монтажу, використання несправного блока живлення або відсутність захисного заземлення. Також небезпека зростає під час ремонтних і налагоджувальних робіт, коли корпус пристрою може бути відкритим, а окремі елементи схеми залишаються під напругою.

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

Для зменшення небезпеки ураження електричним струмом у проєктованій системі доцільно максимально відокремлювати низьковольтну частину від силових кіл. Мікроконтролер, датчики та модулі передавання інформації повинні живитися від стабілізованої низької напруги. Силові кола, які керують обладнанням з напругою 220 В, потрібно розміщувати окремо від сигнальних ліній, забезпечуючи необхідні ізоляційні проміжки та надійне кріплення провідників. Такий підхід зменшує ймовірність потрапляння небезпечної напруги на низьковольтну частину пристрою [19].

Одним із основних заходів електробезпеки є використання справної ізоляції. Усі провідники повинні мати непошкоджену ізоляційну оболонку, а місця з'єднань необхідно закривати клемними колодками, монтажними коробками або корпусними елементами. Не допускається експлуатація пристрою з оголеними провідниками, нестійкими контактами або пошкодженим кабелем живлення. У теплиці, де можливе потрапляння крапель води, особливо важливо захищати місця підключення датчиків і виконавчих механізмів.

Для захисту людини у випадку пошкодження ізоляції застосовують захисне заземлення. Металеві частини обладнання, які в нормальному режимі не перебувають під напругою, але можуть опинитися під нею при аварії, потрібно приєднувати до захисного провідника. У разі пробоя ізоляції струм пошкодження буде відведений у землю, що знижує напругу дотику та сприяє спрацюванню захисних апаратів. Для електроустановок напругою до 1000 В це є одним із основних технічних заходів захисту [20].

Ще одним важливим засобом захисту є застосування автоматичних вимикачів і плавких запобіжників. Вони призначені для відключення електричного кола при короткому замиканні або перевантаженні. Для системи керування теплицею це важливо не лише з погляду електробезпеки, а й для захисту самої електроніки. При аварії у виконавчому пристрої або кабельній лінії захисний апарат повинен швидко відключити пошкоджену ділянку, не

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

допускаючи перегріву провідників, займання ізоляції або пошкодження блока керування.

Для додаткового захисту персоналу доцільно використовувати пристрій захисного вимкнення. Такий пристрій реагує на струм витоку і вимикає живлення при появі небезпечного режиму. У тепличних умовах, де наявна волога і підвищена ймовірність погіршення ізоляції, застосування пристрою захисного вимкнення є особливо доцільним. Він не замінює заземлення чи автоматичні вимикачі, але доповнює загальну систему електрозахисту.

Під час монтажу контролера необхідно дотримуватись правильного розміщення електронного блока. Його слід встановлювати у місці, захищеному від прямого потрапляння води, механічних пошкоджень і перегрівання. Корпус повинен забезпечувати захист від випадкового дотику до внутрішніх струмопровідних частин. Отвори для кабелів потрібно виконувати з використанням вводів або ущільнювачів, щоб зменшити ризик проникнення вологи всередину пристрою.

Обслуговування та ремонт електронного обладнання необхідно виконувати тільки після повного відключення живлення. Перед початком робіт потрібно переконатися у відсутності напруги на клеммах та елементах схеми. Під час налагодження слід використовувати справний інструмент з ізольованими ручками, не торкатися оголених провідників і не виконувати роботи мокрими руками. Працівник, який проводить обслуговування, повинен знати правила безпечної роботи з електрообладнанням та порядок дій у разі аварійної ситуації [21].

У разі виявлення несправностей, таких як нагрівання провідників, запах горілої ізоляції, іскріння, нестабільна робота блока живлення або періодичне вимикання захисних апаратів, експлуатацію системи необхідно припинити до усунення причини несправності. Подальша робота несправного обладнання може призвести до ураження електричним струмом, пожежі або повного виходу пристрою з ладу.

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

Окремо слід враховувати безпеку під час роботи з виконавчими пристроями. Якщо контролер керує насосом, вентилятором, освітленням або нагрівачем, то силові лінії цих пристроїв повинні мати окремий захист. Комутаційні елементи необхідно підбирати з урахуванням робочого струму навантаження та запасу за потужністю. Неправильний вибір реле, контактора або провідників може призвести до перегрівання контактів і виникнення аварійної ситуації.

Важливу роль відіграє також профілактичний огляд системи. Періодично потрібно перевіряти стан ізоляції, надійність контактних з'єднань, відсутність слідів корозії, механічних пошкоджень і вологи всередині корпусу. У теплиці такі перевірки бажано виконувати частіше, ніж у звичайних сухих приміщеннях, оскільки умови експлуатації є складнішими. Своєчасне виявлення дефектів дозволяє попередити аварійні ситуації та продовжити термін служби обладнання.

Якщо людина все ж зазнала дії електричного струму, першочергово необхідно припинити дію струму: відключити живлення вимикачем, автоматом або іншим безпечним способом. Не можна торкатися потерпілого відкритими руками, якщо він ще перебуває під дією струму. Після звільнення потерпілого необхідно оцінити його стан, викликати медичну допомогу та, за необхідності, надати домедичну допомогу до прибуття фахівців [22].

3.3 Висновок до розділу 3

У третьому розділі розглянуто питання безпеки життєдіяльності та охорони праці, пов'язані з експлуатацією універсального контролера теплиці. Проаналізовано надзвичайні ситуації метеорологічного характеру, які можуть негативно впливати на роботу тепличного господарства, та показано, що застосування автоматизованої системи контролю дає змогу своєчасно

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

виявляти небезпечні зміни параметрів середовища і підвищувати надійність роботи об'єкта.

Також розглянуто заходи захисту від ураження електричним струмом в умовах підвищеної вологості, характерної для теплиць. Встановлено, що використання захисного заземлення, якісної ізоляції, пристроїв захисного вимкнення та герметичного виконання електронних вузлів забезпечує безпечну експлуатацію обладнання.

Дотримання розглянутих заходів сприяє підвищенню безпеки персоналу, надійності роботи універсального контролера теплиці та стабільному функціонуванню автоматизованої системи керування.

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

Висновки

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням інформації. Пристрій призначений для автоматизації контролю параметрів мікроклімату у невеликих домашніх теплицях, зменшення потреби у постійному ручному контролі та підвищення зручності експлуатації тепличного господарства.

У ході роботи було проаналізовано технічне завдання та визначено основні вимоги до проєктованого пристрою. Встановлено, що система повинна забезпечувати контроль температури, вологості ґрунту, локальне відображення інформації, керування виконавчими пристроями та дистанційне передавання даних через бездротовий канал зв'язку.

На основі поставлених вимог було розроблено структурну схему пристрою, яка відображає взаємодію основних функціональних вузлів: мікроконтролерного блока, датчиків, модуля годинника реального часу, блока індикації, виконавчих елементів, блока бездротового зв'язку та вузла живлення. Така структура забезпечує узгоджену роботу всіх частин системи та дозволяє реалізувати автоматичний і ручний режими керування.

Розроблено електричну принципову схему універсального контролера теплиці. У схемі передбачено мікроконтролерний вузол, вузол стабілізації живлення, інтерфейс USB-UART, датчики, індикацію, релейні канали керування, годинник реального часу та допоміжні елементи захисту і фільтрації. Проведено розрахунок окремих вузлів схеми, зокрема стабілізатора напруги, що підтвердило правильність вибору схемотехнічних рішень.

Було виконано вибір та обґрунтування елементної бази пристрою. Для реалізації контролера використано мікроконтролер ATmega328PB-AN, датчики DS18B20 та BME680, мікросхеми DS3231, CH340, PCF8574AT, стабілізатори напруги, релейні елементи, дисплей LCD1602, енкодер, світлодіодну індикацію, транзисторні ключі та пасивні компоненти. Обрана

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

елементна база є доступною, технологічною та достатньою для виконання всіх функцій пристрою.

У роботі було розглянуто компоновання друкованого вузла, виконано розрахунок параметрів друкованого монтажу та прийнято конструктивні рішення щодо форми, розмірів і розміщення елементів на платі. Друкована плата виконана двосторонньою, з використанням SMD-компонентів і роз'ємів для підключення зовнішньої периферії. Таке рішення дозволяє забезпечити компактність конструкції, зручність монтажу та ремонтпридатність пристрою.

Для проєктування друкованого вузла було використано середовище Altium Designer. У процесі роботи створено бібліотеки компонентів, умовні графічні позначення, посадкові місця, електричну принципову схему, виконано перевірку ERC, розміщення елементів, трасування друкованої плати та формування 3D-моделі. Використання Altium Designer дало змогу візуально перевірити компоновання пристрою та підготувати матеріали для виготовлення друкованого вузла.

У розділі охорони праці та безпеки життєдіяльності було розглянуто надзвичайні ситуації метеорологічного характеру, які можуть впливати на роботу тепличного господарства, а також заходи щодо захисту від ураження електричним струмом. Визначено, що для безпечної експлуатації контролера необхідно враховувати умови підвищеної вологості, захищати електронні вузли від потрапляння води, використовувати справну ізоляцію, заземлення, захисні апарати та дотримуватися правил обслуговування електрообладнання.

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

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. Програма для розробки схем "Altium Designer".
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. Хвостівська Л., Хвостівський М., Дунець В., Дедів І. Mathematical, algorithmic and software support of synphase detection of radio signals in electronic communication networks with noises // Scientific Journal of TNTU. 2023. Vol. 111, No. 3. P. 48–57.
5. Дедів І. Ю., Казьмірук О. П. Приватні мережі на основі 5G технологій зв'язку // Матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», Тернопіль, 11–12 грудня 2025 р. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. С. 252–253.
6. Дедів І. Ю., Сверстюк А. С., Дедів Л. Є., Дозорський В. Г., Хвостівський М. О. Математичне моделювання, методи та програмне забезпечення опрацювання дихальних шумів у комп'ютерних аускультативних діагностичних системах. Львів : Видавництво «Магнолія-2006», 2021. 126 с.
7. ДСТУ 2646-94. Плати друковані. Терміни та визначення. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=102586.
8. ДСТУ 3334-96. Плати друковані. Загальні вимоги до технологічних процесів регенерації, знешкодження та утилізації розчинів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=90096.

					ШЧВ 2.899.001 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підп.	Дата		71

9. ДСТУ 2.104:2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ДСТУ 2.104-2006, IDT). З Поправками (ІПС № 5 2007), (ІПС № 6-2007), (ІПС № 8-2007), (ІПС № 5-2008). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=55417.

10. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. Чинний від 2016-07-01. Вид. офіц. Київ : Книжк. палата України ім. Ів. Федор., 2015. 26 с. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64411.

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

12. Желібо Є.П. Безпека життєдіяльності : підручник / В.В. Зацарний. Київ : Каравела, 2023. 344 с.

13. Запорожець О.І. Безпека життєдіяльності : підручник. 2-е вид. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 448 с.

14. Кодекс цивільного захисту України від 01.07.2013 року.

15. ДБН В.2.2-2-95. Теплиці і парники.

16. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування.

17. Андрейчук Н.І. Охорона праці : навч. посіб. / Н.І. Андрейчук, Ю.В. Кіт, С.В. Шибанов, О.В. Шерстньова. Львів : Видавництво Львівська політехнік, 2021. 276 с.

18. Бедрій Я.І. Основи охорони праці : навч. посіб. 4-е вид., перероб. і доп. Тернопіль : Навчальна книга - Богдан, 2018. 240 с.

19. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці : навч. посіб. 4-те вид., випр. і доп. Київ : Знання, 2018. 302 с.

20. Правила улаштування електроустановок. ПУЕ.

21. Закон України «Про охорону праці» від 21 листопада 2002 року, зі змінами і доповненнями.

22. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підруч. / В.В. Сокурєнко, О.М. Бандурка та ін. Харків : ХНУВС, 2021. 308 с.

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

23. Математичне та комп'ютерне моделювання електрокардіосигналів у системах голтерівського моніторингу / Л.Є. Дедів, А.С. Сверстюк, І.Ю. Дедів, М.О. Хвостівський, В.Г. Дозорський, Є.Б. Яворська. – Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. – 120 с. ISBN 978-617-574-218-1

24. Математичне моделювання, методи та програмне забезпечення опрацювання дихальних шумів у комп'ютерних аускультативних діагностичних системах / І.Ю. Дедів, А.С. Сверстюк, Л.Є. Дедів, В.Г. Дозорський, М.О. Хвостівський. – Львів: Видавництво «Магнолія - 2006», 2021. – 126 с. ISBN 978-617-574-219-8

25. Основи технології радіоелектронних апаратів : навчальний посібник / Р. А. Ткачук, В. Г. Дозорський, Л. Є. Дедів, І. Ю. Дедів. - Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. - 336 с.

26. Дозорська О.Ф., Яворська Є.Б., Дозорський В.Г., Дедів Л.Є., Дедів І.Ю. Метод виявлення ознак основного тону в структурі електроміографічних сигналів для задачі компенсації порушеної комунікативної функції людини», Вісник НТУУ "КПІ". Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування, (81), с. 56-64. doi: 10.20535/RADAP.2020.81.56-64.

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

ДОДАТКИ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри РТ

_____ к.т.н. Дунець В.Л.

“ _____ ” _____ 2026 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

на тему: «Універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням
інформації»

Узгоджено:

Керівник роботи

Дедів І.Ю. _____

“ _____ ” _____ 2026р.

“ВИКОНАВЕЦЬ”

Студент групи РАС-41

Шилінська У.В. _____

“ _____ ” _____ 2026р.

Тернопіль, 2026

1 НАЗВА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ Й ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

1.1 Назва: “ Універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням інформації ”

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. Студентка Шилінська Уляна Василівна, групи РАС-41, кафедри радіотехнічних систем, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

3 МЕТА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка універсального контролера теплиці з дистанційним передаванням інформації, що включає:

- аналіз існуючих систем автоматизації теплиць;
- розробку структурної схеми пристрою;
- розробку електричної принципової схеми контролера;
- вибір і обґрунтування елементної бази;
- розробку алгоритму роботи мікроконтролера;
- компонування та трасування друкованої плати;
- розробку конструкторської документації на друкований вузол.

4 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

4.1.1 Контролер повинен забезпечувати контроль параметрів мікроклімату теплиці.

4.1.2 Живлення пристрою повинно здійснюватися від джерела постійної напруги 5 В.

4.1.3 Пристрій повинен забезпечувати вимірювання температури та вологості ґрунту.

4.1.4 Контролер повинен мати рідкокристалічний дисплей для локального відображення інформації.

4.1.5 Передавання інформації повинно здійснюватися через бездротовий канал зв'язку.

4.1.6 Керування виконавчими пристроями повинно здійснюватися за допомогою релейних каналів.

4.1.7 Пристрій повинен підтримувати ручний та автоматичний режими роботи.

4.2 Технічні вимоги

4.2.1 Контролер повинен відповідати вимогам чинних стандартів та конструкторської документації на пристрій конкретного типу.

4.2.2 Пристрій повинен забезпечувати стабільну роботу мікроконтролера, датчиків, дисплея, модуля годинника реального часу, модуля бездротового зв'язку та релейних каналів.

4.2.3 Контролер повинен забезпечувати безперервну роботу в нормальних кліматичних умовах.

4.2.4 Електронні елементи пристрою повинні бути захищені від короткого замикання та перевищення допустимого струму.

4.2.5 Конструкція пристрою повинна забезпечувати зручне підключення зовнішніх датчиків і виконавчих елементів.

4.2.6 Друкована плата повинна бути виготовлена з двостороннього фольгованого склотекстоліту FR-4 товщиною 1,5 мм.

4.2.7 У комплект виробу повинні входити: контролер теплиці, друкований вузол, перелік елементів, електрична принципова схема, паспорт або інструкція користувача.

4.2.8 Середнє напрацювання до відмови повинно бути не менше 12000 год.

4.2.9 Час відновлення працездатності після ремонту повинен бути не більше 1 год.

4.2.10 Середній термін служби пристрою повинен бути не менше 5 років.

4.3 Правила приймання

4.3.1 Контролер теплиці повинен піддаватися приймально-здавальним та періодичним випробуванням.

4.3.2 Під час приймально-здавальних випробувань перевіряється працездатність мікроконтролера, датчиків, дисплея, релейних каналів, модуля бездротового зв'язку та вузла живлення. У разі виявлення дефектів пристрій повертається для усунення несправностей і повторної перевірки.

4.3.3 Періодичні випробування проводяться для перевірки відповідності пристрою технічним вимогам, стабільності роботи та надійності функціонування в умовах експлуатації.

4.3.4 Випробування на надійність проводяться за такими вихідними даними:

приймальний рівень $P_{\alpha} = 0,95$;

бракувальний рівень $P_{\mu} = 0,8$;

ризик виробника $\alpha = 0,1$;

ризик споживача $\beta = 0,2$.

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;
- схеми електричної принципової;
- переліку елементів;
- креслення друкованої плати;
- креслення друкованого вузла;
- специфікації.

6 ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Таблиця 6.1 – Стадії та етапи виконання КП

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
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 систем автоматизації теплиць та контролю мікроклімату	21.03.2026
4	Розробка структурної схеми універсального контролера теплиці	23.03.2026
5	Розробка схеми електричної принципової контролера теплиці	10.04.2026
6	Розробка алгоритмів роботи мікроконтролера та периферійних модулів	12.04.2026
7	Опис алгоритму роботи та функціонування програмної частини пристрою	16.04.2026
8	Розрахунок вузла живлення та основних параметрів електричної схеми	22.04.2026
9	Вибір та обґрунтування елементної бази пристрою	02.05.2026
10	Компонування та трасування друкованої плати контролера теплиці	15.05.2026
11	Розрахунок надійності проектного виробу та параметрів друкованого монтажу	23.05.2026
12	Розробка конструкторської документації на універсальний контролер теплиці	03.06.2026

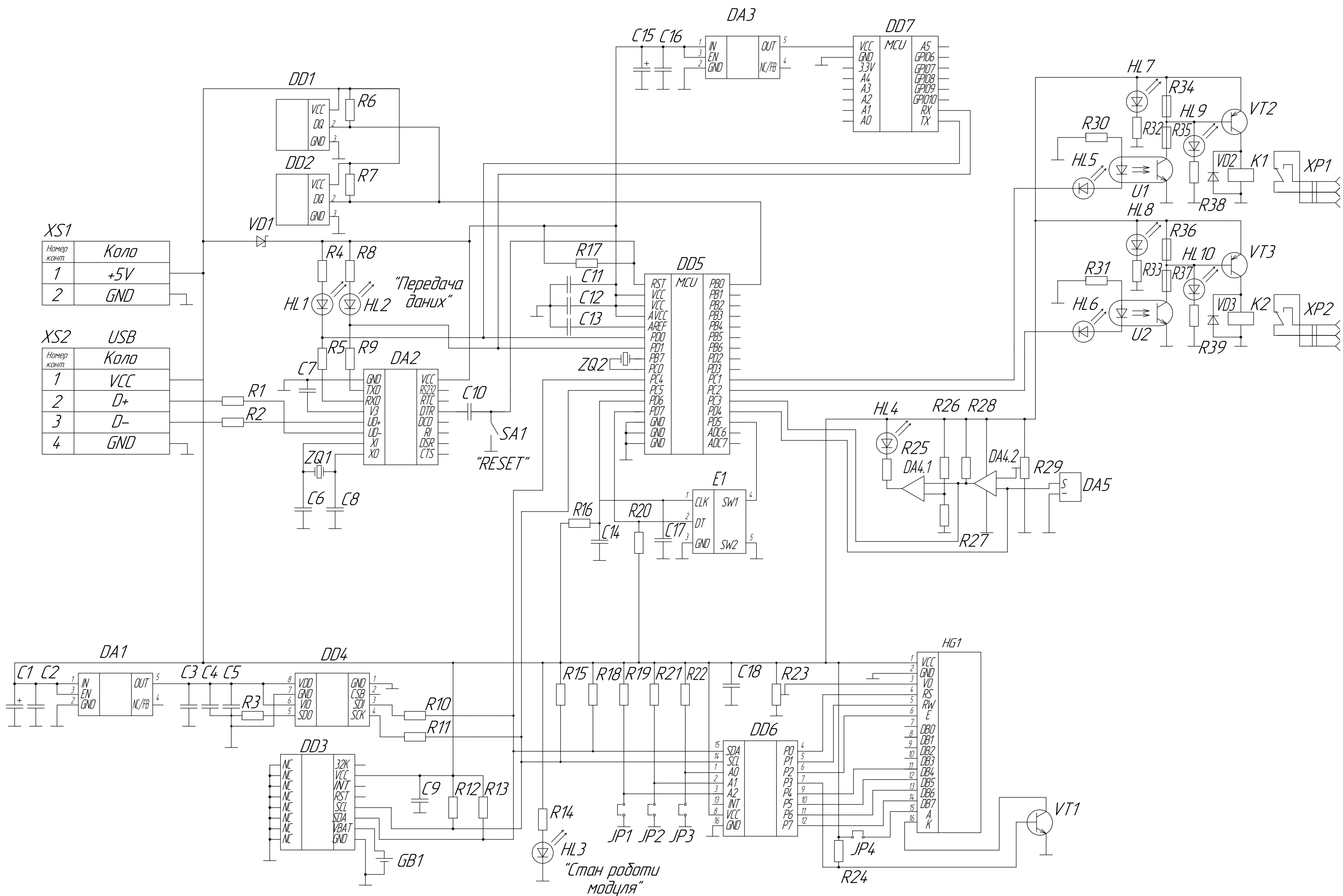
13	Розділ безпеки життєдіяльності та основ охорони праці	09.06.2026
14	Нормоконтроль	10.06.2026
15	Попередній захист кваліфікаційної роботи	11.06.2026
16	Перевірка роботи на антиплагіат	13.06.2026
17	Захист кваліфікаційної роботи	25.06.2026

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.

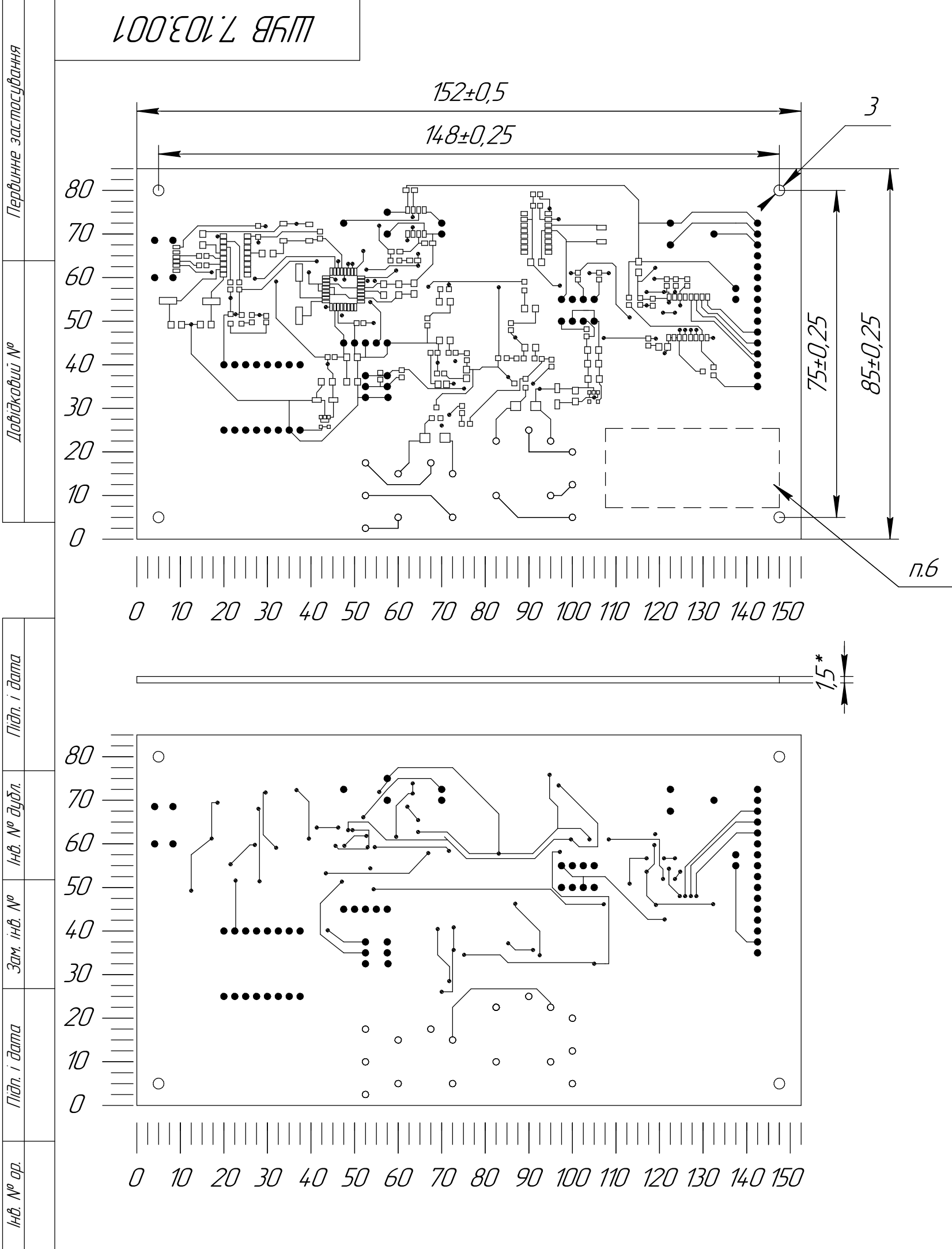
Первинне застосування	Додатковий №	Підп. і дата	Інв. № докл.	Зам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № ор.																																																																																				
ШУВ 2.899.001 Е1																																																																																										
1 2 3 4 5 6 7 1- Датчик реального часу 2- Мікроконтролер Arduino Nano 3- Датчик вологості ґрунту 4- Модуль ESP C3 Mini 5- Реле 6- Дисплей 7- Датчики температури																																																																																										
<table><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="3">ШУВ 2.899.001 Е1</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="3">Універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням даних</td></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td colspan="3">Структурна схема</td></tr><tr><td>Змн./Лист</td><td>№ докум.</td><td>Підпис</td><td>Дата</td><td colspan="3">Літ.</td><td>Вага</td><td>Масштаб</td></tr><tr><td>Розроб.</td><td>Шилінська Ч.В.</td><td></td><td></td><td colspan="3"></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Перевір.</td><td>Дедів І.Ю.</td><td></td><td></td><td colspan="3"></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Реценз.</td><td>Дозарська О.Ф.</td><td></td><td></td><td colspan="3">Арк</td><td>Аркушів</td><td>1</td></tr><tr><td>Н.контр.</td><td>Хвостітська Л.В.</td><td></td><td></td><td colspan="3" rowspan="2"></td><td colspan="2">ТНТУ ім. І. Пулюя</td></tr><tr><td>Затверд.</td><td>Дунець В.І.</td><td></td><td></td><td colspan="2">група РАс-41</td></tr><tr><td colspan="4"></td><td colspan="3">Копіював</td><td colspan="2">Формат А3</td></tr></table>												ШУВ 2.899.001 Е1								Універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням даних								Структурна схема			Змн./Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.			Вага	Масштаб	Розроб.	Шилінська Ч.В.								Перевір.	Дедів І.Ю.								Реценз.	Дозарська О.Ф.			Арк			Аркушів	1	Н.контр.	Хвостітська Л.В.						ТНТУ ім. І. Пулюя		Затверд.	Дунець В.І.			група РАс-41						Копіював			Формат А3	
					ШУВ 2.899.001 Е1																																																																																					
					Універсальний контролер теплиці з дистанційним передаванням даних																																																																																					
					Структурна схема																																																																																					
Змн./Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.			Вага	Масштаб																																																																																		
Розроб.	Шилінська Ч.В.																																																																																									
Перевір.	Дедів І.Ю.																																																																																									
Реценз.	Дозарська О.Ф.			Арк			Аркушів	1																																																																																		
Н.контр.	Хвостітська Л.В.						ТНТУ ім. І. Пулюя																																																																																			
Затверд.	Дунець В.І.						група РАс-41																																																																																			
				Копіював			Формат А3																																																																																			



[illegible]

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Світлодіоди</u>		
HL1-HL10	LED SMD 3528 RGB "Lead(Pb)Free Product-ROHS"	10	
K1,K2	<u>Реле</u> JQC-3FF "Hongfa Technology"	2	
	<u>Резистори</u>		
R1,R2	RES-1205-51 0m ±5% "Bourns"	2	
R3	RES-1205-10 k0m ±5% "Bourns"	1	
R4,R5	RES-1205-1 k0m ±5% "Bourns"	2	
R6,R7	RES-1205-4.7 k0m ±5% "Bourns"	2	
R8,R9	RES-1205-1 k0m ±5% "Bourns"	2	
R10-R13	RES-1205-10 k0m ±5% "Bourns"	4	
R14	RES-1205-330 0m ±5% "Bourns"	1	
R15	RES-1205-1 k0m ±5% "Bourns"	1	
R16,R17	RES-1205-10 k0m ±5% "Bourns"	2	
R18,R19	RES-1205- 4,7k0m ±5% "Bourns"	2	
R20	RES-1205-10 k0m ±5% "Bourns"	1	
R21,R22	RES-1205- 4,7k0m ±5% "Bourns"	2	
R23	LZ-3528BIN1 10 κ0m ±10% "Horizontal"	1	
R24	RES-1205-10 k0m ±5% "Bourns"	1	
R25	RES-1205-470 0m ±5% "Bourns"	1	
R26,R27	RES-1205- 100 κ0m ±5% "Bourns"	2	
R28	RES-1205-10 k0m ±5% "Bourns"	1	
R29	3266Y 22κ0m ±10% "Bourns"	1	
R30	RES-1205-51 0m ±5% "Bourns"	1	
R31-R34	RES-1205-330 0m ±5% "Bourns"	4	
R35	RES-1205-10 k0m ±5% "Bourns"	1	
R36	RES-1205-1 k0m ±5% "Bourns"	1	
R37	RES-1205-10 k0m ±5% "Bourns"	1	
R38	RES-1205-1 k0m ±5% "Bourns"	1	
R39,R40	RES-1205-330 0m ±5% "Bourns"	2	
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис
			Дата
ШЧВ 2.899.001 ПЕ			
Арк.			
2			

[illegible]



Таблиця отворів1

Позначення отвору	Діаметру отвору	Діаметр конт. площадки	Наявність металізації	Кількість отворів
●	0,9	1,6	з метал.	61
○	1,1	2	з метал.	16

1. Розмір для довідок
2. Плата повинна відповідати вимогам ДСТУ EN 61188, група жорсткості 2, клас точності 3 ДСТУ EN 61188, крок координатної сітки 2.5мм.
3. Плату виконати комбінованим позитивним способом.
4. Конфігурація друкованих провідників згідно креслення.
5. Параметри отворів див. таблицю 1.
6. Таврувати штамп ВТК, маркувати заводський номер фарбою маркувальною ТУМС-01 чорною, У1.ТУ29-02-890-88 шрифт 2,5-ПрЗ ДСТУ 26.020-80.

					ШУВ 7.103.001			
					Друкована плата	Літ.	Вага	Масштаб
Змн. Лист	№ докум.	Підпис	Дата					1:1
Розроб.	Шилінська У.В.							
Перевір.	Дедів І.Ю.					Арк	Аркушів	1
Реценз.	Дозорська О.Ф.				СФ1-35-15	ТНТУ ім. І. Пулюя		
Н.контр.	Хвостівська				ДСТУ ІЕС 61249-2-7			
Затверд.	Дунець В.І.					РАС-41		
					Копіював	Формат А3		

[illegible]

			Позначення	Назва	Кіл.	Примітки
		26		RES-1205-1 kOm ±5% "Bourns"	7	R4,R5,R8 R9,R15 R36,38
		27		RES-1205-4.7 kOm ±5% "Bourns"	6	R6,R7 R18,R19 R21,R22
		28		RES-1205-10 kOm ±5% "Bourns"	12	R3,R10-R13 R16,R17 R20,R24 R28,R35,R37
		29		RES-1205- 100 кOm ±5% "Bourns"	2	R26,R27
				<u>Кнопки</u>		
		30		TTS5 (TS-1252) "TTS"	1	SA1
				<u>Діоди</u>		
		31		1N4007 M7 1000V 1A "DC COMPONENTS"	2	VD2, VD3
		32		SS14 "Taiwan Semiconductor Company, Ltd"	1	VD1
				<u>Транзистори</u>		
		33		S8050 "Diode Semiconductor Korea"	1	VT1
		34		S8550 "Diode Semiconductor Korea"	2	VT2, VT3
				<u>Роз'єми</u>		
		35		1X2.54-3P	2	XP1, XP2
		36		USB type-c "LeTV"	1	XS1
				<u>Кварцовий резонатор</u>		
		37		XT49M 16MHz "Vishay"	2	ZQ1,ZQ2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ШЧВ 2.899.001

Арк
3