

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

НУБІП України

УДК 004.78:004.056.53

НУБІП України

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету

Інформаційних технологій

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

Глазунова О.Г., д.пед.н. проф.

Сагун А.В., к.т.н., доц.

підпис ПІБ, вчене звання і ступінь

підпис ПІБ, вчене звання і ступінь

НУБІП України

« » 2022 р.

« » 2022 р.

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

На тему: «Дослідження системи контролю мікроклімату теплиці з використанням мобільного додатку»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма Комп'ютерні системи та мережі

Орієнтація освітньої програми

НУБІП України

Керівник дипломного проекту:

Сагун А.В.

підпис

ПІБ

Виконав:

Ткаченко О.В.

підпис

ПІБ

НУБІП України

НУБІП України

КИЇВ-2022

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
завідувач кафедри
комп'ютерних систем, мереж та кібербезпеки

_____ / Сагун А.В., к.т.н., доц. /
підпис ПІБ, вчене звання і ступінь
« 00 » _____ 20__ р.

НУБІП України

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Ткаченко Олександр Валдимович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність (напрямок підготовки): комп'ютерна інженерія

Освітня програма: комп'ютерні системи та мережі

Орієнтація освітньої програми: _____

Тема магістерської роботи: «Дослідження системи контролю мікроклімату теплиці з використанням мобільного додатку»

затверджена наказом ректора НУБіП України від "18" жовтня 2021 р. № 1757 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру: 17 листопада 2022 р.

Вихідні дані до магістерської роботи: програмна частина на мові програмування C++,

можливість з'єднання з мобільним додатком, бібліотека Arduino, мікроконтролер

ATmega8535

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналітичний огляд
2. Проектування системи
3. Розробка програмного забезпечення для мікроконтролерів

Перелік графічного матеріалу (за потреби): _____

Дата видачі завдання " 18 " жовтня 2022 р.

Керівник магістерської роботи

Сагун А.В., к.т.н., доцент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Ткаченко О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

НУБІП України

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Постановка задачі магістерської роботи	18.10.2021	Виконано
2	Аналіз предметної області	12.07.2022	Виконано
3	Проектування системи	23.08.2022	Виконано
4	Реалізація системи	15.10.2022	Виконано
5	Тестування системи	30.10.2022	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	01.11.2022	Виконано
7	Оформлення графічного матеріалу	01.11.2022	Виконано

Студент

_____ Ткаченко О.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник проекту (роботи)

_____ Сагун А.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Пояснювальна записка: 74 сторінки, 43 рисунки, 14 таблиць, 17

джерел.

НУБІП України

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА, ТЕПЛИЦЯ, ARDUINO IDE, ATMEGA,
МІКРОКЛІМАТ, ДОДАТОК, МІКРОКОНТРОЛЕР.

Об'єкт розробки – система контролю мікроклімату теплиці.

Мета роботи – побудова системи, яка веде контроль мікроклімату теплиці та використовує мобільний додаток в якості допоміжного пристрою.

НУБІП України

Предмет – процес дослідження систем контролю мікроклімату теплиць з використанням додатку до телефону.

Проект складається з чотирьох розділів.

НУБІП України

Перший розділ присвячено аналізу предметної області. Проведено огляд об'єкту та схожих до нього систем, актуальність теми.

У другому розділі розкриті питання щодо проектування системи, а саме аналіз та моделювання системи, підбір компонентів. Розробка структурної схеми

Третій розділ присвячено розробці програмного забезпечення системи.

Четвертий розділ присвячений тестуванню системи.

НУБІП України

В результаті виконання дипломної роботи проведено аналіз, моделювання та дослідження системи теплиці, підключений додаток для телефону що допомагає контролювати систему.

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
<u>1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ</u>	6
<u>1.1 Актуальність контролю мікроклімату теплиць.....</u>	6
<u>1.2 Принципи побудови систем контролю мікроклімату теплиці</u>	10
<u>1.3 Огляд існуючих систем-аналогів.....</u>	14
<u>2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ</u>	21
<u>2.1 Розробка структурної схеми.....</u>	21
<u>2.2 Алгоритм роботи системи.....</u>	23
<u>2.3 Вибір та обґрунтування елементів системи</u>	25
<u>2.4 Функціональна схема системи контролю мікроклімату теплиці.....</u>	48
<u>3 ОСОБЛИВОСТІ НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОДАТКУ ДЛЯ ТЕЛЕФОНУ</u>	50
<u>4 ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОДАТКУ ДЛЯ ТЕЛЕФОНУ.....</u>	61
<u>4.1 Вихідні дані для тестування.....</u>	61
<u>4.2 Тестування та аналіз отриманих результатів</u>	62
<u>ВИСНОВКИ.....</u>	71
<u>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....</u>	73

ВСТУП

НУБІП України

Актуальність теми. В даний час широко використовуються різні установки для вирощування рослин, в тому числі і теплиці. Такого роду установки є «щитом» між природою і тим, що вирощується, і, таким чином, дозволяють

НУБІП України

продовжити вегетаційний період, а також, можливо, покращити його. Вони забезпечують укриття від надлишкового холоду чи спеки, і навіть шкідників.

Установки для вирощування рослин можуть допомогти збільшити зростання рослин та виробництва, а також дозволяють вирощувати рослини, які зазвичай не виживають у певному кліматі.

НУБІП України

Рослинам потрібне світло, тепла температура, повітря, вода та поживні речовини, щоб вижити та рости. Різні рослини висувають різні вимоги до кожної з цих потреб. Теплиці працюють, забезпечуючи ці вимоги до рослин. Крім того, різні установки дозволяють вирощувати рослини і в лабораторних умовах.

НУБІП України

Будь-яка установка вирощування рослин є складною нелінійною системою, яка забезпечує рослинам відповідні умови довкілля для вирощування. Оптимальний мікроклімат у теплиці дуже важливий, і його не так просто досягти.

НУБІП України

Проблема управління мікрокліматом у всіх установках вирощування рослин, в тому числі і у теплицях, полягає у створенні сприятливих умов для вирощування культур з метою досягнення наперед визначених результатів щодо високої врожайності, високої якості та низьких витрат.

НУБІП України

Перевагами керування мікрокліматом та його віддаленого контролю для теплиць є:

- зниження різноманітних ризиків;
- підвищення зростання, врожайності та якості рослин;
- точний контроль кліматичних параметрів;
- зменшення витрат.

НУБІП України

Все вищенаведене доводить актуальність застосування та дослідження систем контролю мікроклімату теплиць.

Метою написання магістерської дисертації є дослідження систем контролю мікроклімату теплиць з використанням додатку до телефону.

При написанні роботи були поставлені наступні задачі:

1. Виконати огляд літератури з теми дослідження. Навести аналіз існуючих систем контролю мікроклімату теплиць.

2. Розробити систему контролю мікроклімату теплиць.

3. Дослідити особливості налаштування системи контролю мікроклімату теплиць з використанням додатку для телефону.

4. Виконати тестування системи контролю мікроклімату теплиць з використанням додатку для телефону.

Об'єктом дослідження магістерської дисертації є процес дослідження систем контролю мікроклімату теплиць з використанням додатку до телефону.

Предметом дослідження є система контролю мікроклімату теплиць.

При написанні роботи були використані наступні методи дослідження:

1. Метод аналізу.

2. Метод порівняння.

3. Метод дослідження.

4. Метод проектування.

ПОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ

1.1 Актуальність контролю мікроклімату теплиць

В межах даного розділу магістерської дисертації розглянемо існуючі системи контролю мікроклімату теплиці та покажемо актуальність контролю мікроклімату теплиць.

В роботі під теплицею будемо розуміти закриту конструкцію, яка забезпечує рослини оптимально контрольованим середовищем для регулювання умов росту рослин, зниження собівартості продукції і збільшення доходів від урожаю [1,2].

Навколишнє середовище в теплиці може бути покращене за рахунок додавання систем опалення, вентиляції та подачі CO₂, щоб забезпечити найкращі умови довкілля. В багатьох теплицях використовується традиційний контроль, але ця стратегія контролю може не підходити для забезпечення бажаної продуктивності [3].

Насправді, теплиця - це сонячний колектор повітря. Він може працювати у пасивному чи активному режимі.

Варто зазначити, що опалення теплиць може здійснюватися з використанням різних систем та джерел енергії, таких як викопне паливо та геотермальна енергія. Системи опалення, що використовують викопне паливо, можуть мати низьку початкову вартість, але їх експлуатаційні витрати високі, а також вони забруднюють довкілля.

З іншого боку, геотермальні системи опалення можуть мати високі початкові витрати, але низькі експлуатаційні витрати та не забруднювати довкілля, що робить ці системи дуже привабливими для користувачів.

Теплиці контролюють природні параметри двома різними способами; або через ручне втручання, або через систему управління. Тим не менш, оскільки

ручне керування має перешкоди, наприклад, виробничі втрати, витрати на робочу силу та втрати енергії; тому ці методи менш успішні.

Приклад зовнішнього вигляду теплиці для вирощування рослин представлений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Приклад зовнішнього вигляду теплиці для вирощування рослин

Окрім цього широко починають розповсюджуватися вертикальні установки.

Вертикальне розташування має наступні переваги:

- економія простору;
- багатифункціональність;
- зручність в експлуатації. Вертикальні конструкції легко чистити, прохід до рослин завжди доступний.

Приклад зовнішнього вигляду вертикальної теплиці представлений на рисунку 1.2.

НУБІП України



Рисунок 2.2 – Приклад зовнішнього вигляду вертикальної теплиці

Проблема управління мікрокліматом полягає у створенні сприятливих умов для вирощування рослин з метою досягнення наперед визначених результатів щодо високої врожайності, високої якості та низьких витрат.

Динамічна поведінка клімату являє собою комбінацію фізичних процесів, пов'язаних з перенесенням енергії (випромінювання та тепло) та масовим балансом (потоки водяної пари та CO_2 концентрація). На ці процеси впливають умови навколишнього середовища на виході, конструкція теплиці, тип та стан рослини, а також дія виконавчих механізмів керування на основі попередньо заданих уставок.

Також такі процеси мають сильний взаємозв'язок між собою, тому що добове регулювання температури здійснюється за рахунок конвективного повітряного обміну зовні та всередині.

У поєднанні з CO_2 , що поглинається культурою під час фотосинтезу, визначається концентрація CO_2 у теплиці. Коли швидкість фотосинтезу вища, концентрація CO_2 падає нижче атмосферного, викликаючи дефіцит зростання, який збільшується, коли культура досягає свого максимального розвитку. Крім того, швидкість фотосинтезу опосередковано впливає на вміст вологи, тому що,

коли продири листя відкриваються для захоплення CO_2 , рослина виділяє водяну пару в процесі транспірації, збільшуючи вологість усередині теплиці. Ці випущені пари можуть бути зменшені вентиляцією.

Клімат в теплицях залежить від різних факторів усередині приміщення [3].

Інтенсивність світла, температура, вологість у теплиці, концентрація CO_2 та автоматизація процесів є важливими компонентами, коли йдеться про контроль клімату з метою оптимального росту рослин.

Якщо ці фактори оптимально узгоджені один з одним, то установка для вирощування рослин (теплиця) буде максимально ефективною. Правильний клімат також запобігає хворобам та пошкодженню врожаю.

Автоматизація теплиць дозволяє оптимально керувати підсистемами контролю мікроклімату [4].

Крім цього, особливо актуальними є системи керування мікрокліматом для далеких регіонів.

Так, на сучасних агрофермах та промислових теплицях стає все більш поширеною технологія вирощування та підтримки необхідних умов навколишнього середовища, що передбачає інтеграцію системи автоматизованого управління та регулювання параметрів для рослинних культур.

Такі системи значно оптимізують промислові ресурси, роблячи роботу людини фізично не затратною, так як більшість операцій контролюються ним як оператором, крім обслуговування кожної з культур вручну.

Такий підхід дозволяє впливати на якість життя рослин, підтримуючи його на належному рівні, що є особливо актуальним для масштабних тепличних комплексів.

Також очевидні переваги систем контролю мікроклімату в середовищах, де необхідні умови існування рослин у принципі забезпечити природними умовами неможливо [5].

Все перелічене вище говорить про актуальність контролю та мікроклімату теплиць.

НУБІП України

1.2 Принципи побудови систем контролю мікроклімату теплиці

В нинішній час застосовується різне обладнання для автоматизації теплиць, таке як комп'ютерне програмне забезпечення та датчики. Дане обладнання підключається та використовується для збору даних у теплиці. Окрім цього, інноваційна технологія IoT також застосовується та використовує численні датчики, підключені до центрального комп'ютера керування мікрокліматом у теплиці. Сенсорна система теплиці має елементи, які відстежують та контролюють температуру, вологість, електричну провідність, рН, вуглекислий газ, затінення та можуть зчитувати зовнішні погодні умови за допомогою метеостанції.

Зібрана інформація допомагає контролювати не лише конкретні елементи внутрішнього середовища вирощування, а й економить час, енергію та трудовитрати.

Параметри вирощування найчастіше налаштовуються у програмному забезпеченні для автоматизації теплиць та спрацьовують, коли певні параметри досягають певного рівня. Під час жаркого клімату можна обприскувати або розпорошувати воду всередині теплиці, щоб знизити температуру всередині теплиці за допомогою автоматизації. Також деякі розробники пропонують скористатися системою туманоутворення, щоб переміщувати тепло за допомогою випаровування води за допомогою тонкого розпилення.

Коли в зимові місяці спостерігається перепад температур, можна використовувати прості ручні методи для обігріву теплиці.

Існують інші ручні методи, але користувачі, які хочуть максимально використовувати сучасні технології, воліють інтегрувати систему клімат-контролю. Це допоможе сезонним культурам рости протягом усього року. Система клімат-контролю автоматизує теплицю для досягнення бажаної

температури відповідно до вимог процесу вирощування ваших культур. Система контролює та обробляє вологість, затінення, заповнення та багато іншого. Це досягається за допомогою датчиків в режимі реального часу, які обмінюються даними в теплиці, наприклад, через бездротову мережу Wi-Fi або через мережу mesh-мережі.

Датчик - це компонент системи контролю, який вимірює деякі хімічні або фізичні характеристики і перетворює результати в електричний сигнал, який збирає головний комп'ютер автоматизації, після чого ці дані можуть бути легко прочитані та інтерпретовані гровером. Автоматизація може спростити вирощування завдяки певній кількості датчиків.

Приклади датчиків для вимірювання рН наведені на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Приклад датчиків для вимірювання рН

Наприклад, якщо рівень рН води стане занадто високим, програмне забезпечення подасть сигнал тривоги. В принципах побудови мікроклімату теплиць, які наведені в [6], всі дані та елементи керування стають централізованими, що спрощує такі завдання, як моніторинг та введення даних користувачем.

Окрім цього, деякі розробники застосовують зовнішні метеостанції. Приклад зовнішньої метеостанції наведений на рисунку 1.4.



Рисунок 1.4 – Приклад зовнішньої метеостанції

Температура у теплиці підвищується під інтенсивним сонячним світлом. Це підвищення називається «сонячним посиленням». Щоб потрапити в теплицю, світло має пройти через скло або пластик теплиці, при цьому світло втрачає частину своєї енергії, яка перетворюється на тепло. Без системи охолодження температура та вологість у теплиці можуть досягати $+45^{\circ}\text{C}$. Успішно оптимізувати довілля в теплиці означає протидіяти несприятливому впливу довілля за допомогою належного контролю та автоматизації теплиці, щоб підтримувати оптимальні рівні температури та вологості для здоров'я та зростання сільськогосподарських культур. Саме тому деякі розробники застосовують системи охолодження теплиць.

Окрім цього деякі розробники застосовують вентилятори для теплиць. Приклад вентиляторів наведений на рисунку 1.5.



Рисунок 1.5 – Приклад вентилятору для теплиці

Також деякі розробники застосовують бездротові датчики, які вимірюють та виявляють вологість ґрунту, щоб ініціювати зрошення культур.

Можна використовувати такі датчики для вимірювання температури, електропровідності та вмісту води (вологості) прямо в середовищі вирощування.

Це велика загальна перевага, що дозволяє вимірювати та бачити, що відбувається на кореновому рівні культури, та вносити будь-які корективи в режимі реального часу для кращого контролю зрошення.

Деякі розробники застосовують багатоступінчасті програми нагріву.

При багатоступінчастому обігріві можна підвищувати температуру в теплиці кількома джерелами тепла та поетапно.

Назва "ступінчастий" контролер походить від можливості ступінчастого регулювання нагріву в кілька ступенів. Ступінчасті контролери забезпечують дві переваги базового контролю температури: автоматична послідовність операцій та дистанційний вимір та моніторинг.

Одноступінчастий регулятор замінює кілька термостатів.

В елементах керування ступенями використовується один сенсорний елемент для керування функціями нагрівання та охолодження у тепличній зоні.

Цей датчик може бути розташований серед рослин, у той час як контролер може бути розташований більш зручно та безпечно за межами рослинного середовища, щоб користувач міг контролювати та змінювати вхідні тригерні значення.

Ці контролери ділять дії опалювального та охолоджуючого обладнання теплиці на етапи, які називаються послідовністю операцій.

Типовим прикладом може бути наступна шестиступінчаста система контролю температури.

Половина тепловентиляторів вмикається при встановленій температурі 16 градусів за Цельсієм, а якщо вони не можуть забезпечити необхідне тепло, інші нагрівачі включаються при температурі 14 градусів за Цельсієм.

НУБІП України

1.3 Огляд існуючих систем-аналогів

Розглянемо існуючі рішення для систем керування мікрокліматом для теплиць.

Для невеликих теплиць системи керування мікрокліматом розробляє компанія BiOrbAIR. BiOrbAIR - це повністю автоматизована теплиця, яка створює ідеальний мікроклімат для вирощування рослин. Цей мікроклімат відтворює природні умови [7].

BiOrbAIR використовує оброблений, стерилізований кокосовий компост як середовище для вирощування коріння рослин. Компост із кокосового волокна поміщають поверх капілярного мату, через який до компоста надходить вода з невеликого резервуару для води в основі. Капілярна дія запобігає вимоканню та загниванню коренів рослин.

Природне денне світло не потрібне, тому що освітлення організоване у вигляді масиву з шести світлодіодів у верхній частині сфери.

Це забезпечує ідеальний світловий потік, що стимулює природне зростання і запобігає нахилу рослин до одного джерела світла.

Щоб запобігти застою та конденсації всередині BiOrbAIR, вентилятор, що постійно працює, проганяє повітря через змінний вугільний фільтр. Свіже повітря регулярно подається як частина процесу циркуляції.

Для підтримки вологості у мікрокліматі вода додається за допомогою ультразвукового розпилувача, встановленого у верхньому резервуарі для води.

Створюється «вихрова» водяна пара, якщо вологість падає нижче заданого значення відносної вологості 75%.

Недоліком системи є висока вартість матеріалів.

У роботі [8] представлено розробку автоматизованої теплиці SerreMatic. SerreMatic має всілякі датчики, які стежать за погодою, наприклад, за

температурою та рівнем освітленості. Є також датчики вологості, які контролюють вологість ґрунту і в поєднанні з системою зрошення дають рослинам воду, коли вони її потребують.

Датчики температури контролюють температуру всередині та зовні теплиці. Коли температура в теплиці стає надто високою, вмикається вентилятор і відкривається люк у стелі, щоб знизити температуру до прийняттого рівня.

Коли на вулиці стає темно, активується світлодіодна стрічка у верхній частині даху. Це дає можливість бачити вночі і дає рослинам більше світла, щоб вони могли рости швидше [8].

Плата адаптера системи керування мікрокліматом такої теплиці представлений на рисунку 1.6.

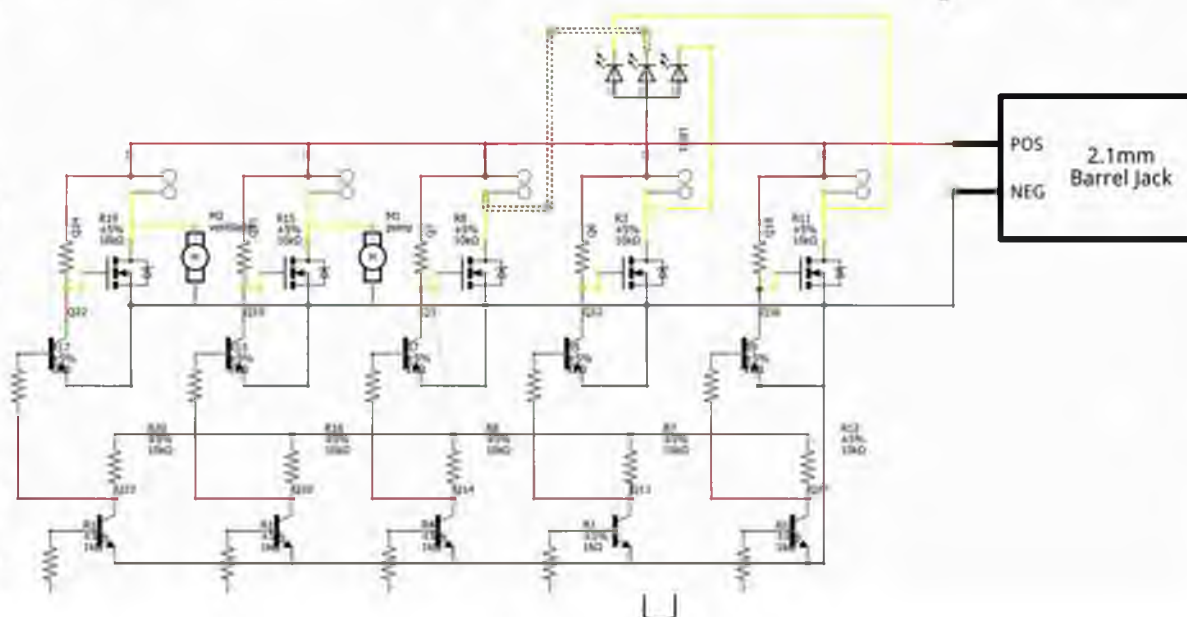


Рисунок 1.6 – Плата адаптера системи керування мікрокліматом теплиці

Параметри мікроклімату та структура системи управління представлена на рисунку 1.7 [8].

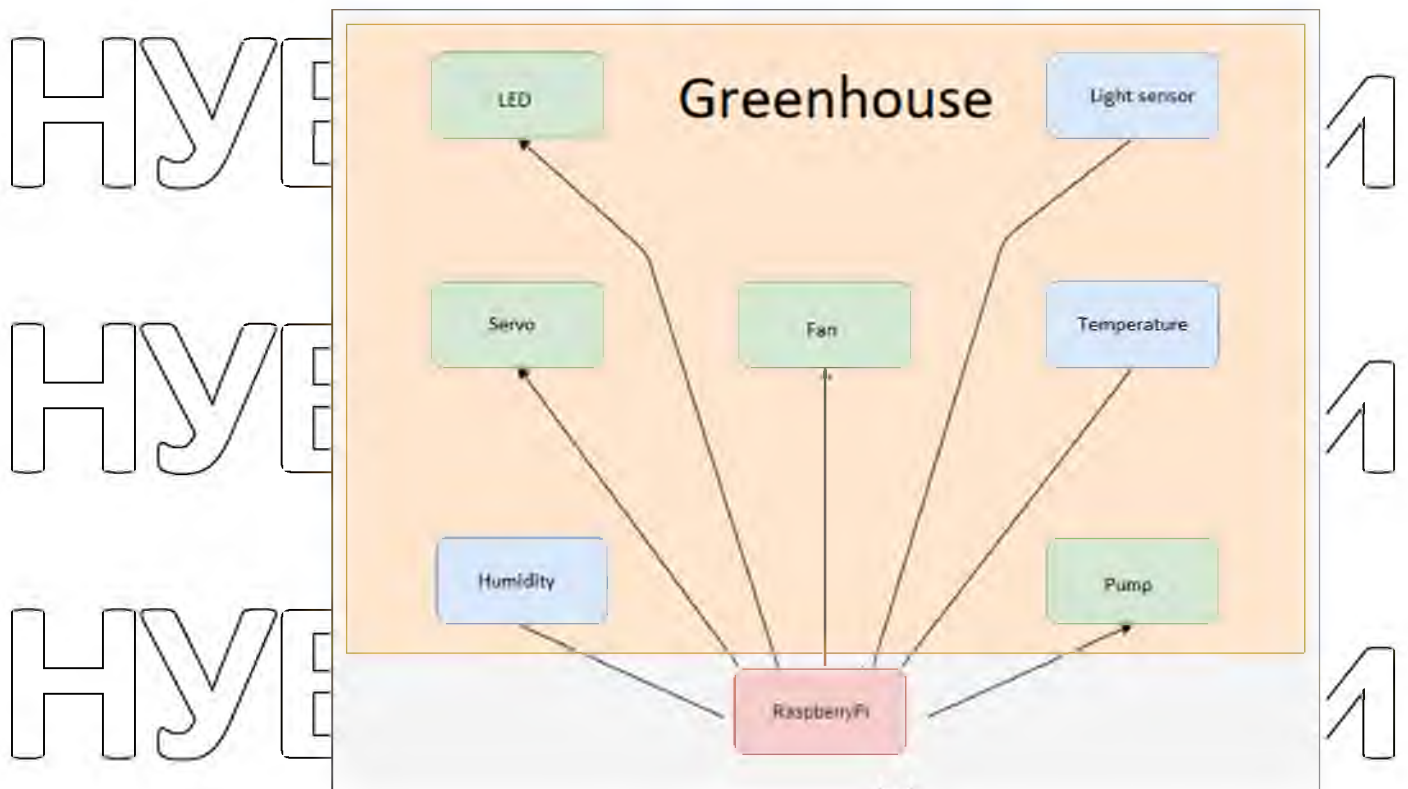


Рисунок 1.7 – Параметри мікроклімату та структура системи керування

мікрокліматом теплиці [8]

Насос, вентилятор та світлодіод працюють від 12 В постійного струму, тому у схемі був використаний перемикач MOSFET.

Недоліки запропонованої системи: висока вартість витратних матеріалів, великий час перехідного процесу, високий час перерегулювання, висока похибка вимірювань.

У роботі [9] вказується, що клімат в теплиці регулюється за допомогою вентиляції та обігріву (для зміни температури та вологості в приміщенні), затінення та штучного освітлення (для зміни внутрішнього випромінювання), подачі CO₂ (для впливу на фотосинтез) та процесу обприскування.

Контрольовані параметри наведено на рисунку 1.8.

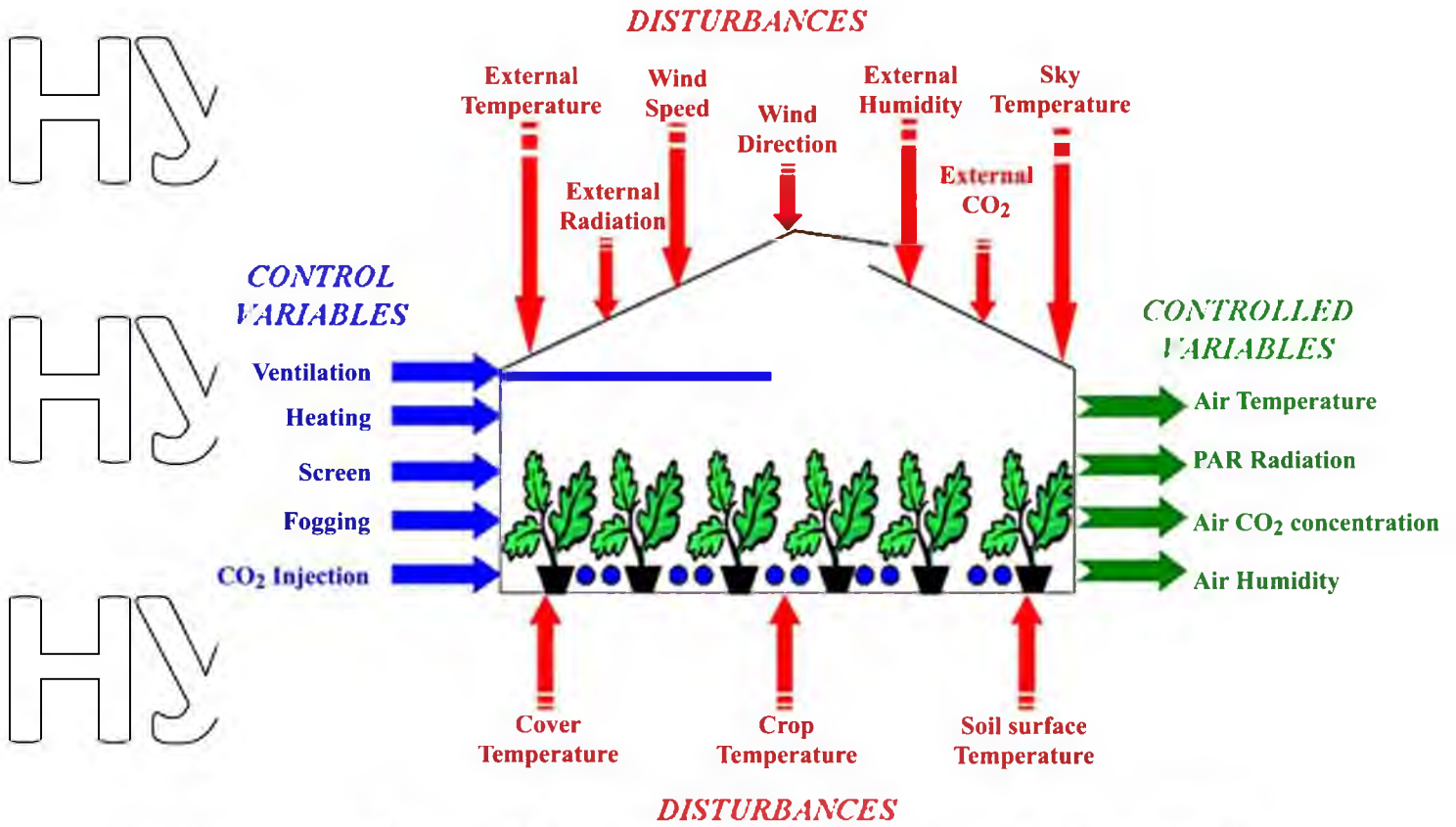


Рисунок 1.8 – Контрольовані параметри мікроклімату [9]

У цій ж роботі [9] представлена система керуванням, яка ґрунтується на використанні Байєсівської мережі.

Структурна схема системи управління представлена на рисунку 1.9.

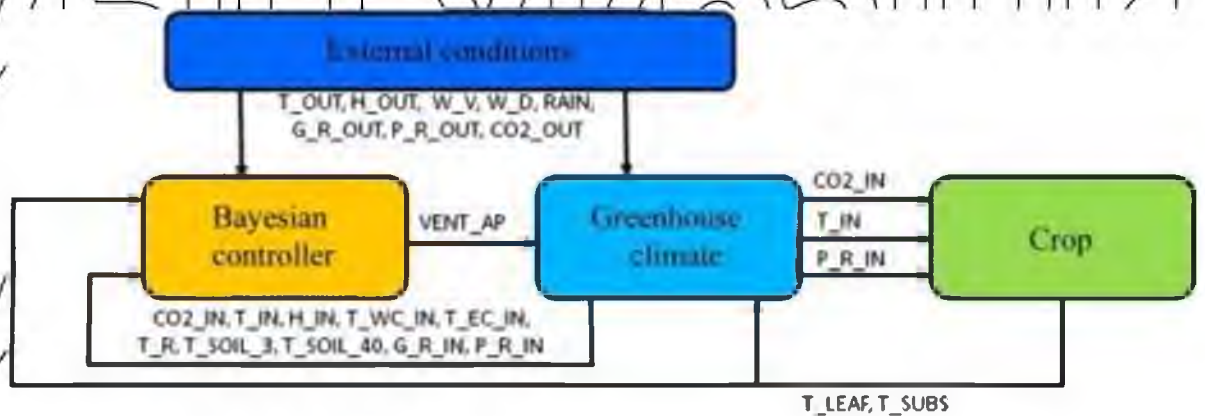


Рисунок 1.9 – Структурна схема системи керування мікрокліматом [9]

Байєсівську мережу в даному випадку можна використовувати як предиктор, просто розглядаючи одну зі змінних як клас, а інші параметри - як передбачуочі змінні (характеристики або ознаки, що описують об'єкт, який необхідно класифікувати). Апостеріорна ймовірність класу обчислюється з урахуванням характеристик, що спостерігаються. Значенням, наданим класу, є значення, що досягає найвищого значення апостеріорної ймовірності.

Модель забезпечує більше переваг з погляду підтримки прийняття рішень, ніж традиційні предиктори, тому що вона може виконувати потужний аналіз проблеми «що, якщо». Усі змінні в мережі дискретні і кінцеві, тому початкові значення набору даних було дискретизовано [9].

Ініціалізація моделі теплиці у роботі [9] виконувалася за допомогою контролера, реалізованого у програмі Matlab. Цей симулятор дозволяє модифікувати продуктивність систем або використовувати її для різних конструкцій теплиць, регулюючи відповідні параметри, які автоматично оновлюють блоки моделі Simulink.

Поведінку контролера було перевірено у симуляції, представленій у роботі [9] з використанням реальних даних за 33 дні.

Результати моделювання такої системи управління представлені на рисунку 1.10.

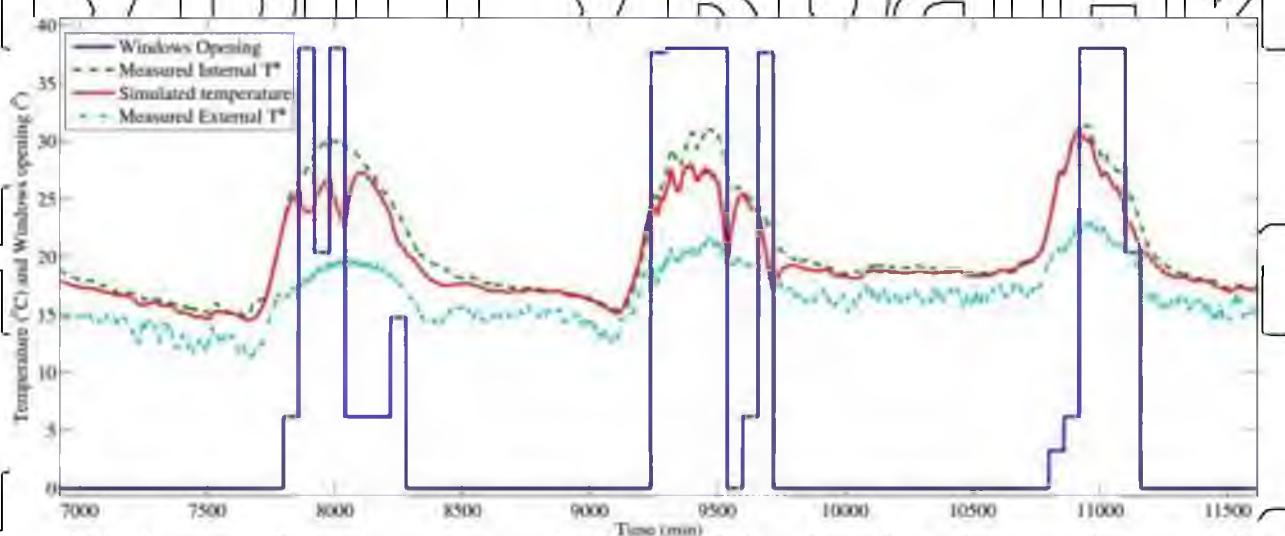


Рисунок 1.10 – Результати моделювання, представлені у роботі [9]

Можна відзначити, що регулювання температури, отримане за допомогою байєсівського контролера (безперервна лінія червоного кольору), переважно знаходиться нижче, ніж регулювання, отримане за допомогою традиційного контролера (переривчаста лінія зеленого кольору).

Це пов'язане з тим, що байєсівський контролер навчався за різними сценаріями, включаючи як автоматичні дії управління, так і ручні дії, виконувані виробниками.

Більше того, якість навчальної вибірки визначає продуктивність байєсівської мережі. У теплиці, яка використовувалася для дослідів, система вентиляції занадто мала, тому вентиляційні отвори схильні до перенасичення залежно від попередньо визначених уставок.

Недоліки запропонованої системи: невисока точність регулювання.

Розроблена автоматизована система керування мікрокліматом теплиці підтримує заданий режим роботи з максимально ефективним використанням енергоресурсів.

Вирощування рослин у пропонованій теплиці здійснюється без безпосередньої участі людини, з можливістю вибору програми вирощування із розробленої готової бази.

Пропонована система керування мікрокліматом теплиці в роботі [9] масштабована. Вона може бути встановлена як у кімнатній теплиці, так і промисловій.

Всі фірми-виробники намагаються розробляти системи керування, які підтримують заданий режим роботи з максимально ефективним використанням енергоресурсів.

В результаті проведеного огляду можна встановити, що на цей час розроблено безліч систем керування і контролю мікрокліматом для теплиць.

Однак у ході аналізу можна встановити, що багатьом системам управління і контролю притаманні такі недоліки:

- недостатня кількість контрольованих параметрів;

- висока вартість;
- велика похибка вимірювань.

У рамках виконання роботи буде запропоновано розробку адаптивної системи керування мікрокліматом теплиці, яка буде позбавлена вищезазначених недоліків.

Проектування системи контролю та вибір основного обладнання для її реалізації буде представлено у наступному розділі роботи.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ

2.1 Розробка структурної схеми

Для розробки структурної схеми системи контролю мікроклімату теплиці, коротко опишемо функції, які повинна виконувати система, що розробляється:

- початковий запуск системи;
- вибір необхідного для підтримки типу мікроклімату;
- прийом даних з датчиків і обробка цих даних відповідно до алгоритму;
- виведення поточних параметрів мікроклімату середовища;
- формування вихідних сигналів для запуску виконавчих пристроїв провітрювання/нагріву, зволоження.

Виходячи з вимог технічного завдання та функцій, які повинна виконувати система, що розробляється, можна виділити основні модулі, з яких повинна складатися обчислювальна система.

Датчики є невід'ємною частиною системи, вони використовуються для того, щоб система могла в реальному часі реагувати на зміни зовнішніх параметрів по заздалегідь розробленому алгоритму.

В даний час на ринку представлена велика різноманітність різних типів датчиків, деякі з них є вузькоспеціалізованими.

Так як проєктована система є невеликою та буде використовуватися в невеликих приміщеннях, тому обмежимося одним датчиком температури і одним - вологості.

Однак при виборі пристрою управління слід врахувати можливість підключення додаткових датчиків з метою уточнення даних або з метою збільшення функціональних можливостей.

Пристрій керування є головною частиною системи, він необхідний для збору і обробки інформації, що надходить з системи датчиків, вироблення керуючих сигналів для виконавчих пристроїв, а також виведення інформації на пристрій індикації.

Пульт управління та пристрій візуальної індикації необхідні для вибору типу мікроклімату, для візуального виведення поточної температури і вологості в приміщенні.

Відповідно до визначених вище функцій можна визначити загальну структуру системи, яка наведена на рисунку 2.1.

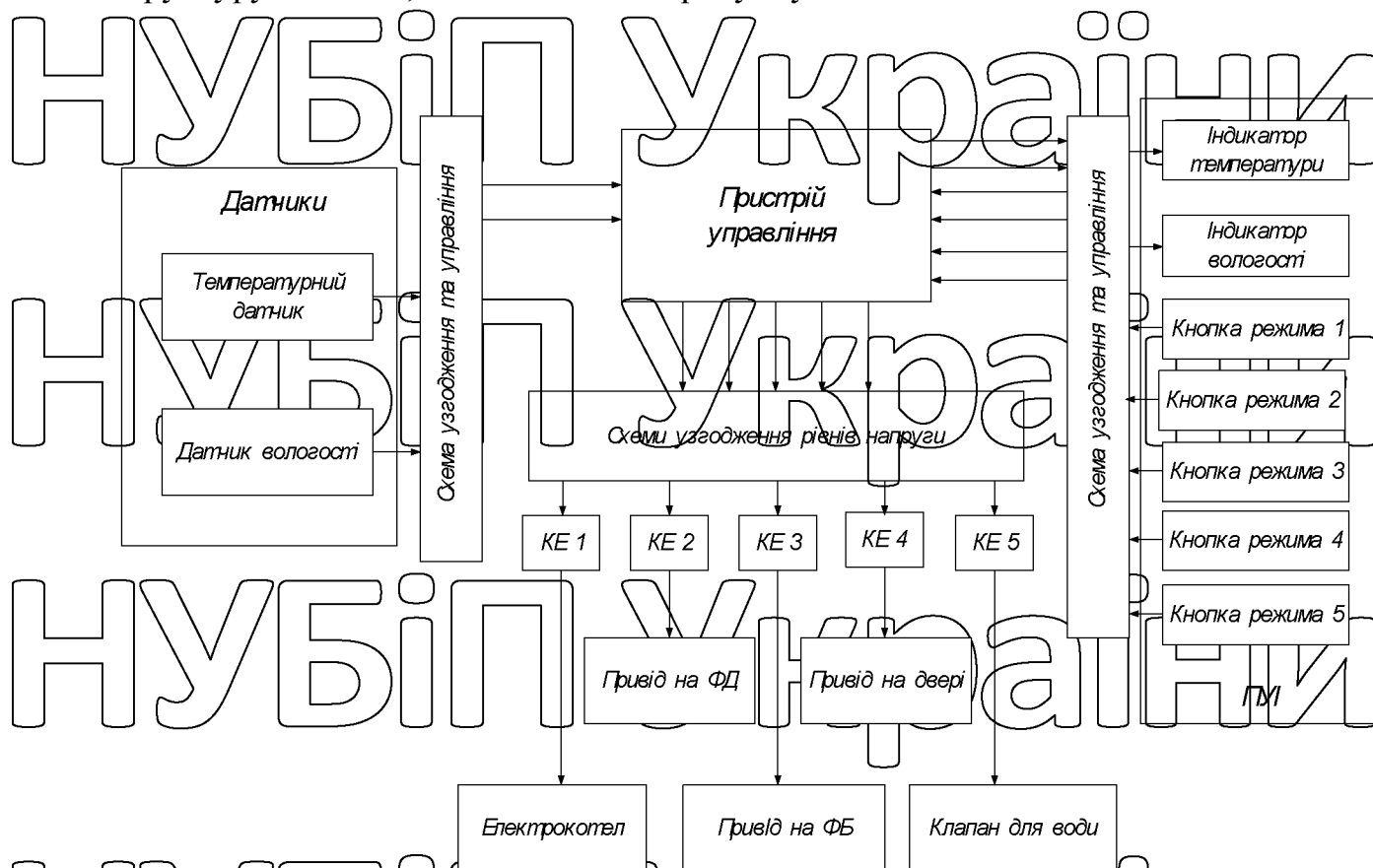


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи контролю мікроклімату теплиці:

КЕ – ключовий елемент; ФБ – фрамуга бокова; ФД – фрамуга в даху; ПУІ – пульт управління та індикації

Пристрій управління отримує від датчиків температури, вологості і кнопок управління дані, перетворює їх відповідно до алгоритму роботи і видає дані на індикатори для відображення температури і вологості, а також при необхідності сигнали на ключові елементи.

Ключові елементи дозволяють вмикати / вимикати виконавчі пристрої в тому порядку, в якому встановлено в алгоритмі.

2.2 Алгоритм роботи системи

Алгоритм роботи системи контролю мікроклімату теплиці наведений на рисунку 2.2.

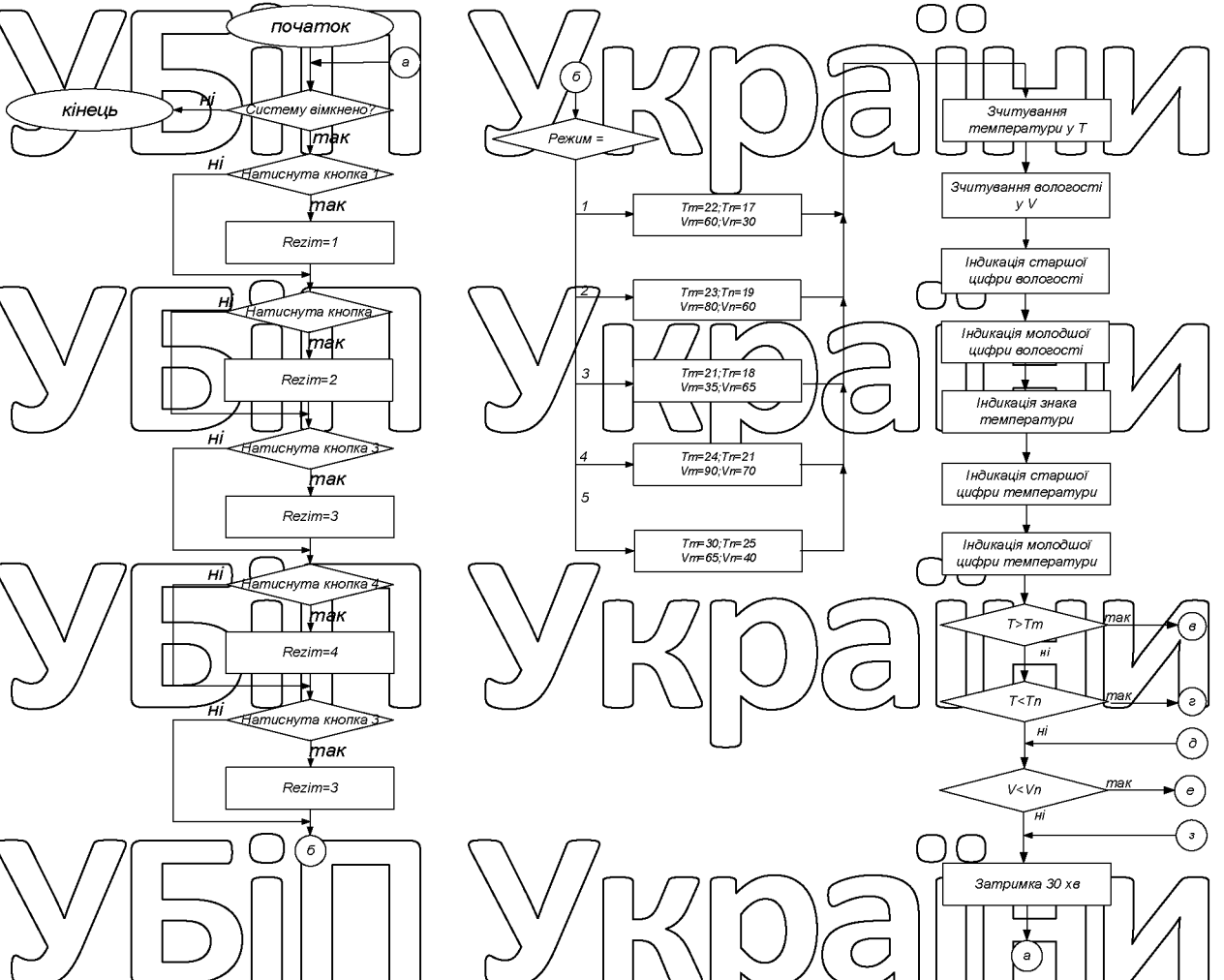


Рисунок 2.2 – Алгоритм роботи системи контролю мікроклімату теплиці (частина 1)



Рисунок 2.2 - Алгоритм роботи системи контролю мікроклімату теплиці (частина 1).

Даний алгоритм дозволяє встановлювати критичні параметри відповідно до обраного режиму, регулює температуру і вологість в приміщенні, враховуючи особливості умов праці.

2.3 Вибір та обґрунтування елементів системи

Спершу розглянемо вибір мікроконтролера.

Графічно математичну модель мікроконтролера проілюстровано на рисунку 2.3 [10]

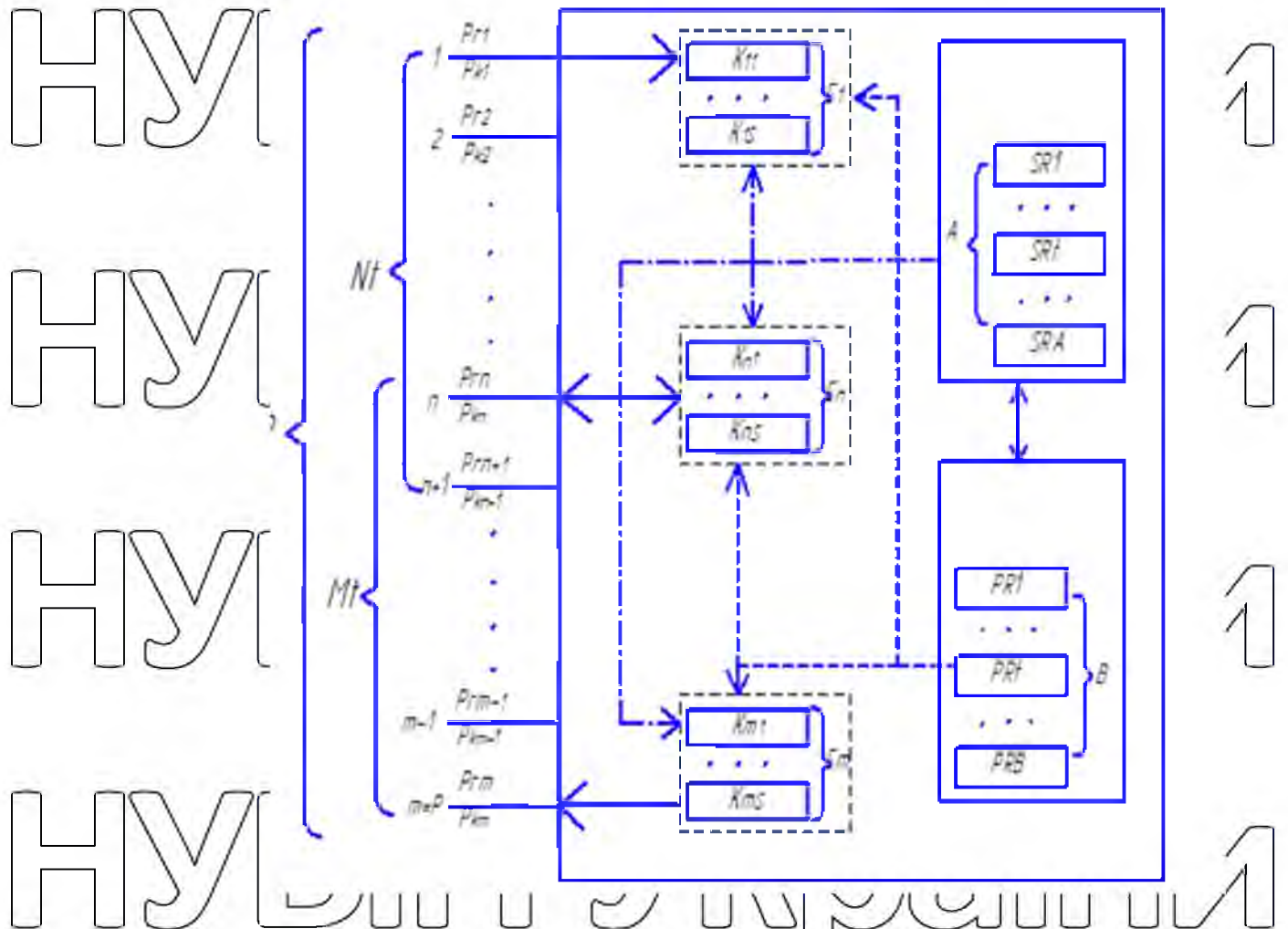


Рисунок 2.3 - Математична модель мікроконтролерів

Розглянемо деякі аналоги мікроконтролерів [11,12].

Мікроконтролери сімейства AVR, вироблені фірмою ATMEL, вважаються в даний час найбільш швидкодіючими серед восьмирозрядних мікроконтролерів, приблизно в чотири рази швидше за PIC-контролери.

Крім того, вони споживають зовсім небагато електроенергії і можуть працювати в чотирьох режимах економії енергії.

Мікроконтролери даного сімейства, як і мікроконтролери сімейства ARM,

засновані на RISC-архітектурі. Це універсальні за своїм функціоналом мікросхеми, які можуть виконувати різні операції, управляти якими-небудь пристроями і взаємодіяти між собою споживаючи зовсім мало енергії.

Під час виконання поточної операції одночасно виконується вибірка з пам'яті і дешифрування коду наступної команди.

В результаті цього безліч команд виконується за один такт.

Ще одна особливість AVR-мікроконтролерів – архітектура заснована на регістрах. Наявність 32 восьмибітних регістрів загального призначення дозволяє при вирішенні задач практично не звертатися до оперативної пам'яті і не використовувати стек.

Сімейство контролерів AVR включає в себе безліч мікроконтролерів різної конфігурації, з різним обсягом пам'яті, різною кількістю портів введення-виведення і з безліччю інших додаткових пристроїв. Вони випускаються в різних типах корпусів: PDIPc кількістю ніжок від 8 до 40, SOIC - з кількістю виводів від 8 до 20, корпусах TQFRілі MLF (до 64 виводів).

Дане сімейство поділяється ще на чотири «множини»: Classic, Tini, Mega і X Mega. Мікроконтролери сімейства Classic практично ніде не виробляються, проте все ще поширені, так як для них розроблена величезна кількість програм.

Контролери сімейства Classic вважаються найпростішими серед мікроконтролерів AVR, вони сумісні навіть з мікроконтролерами сімейства Mega. Це досягається спеціальним інсталяційний бітом, при програмуванні якого Mega-процесор функціонує як Classic. Сімейство Tini призначається для використання в найпростіших пристроях, проте частина мікроконтролерів даного сімейства не має способу програмування по послідовному інтерфейсу.

Сімейство X Mega орієнтоване на поліпшення продуктивності. Їх характеристики в кілька разів краще характеристик пристроїв інших сімейств.

Однак вони є занадто дорогими і використовуються в додатках з найбільш жорсткими вимогами [11].

До особливостей Mega-контролерів відносять:

- здатність самопрограмування;
- можливість синхронізації як від зовнішнього сигналу синхронізації, так і від вбудованого RC-генератора з внутрішнім або зовнішнім RC-ланцюжком або з зовнішнім резонатором;

- обсяг FLASH-пам'яті від 8 до 128 кБ;
- пам'ять даних на основі EEPROM;
- існує можливість встановити захист від читання і модифікації пам'яті програм і даних;

- кілька способів зниження енергоспоживання;
- багаторівнева система переривань;
- підтримка черги переривань.
- виводи можуть бути запрограмовані як вхідні, так і вихідні,

незалежно один від одного.

Крім мікропроцесора, портів введення-виведення і пам'яті дані мікроконтролери містять додаткові периферійні пристрої, що знаходяться також всередині мікросхеми. Це такі як:

- вбудовані таймери-лічильники - два 8-розрядних і два 16-розрядних;

- генератор сигналу з широтно-імпульсною модуляцією;
- аналоговий компаратор;
- сторожовий таймер WDT;

- послідовний двопровідний інтерфейс TWI;
- послідовний синхронний інтерфейс SPI;
- десятирозрядний аналогово-цифровий перетворювач;
- повнодуплексний універсальний асинхронний приймач (UART);

- повнодуплексний універсальний синхронний / асинхронний приймач (USART).

Наприклад, мікроконтролери сімейства MCS-51 розроблені компанією Intel. Вони з'явилися давно, проте до сьогоднішнього дня користуються величезною популярністю через свою простоту. Базовим мікроконтролером даного сімейства є i8051 з наступними характеристиками:

- восьмирозрядна шина даних;
- вбудований тактовий генератор;
- адресний простір пам'яті програм становить 64 кБ;
- адресний простір пам'яті даних становить 64 кБ;
- внутрішня пам'ять програм становить 4 кБ;
- внутрішня пам'ять даних становить 128 Б;
- можливості побітових операцій;
- тридцять дві двонаправлені лінії вводу-виводу;
- два 16-розрядних таймера-лічильника.

Останнім часом ширшого поширення набули також одноплатні комп'ютери Raspberry Pi і мікроконтролери сімейства Arduino.

Мікроконтролери можуть одночасно виконувати всього одну задачу і відмінно з цим справляються. А одноплатні комп'ютери виконують програми в рамках операційної системи (найчастіше Linux), мають більшу продуктивність і широкі мультимедійні можливості [13].

Незважаючи на меншу продуктивність, мікроконтролери не сильно поступаються, а в чомусь навіть перевершують одноплатні комп'ютери.

Великим плюсом мікроконтролерів є велика тривалість роботи від батарейок за рахунок меншого енергоспоживання, а також швидкість реакції, менша вартість. Недоліки - обмежений вибір мов програмування і неможливість роботи з відео. Саме для пристрою, що розробляється нами це не є критичним, так як функціоналу мови C цілком вистачить для вирішення поставленого завдання, а робота з відео або комп'ютерним зором в даному проекті не передбачена.

Розглянемо більш докладно мікроконтролер Arduino Uno. Процесор на 16 МГц, 32 КБ постійної і 2 КБ оперативної пам'яті, двадцять портів введення-виведення, шість аналогових входів, шість каналів ЦШМ, два апаратних переривання, що дозволяє вирішувати практично будь-які завдання по точному управлінню безліччю сенсорів і виконавчих пристроїв.

Плюсами даної плати є:

— велика кількість документації, уроків готових бібліотек, величезне співтовариство, робота з простим в освоєнні середовищем

Arduino IDE з мовами ArduinoC / C ++. Все це надає великий простір

для творчості і реалізації власних ідей;

— напруга в 5 В, яка є де-факто стандартом і колодки для установки плат розширення, аналогові входи, всьлякі апаратні

інтерфейси дозволяють підключити практично будь-яку периферію,

сенсори і виконавчі пристрої.

Розглянемо докладно Arduino Due, представлену на рисунку 2.4.

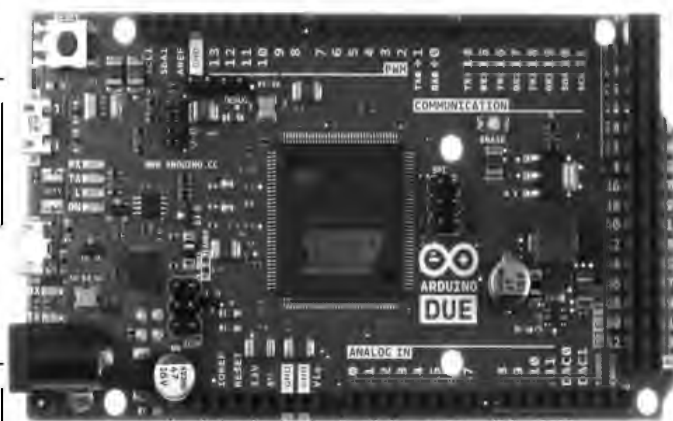


Рисунок 2.4 - Arduino Due

В основному застосовується в тих випадках, де Arduino Uno перестає справлятися.

Плюсами даної плати є:

– процесор на 84 МГц і 512 КБ пам'яті, 66 портів введення-виведення, з яких 12 можуть бути аналоговими входами, 12 підтримують ШІМ і всі 66 можуть бути налаштовані, як апаратні переривання;

– вбудований контролер шини CAN дозволяє створювати мережу з Dbc або взаємодіяти з автомобільною електронікою. Два канали ЦАП дозволяють синтезувати стереозвук з дозволом в 4,88 Гц

[14].

Однак, є недолік у вигляді напруги в розмірі 3,3В замість традиційних 5 В. Необхідно стежити, щоб обрана периферія підтримувала роботу з цим рівнем або ставити перетворювачі рівнів напруги.

Розглянемо Arduino Leonardo, представлену на рисунку 2.5.

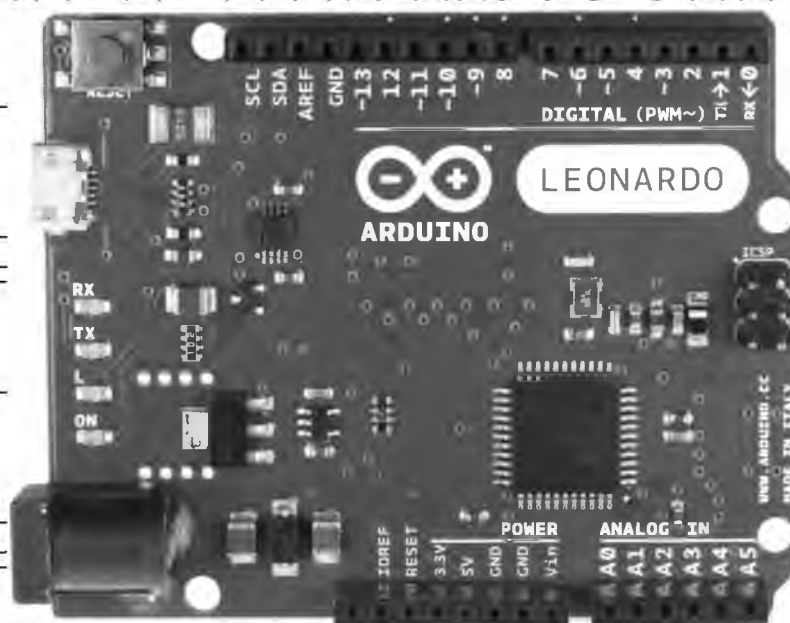


Рисунок 2.5 - Arduino Leonardo

Насправді це та ж ArduinoUno, але з іншим мікроконтролером, який знаходиться в тому ж класі, але має деякі відмінності позитивного характеру:

більшу кількість аналогових входів (дванадцять проти шести) для сенсорів, більше каналів ШІМ (сім проти шести), більше виводів з апаратним перериванням (п'ять проти двох), роздільні незалежні serial-інтерфейси для USB і UART;

Однак існує і мінус: розташування виводів трохи відмінене від Arduino Uno, що може сприяти несумісності з деякими платами розширення [15, 16].

Остаточно мікроконтролер вирішено взяти з сімейства AVR фірми Atmel, оскільки дане сімейство контролерів має високу швидкодію, володіє хорошим показником функціональність / ціна і має безліч моделей різної функціональності [17].

Порівняльна характеристика деяких мікроконтролерів представлена в таблиці 2.1.

У таблиці 2.1 наведені найбільш характерні і такі, що підходять до виконаного завдання представники серій «tiny» і «mega». Як видно, серія «tiny» не зможе впоратися з поставленим завданням, тому що кількість висновків у цих мікроконтролерів невелика (максимальна кількість висновків у ATtiny2313 – 20), а для виконання даної роботи потрібна більша кількість.

Орієнтовно потрібно 25 виводів: 12 для організації матриці індикації на основі двох 7-ми сегментних індикаторів (двохрозрядний і трьохрозрядний), 3 для підключення датчиків, 5 для підключення кнопок управління, 5 для управління виконавчих пристроїв.

Таблиця 2.1 – Порівняльна характеристика деяких мікроконтролерів

Назва	Flash ROM	EEPROM	SRAM	I/O	8/16-bit Timer	N-канальний ШІМ	N-канальний АЦП	Внутрішній RC-генератор	Сторожовий таймер	Апл. помножувач	V _{cc} (V)	Тактова частота, МГц
ATtiny 13	1 KB	64 B	64 B	6	1/-	2	4	•	•	•	1.8-5.5, 2.7-5.5	0-10, 0-20
ATtiny 26	2 KB	128 B	128 B	16	2/-	2	11	•	•	•	2.7-5.5, 4.5-5.5	0-8, 0-16
ATtiny 28	2 KB			20	1/-			•	•		1.8-5.5, 2.7-5.5	0-1, 0-4
ATtiny 2313	2 KB	128 B	128 B	18	1/1	4		•	•		1.8-5.5, 2.7-5.5	0-8, 0-20
ATtiny 85	8 KB	512 B	512 B	6	2/-	2	4	•	•	•	1.8-5.5, 2.7-5.5	0-8, 0-20
ATmega a8	8 KB	512 B	1 KB	23	2/1	3	6/8	•	•	•	2.7-5.5, 4.0-5.5	0-8, 0-16
ATmega a88	8 KB	512 B	1 KB	23	2/1	6	8	•	•	•	1.8-5.5	0-10, 0-20
ATmega a8515	8 KB	512 B	512 B	35	1/1	3		•	•	•	2.7-5.5, 4.5-5.5	0-8, 0-16
ATmega a8535	8 KB	512 B	512 B	35	2/1	4	8	•	•	•	2.7-5.5, 4.5-5.5	0-8, 0-16

Згідно таблиці 2.1, оптимальним рішенням буде мікроконтролер

ATmega8535, тому що він володіє достатнім обсягом пам'яті, необхідною кількістю висновків, високою швидкістю і хорошим набором периферії (АЦП, таймери, внутрішній RC-генератор TWI-інтерфейс.)

Структурна схема мікроконтролера наведена на рисунку 2.6.

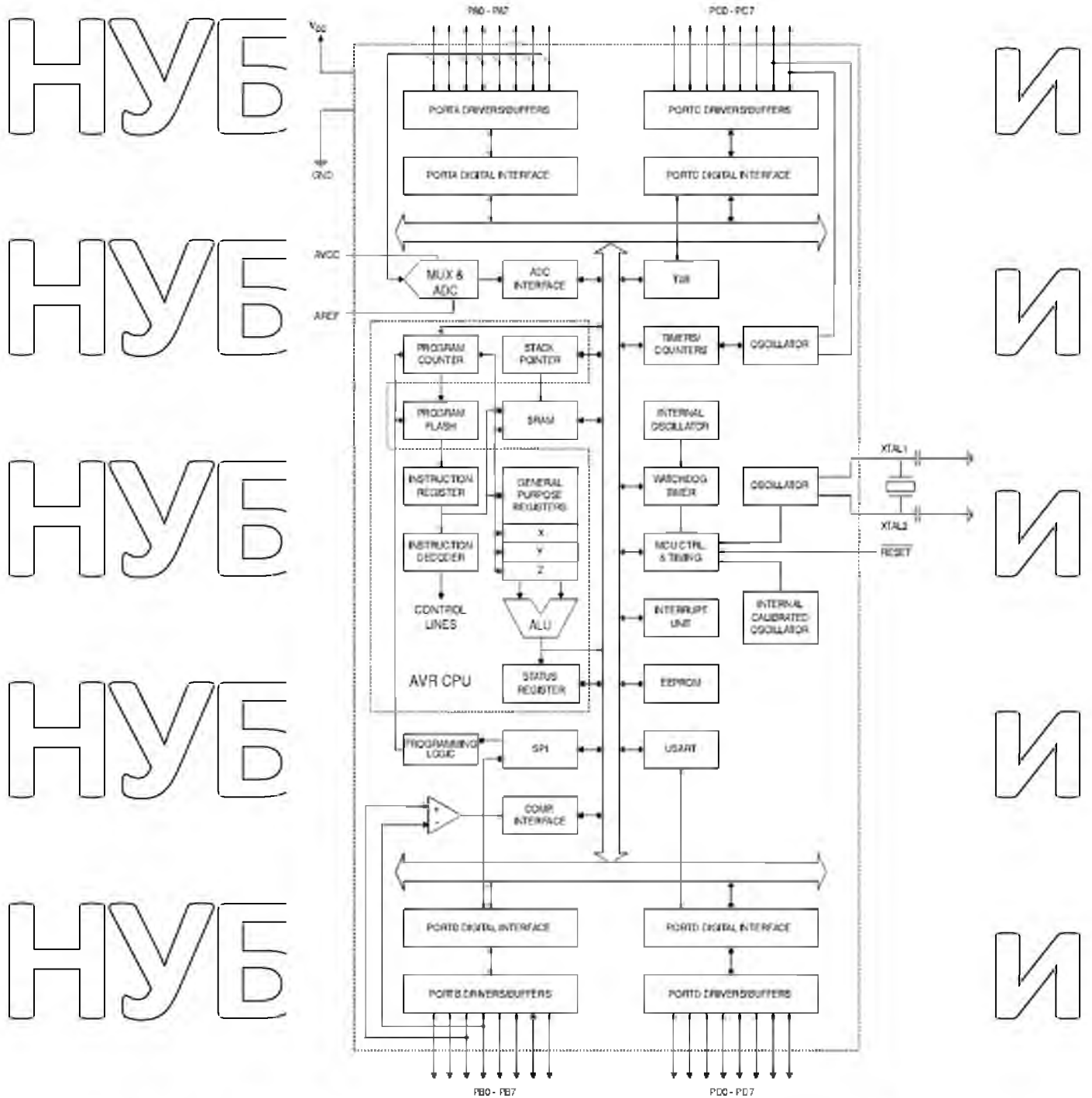


Рисунок 2.6 – Структурна схема обраного мікроконтролера

Розмір лічильника команд становить 12 розрядів. Безпосередньо (як регістр) лічильник команд з програми недоступний.

При нормальному виконанні програми вміст лічильника команд автоматично збільшується на 1 або на 2 (в залежності від виконуваної команди) в кожному машинному циклі. Цей порядок порушується при виконанні команд

переходу, виклику і повернення з підпрограм, а також при виникненні переривань.

Виводи мікроконтролера представлені на рисунку 2.7.

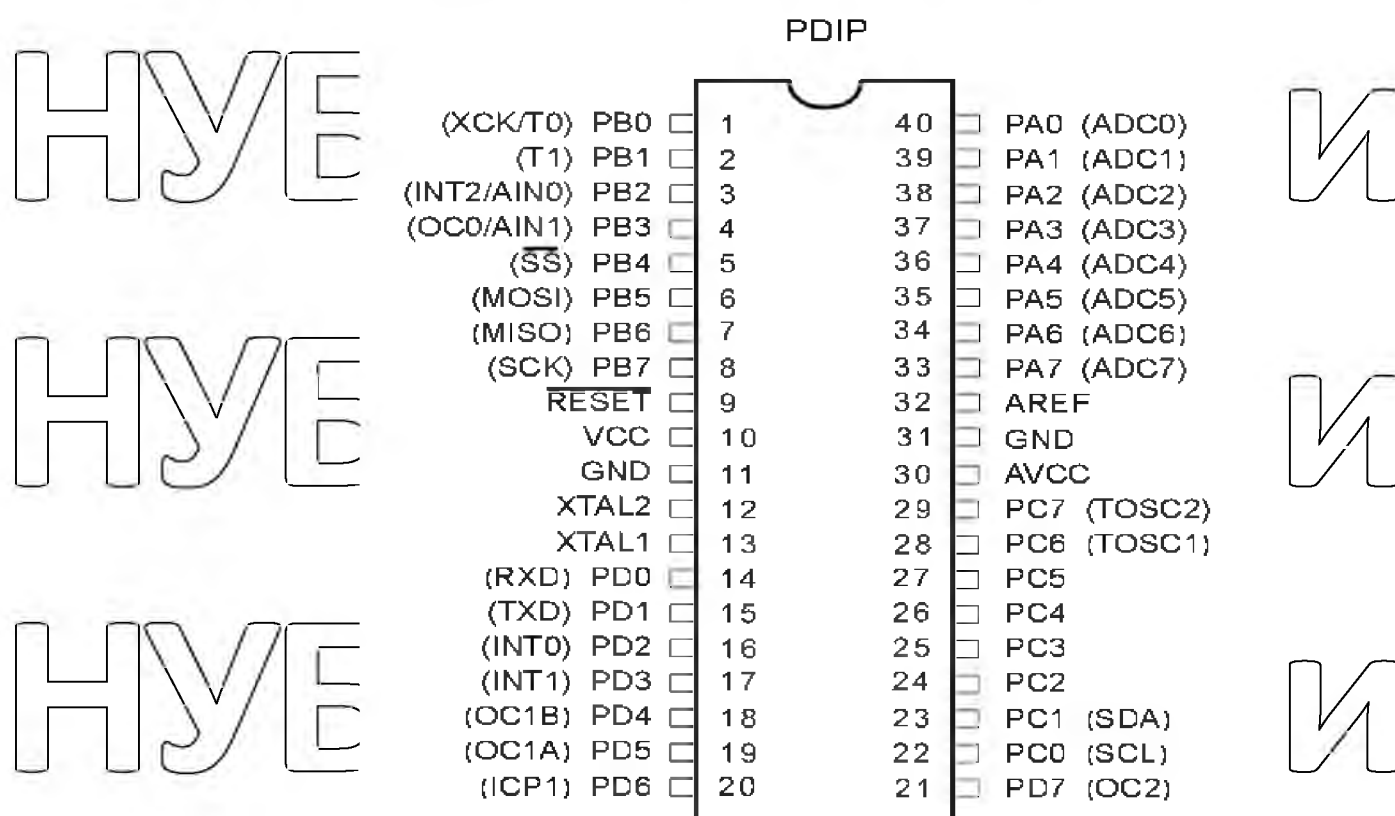


Рисунок 2.7 – Виводи мікроконтролера ATmega 8535

Опис виводів мікроконтролера ATmega 8535 представлено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Опис виводів мікроконтролера ATmega8535



1	2	3	4
Позначення	Номер виводу	Тип виводу	Опис
XTAL1	13	I	Вхід тактового генератора
XTAL2	12	O	Вихід тактового генератора
RESET	9	I	Вхід скидання
PA0 (ADC0)	40	I/O	0-й розряд порта А (0-й вхід АЦП)
PA1 (ADC1)	39	I/O	1-й розряд порта А (1-й вхід АЦП)
PA2 (ADC2)	38	I/O	2-й розряд порта А (2-й вхід АЦП)
PA3 (ADC3)	37	I/O	3-й розряд порта А (3-й вхід АЦП)
PA4 (ADC4)	36	I/O	4-й розряд порта А (4-й вхід АЦП)
PA5 (ADC5)	35	I/O	5-й розряд порта А (5-й вхід АЦП)
PA6 (ADC6)	34	I/O	6-й розряд порта А (6-й вхід АЦП)
PA7 (ADC7)	33	I/O	7-й розряд порта А (7-й вхід АЦП)
PB0(XCK/T0)	1	I/O	0-й розряд порту В (вхід зовнішнього опорного сигналу для USART / вхід зовнішнього тактового сигналу таймера / лічильника 0)
PB1 (T1)	2	I/O	1-й розряд порту В (вхід зовнішнього тактового сигналу таймера / лічильника 1)
PB2 (INT2/AIN0)	3	I/O	2-й розряд порту В (вхід зовнішнього переривання 2 / позитивний вхід компаратора)
PB3 (OC0/AIN1)	4	I/O	3-й розряд порту В (вихід порівняння таймера / лічильника 0 / негативний вхід компаратора)
PB4 (SS)	5	I/O	4-й розряд порту В (Вхід вибору веденого SPI)
PB5 (MOSI)	6	I/O	5-й розряд порту В (вихід ведучого / вхід відомого SPI)
PB6 (MISO)	7	I/O	6-й розряд порту В (вхід ведучого / вихід веденого SPI)
PB7 (SCK)	8	I/O	7-й розряд порту В (опорна частота SPI)
PC0 (SCL)	22	I/O	0-й розряд порту С (лінія опорної частоти для Two-wire Serial Bus)
PC1 (SDA)	23	I/O	1-й розряд порту С (лінія входу / виходу для Two-wire Serial Bus)
PC2	24	I/O	2..5-й розряди порту С
PC3	25	I/O	
PC4	26	I/O	
PC5	24	I/O	
PC6(TOSC1)	28	I/O	6-й розряд порту С (вхід зовнішнього тактового генератора для таймера 2)

PD0(RXD)	14	I/O	0-й розряд порту D (вхід для UART)
PD1(TXD)	15	I/O	1-й розряд порту D (вихід для UART)
PD2(INT0)	16	I/O	2-й розряд порту HA (вхід зовнішнього переривання 0)
PD3(INT1)	17	I/O	3-й розряд порту HA (вхід зовнішнього переривання 1)
PD4(OC1B)	18	I/O	4-й розряд порту D (вихід порівняння А таймера / лічильника 1)
PD5(OC1A)	19	I/O	5-й розряд порту D (вихід порівняння В таймера / лічильника 1)
PD6(ICP1)	20	I/O	6-й розряд порту D (вхід захоплення таймера / лічильника 1)
PD7(OC2)	21	I/O	7-й розряд порту D (вихід порівняння таймера / лічильника 2)
GND	11,31	P	Загальний вихід
VCC,AVCC	10,30	P	Вивід джерела живлення цифрової та аналогової частин
AREF	32	I	Вхід еталонної напруги для ЦАП

У якості температурного датчику обрано датчик температури DS1621 фірми Dallas, зовнішній вигляд якого представлений на рисунку 2.8.

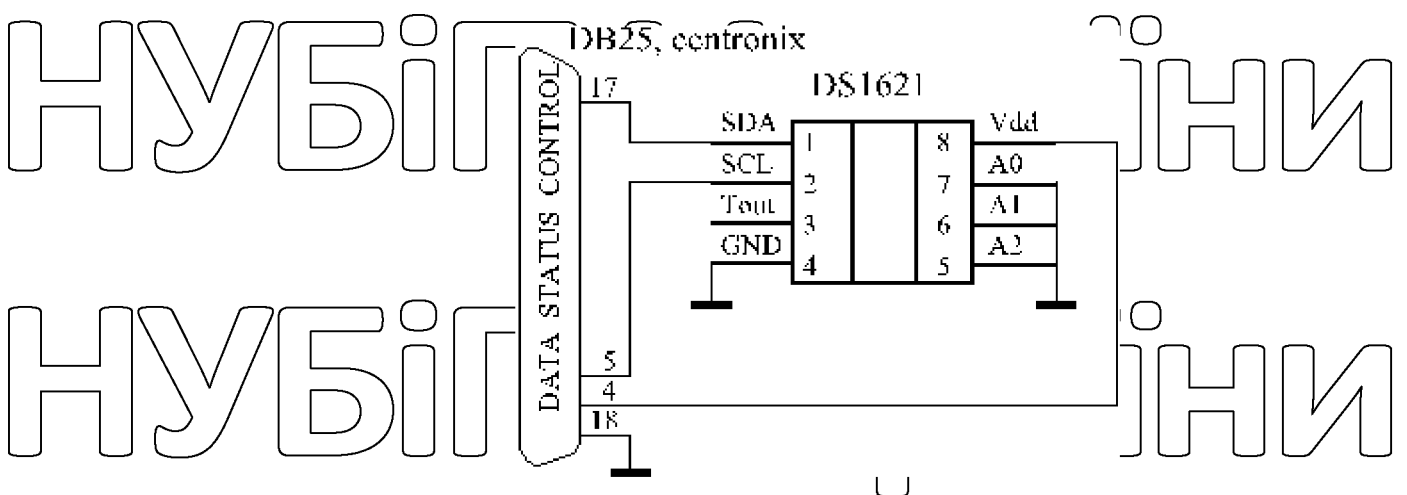


Рисунок 2.8 – Датчик температури DS1621 фірми Dallas

Мікросхема DS1621 являє собою термометр і термостат «в одному флаконі» з цифровим введенням та виведенням, яка гарантує точність вимірювання і контролю з похибкою плюс мінус 0,5 гр. Цельсія. Якщо використовувати датчик DS1621 в ролі термометра, то дані повинні оброблятися через I2C / SMBus послідовну шину в додатковому дев'яти - бітному коді з точністю молодшого розряду плюс - мінус 0,5 гр. Цельсія.

Виходи датчика наведені на рисунку 2.9.

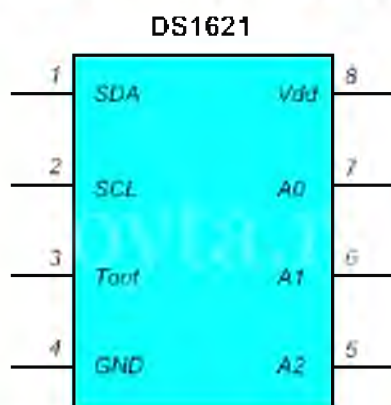


Рисунок 2.9 – Виходи датчика DS1621

SDA – вихід даних шини I2C.

SCL - вихід тактового сигналу шини I2C.

Tout - вихід термостата.

Vdd - вихід живлення, плюс.

GND - вихід живлення, мінус.

A0..A2 - лінія молодших бітів.

Принцип роботи датчика DS1621

Мікросхема DS1621 в своєму розпорядженні має кілька режимів роботи. Надагодження та контроль даних режимів здійснюється за допомогою регістра станів.

Обмін даними з датчиком DS1621 відбувається за типовим протоколом I2C. Датчик бере участь в ньому в якості SLAVE - пристрою. Його SLAVE -

адреса має такий вигляд: 1001xxx, де xxx - стан ліній A0-A2 мікросхеми. Для взаємодії з DS1621 застосовуються такі команди:

22h - «Зупинка перетворення» - команда виконує закінчення роботи схеми перетворення температури. Зайвих даних для роботи не потрібно.

AAh - «Читання температури» - Підсумком роботи команди - два байта даних, які містять величину виміряної температури.

A1h - «Установка TH» - команда вибору верхнього порогу спрацьовування термостата. Після цієї команди потрібна передача двох байтів значення порога.

A2h - «Установка TL» - команда вибору нижнього порогу спрацьовування термостата. Після даної команди потрібна передача двох байтів значення порога.

A8h - «читання температурного лічильника». Команда діє тільки на читання і дозволяє вважати дані лічильника, частота роботи якого залежить від температури.

A9h - «читання стабільного лічильника». Команда діє тільки на читання і дозволяє вважати дані лічильника, частота роботи якого не залежить від температури.

ACh - «Регістр конфігурації». Якщо біт дорівнює R - проводиться запис регістра конфігурації, при W - читання.

EEh - «Старт лічильника» - команда запуску вимірювання температури. Зайвих даних не потрібно.

Поліпшення точності вимірювань

У датчику DS1621 можливе підвищення точності вимірюваної температури. Для цього доступні величини лічильників стабільного N [A9h] і залежного від температури N [A8h] генератора. Знаючи виміряне значення температури T [AAh] і значення лічильників можна отримати точне показання застосувавши формулу:

$$T = T[AAh] - 0,25 + (N[A9h] - N[A8h]) / N[A9h]. \quad (2.1)$$

Режим термостата DS1621

У датчика DS1621 так само є режим роботи в ролі термостата. Для управління виконавчими пристроями є цифровий вихід T_{out} , який встановлюється залежно від величини температури. Рівні включення і виключення виходу виставляються в регістрах TH і TL, а полярність виходу вибирається бітом POL регістра конфігурації.

У якості датчика вологості було обрано НІН 4000-003. Він забезпечує широкий діапазон вимірювань, високу надійність і низьку вартість при використанні мікроелектронної технології. Це дозволяє виробляти ємності планарного типу тонкоплівковим методом. Завдяки цьому ми маємо мініатюрні габарити чутливого елемента, можливість імплементації на кристалі спеціалізованої інтегральної схеми обробки сигналу.

Технологічність і високий вихід придатних кристалів забезпечують низьку ціну продукції даного типу.

Зовнішній вигляд датчику наведений на рисунку 2.9.

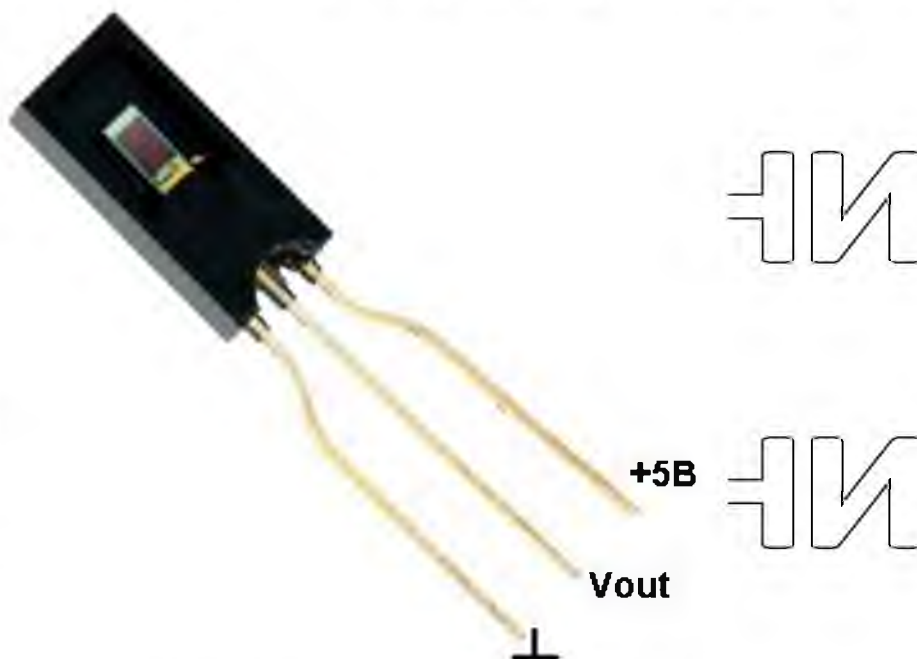


Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд датчика вологості НІН 4000-003

Технічні характеристик датчика вологості наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики НН-4000-003

Параметр	Значення
Діапазон напруги живлення постійного, В	+4,0 ... 5,8
Напруга живлення постійна номінальна, В	5
Струм при Uпит.ном., МА	... 0,2
Діапазон вимірюваної вологості, %	0 ... 100
Час перетворення, з	... 15
Габаритні розміри, ДхШхВ, мм	
Температура експлуатації, ° С	-40 ... + 85
Відносна вологість експлуатації, %	0 ... 100
Гарантійний термін експлуатації	12 місяців
Вага в упаковці, г	100

Можливе пряме підключення до АЦП мікроконтролера завдяки стандартному розмаху вихідного сигналу (від 1.0 до 4.0 В). Встановити датчик

необхідно таким чином, щоб краплі води при зволоженні повітрі не потрапляли на нього, а також захистити від впливу прямих сонячних променів, щоб уникнути зниження точності вимірювання.

В системі необхідно візуально відображати поточну температуру в приміщенні і обраний режим роботи. Для цього будемо використовувати семисегментний індикатор. Можна припустити, що виникне така ситуація, коли в приміщенні буде мінусова температура, тому для візуалізації поточної температури візьмемо трьохрозрядний семисегментний індикатор.

Будемо використовувати індикатори BA56-12 фірми KingBrigth і LDD3051 фірми LIGI. Технічні характеристики наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики індикаторів BA56-12 фірми KingBrigth і LDD3051 фірми LIGI

Макс. пряма напруга (при струмі 20 мА)	2,5 В
Максимальний прямий струм	25-30 мА
Максимальна зворотна напруга	5В
Зворотний струм (при напрузі 5В)	10 мкА

Потужність розсіювання	150 мВт
Максимальний імпульсний прямий струм	140-160 мА
Діапазон робочих температур	-40... +85 °С

Пристрої індикації та схеми їх включення представлені на рисунках 2.10-

2.12.

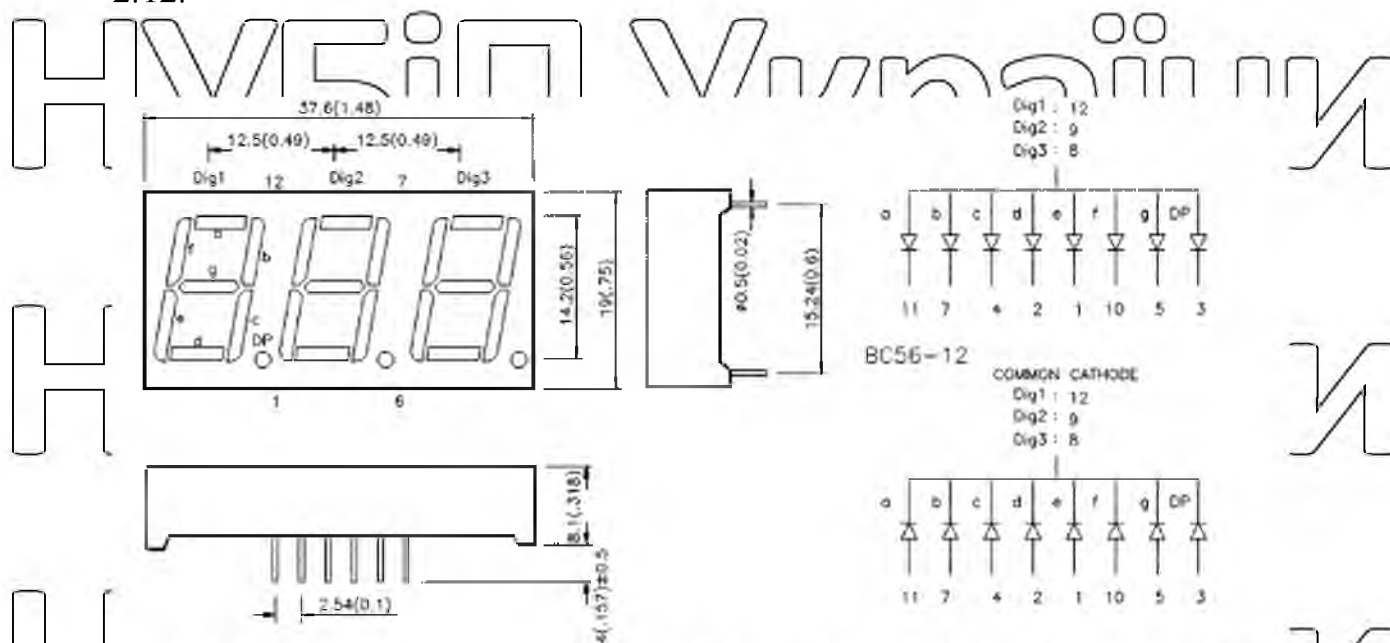


Рисунок 2.10 – Трьохрозрядний семисегментний індикатор

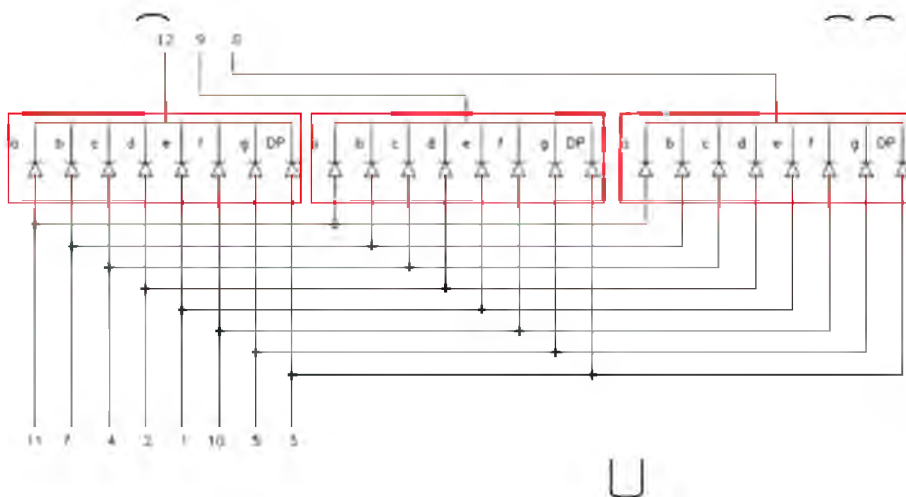


Рисунок 2.11 Трьохрозрядний семисегментний індикатор, схема

підключення

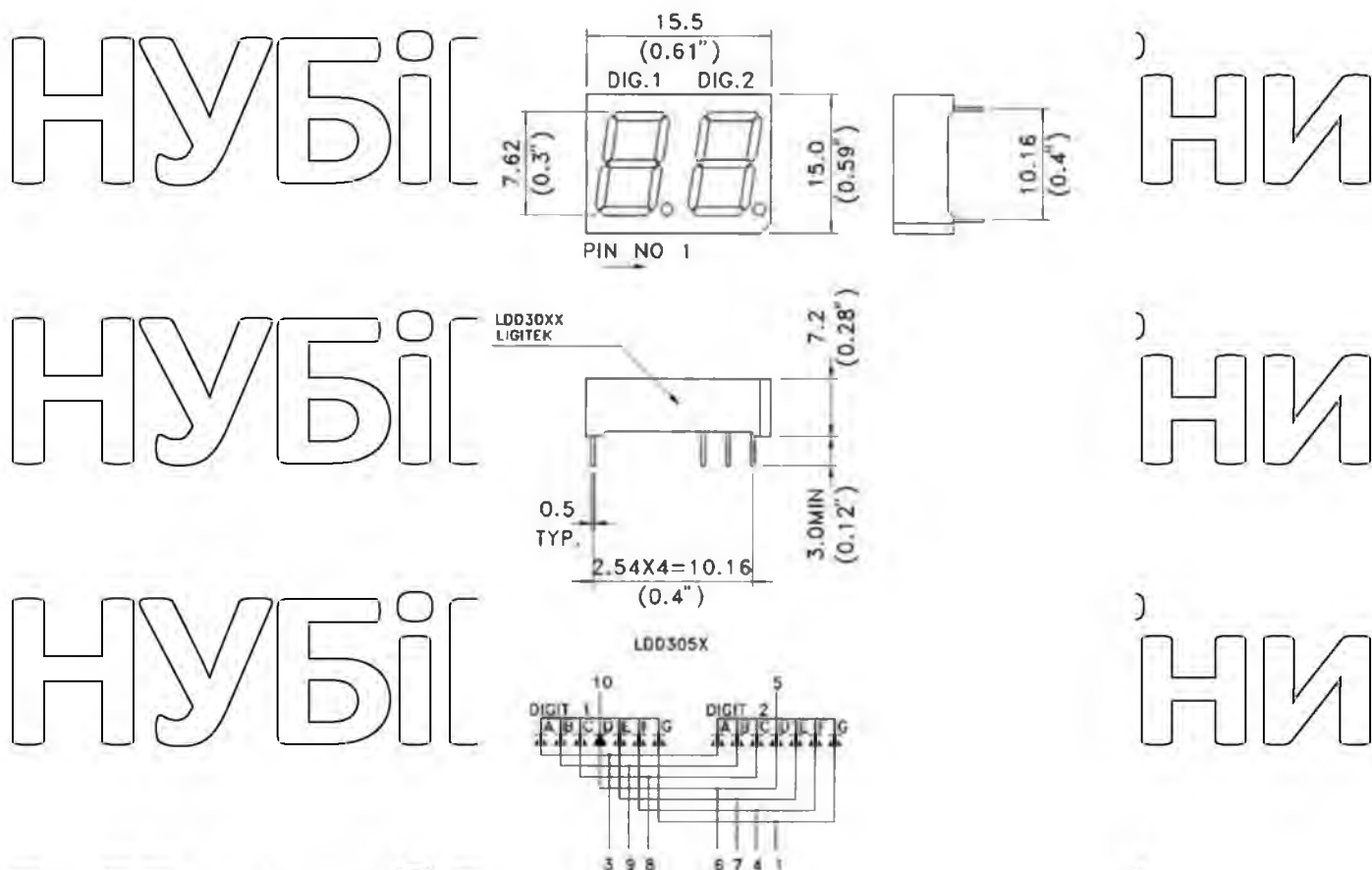


Рисунок 2.12 – Двохрозрядний семисегментний індикатор і схема підключення

В якості ключових елементів оберемо симистор, який призначений для комутації навантаження на змінному струмі. Так як здійснюється комутація силового високовольтного ланцюга, 220 вольт, а контролер у нас низьковольтний, працює на п'ять вольт. Тому щоб уникнути ексцесів потрібно зробити потенційну розв'язку. Тобто зробити так, щоб між високовольтною та низьковольтною частиною не було прямого електричного з'єднання. Наприклад, зробити оптичне розділення.

Для цього існує спеціальна збірка - симисторний оптодрайвер МОС3041

(рисунок 2.13).

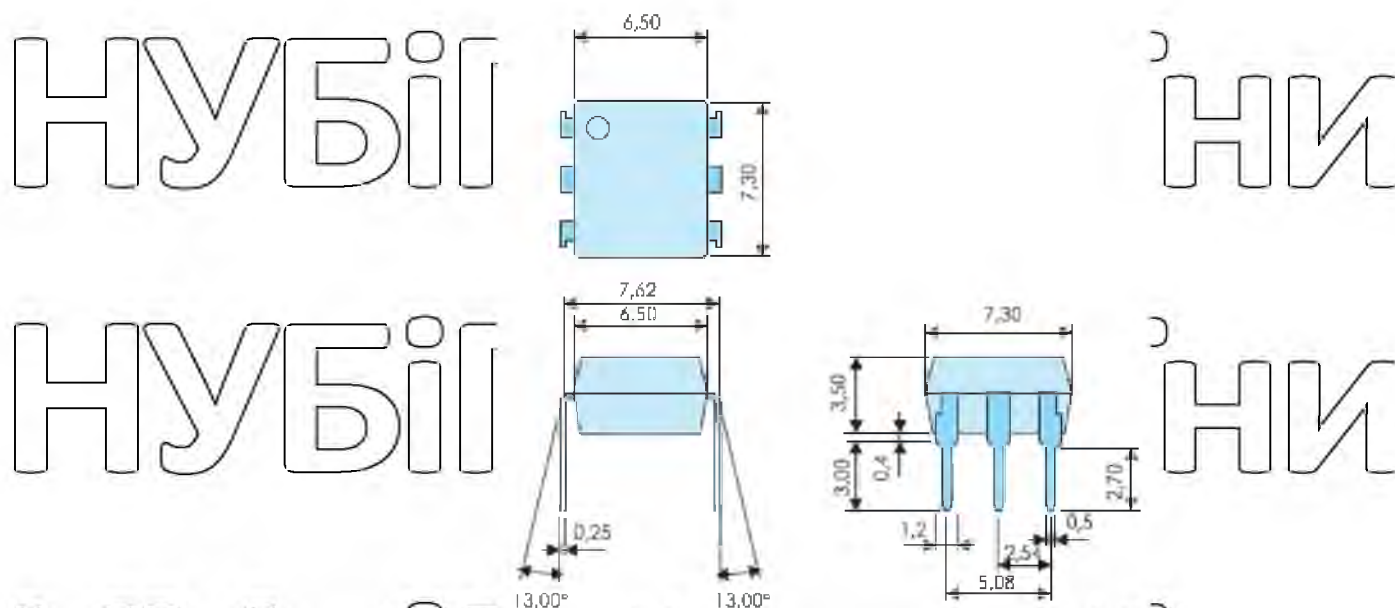


Рисунок 2.13 – Симисторний оптодрайвер МОС3041

Характеристики симисторного оптодрайверау наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристики симисторного оптодрайверу.

Прямий струм	50 мА
Зворотна напруга на виході	400 В
Напруга ізоляції	5000 В
Струм включення	15 мА

У якості симистора узятий ВТ 139, параметри якого наведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Параметри симистора ВТ 139

Максимальна напруга	600 В
Комутований струм	16 А
Напруга утримання	1.6 В
Струм УЕ	25 мА
Час включення	2 мкс

В системі мікропроцесор повинен керувати відкриттям дверей, зволоженням повітря та обігріванням приміщення.

Для зволоження повітря будемо використовувати систему зволоження.

Електромагнітний клапан призначений для включення або виключення подачі рідини або газу в трубопроводі при подачі на нього відповідного електричного сигналу.

Будемо використовувати клапан 2W21, зовнішній вигляд якого представлений на рисунку 2.14.

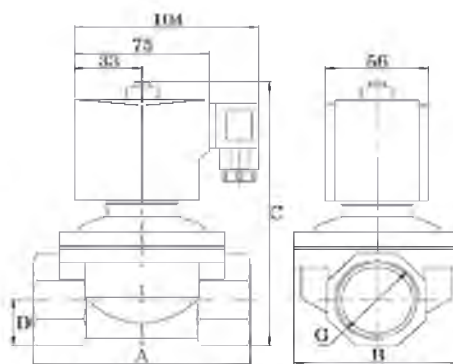


Рисунок 2.14 – Зовнішній вигляд 2W21

Цей же електроклапан будемо використовувати для подачі гарячої води в труби при опаленні приміщення.

Для провітрювання приміщення необхідно на двері, бічну фрамугу і фрамугу в даху поставити 3-мотор-редуктора, для відкриття або закриття фрамуг.

Будемо використовувати IG32p-02. Параметри мотор-редуктора наведені в таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Параметри мотор-редуктора IG32p-02

Діаметр (сторона квадрата), мм	Ø37
Швидкість обертання, об / хв *	7,6 - 970
Крутний момент, кгс • см	1-10
Тип редуктора	планетарний
Напр. живлення В	12;24
Потужність, Вт	14
Передавальні. відн.	5-721

Для живлення мікропроцесора від мережі 220 В необхідна схема узгодження, так як процесор живиться від постійної напруги в 5В. Будемо використовувати трансформатор понижуючий БЗ800, параметри якого наведені у вигляді таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Параметри трансформатора БЗ800

Напруга первинної обмотки:	220 В.
Напруга вторинної обмотки:	12 В (змінна).
Ступінь захисту:	IP 20.

У якості діодного моста будемо використовувати схему DB157. Параметри наведені в таблиці 2.9, а зовнішній вигляд представлений на рисунку 2.15.

Таблиця 2.9 – Параметри діодного моста DB157

Максимальна постійна зворотна напруга	1000 В
Максимальна імпульсна зворотна напруга	1000 В
Максимальний прямий струм	1,5 А
Максимальний допустимий прямий імпульсний струм	60 А
Максимальний зворотний струм	50 мкА
Максимальна пряма напруга	1.1 В
Робоча температура	-55...125 °С
Спосіб монтажу	в отвір
Корпус	DB-Y
Кількість фаз	

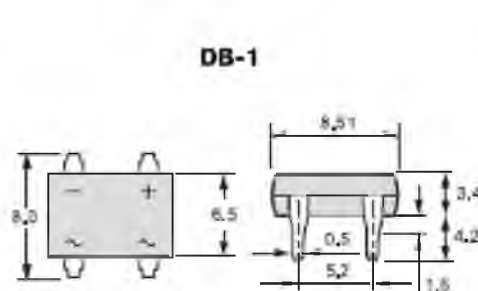


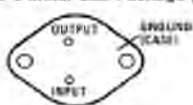
Рисунок 2.15 – Зовнішній вигляд діодного моста

У якості стабілізатора напруги будемо використовувати LM340K-5 (рисунок 2.16). Параметри наведені в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Параметри стабілізатора напруги LM340K-5

Макс. вхідна напруга:	35 В
Радіальна вихідної напруги	2 В/Вхід.
Допуск вих. напруги:	±5%
Струм:	8 мА макс.
вихідний струм	
мінім. :	5 мА
макс. :	1 А
Тепловий опір:	4 °C/Вт (перехід-корпус)

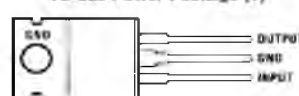
TO-3 Metal Can Package (K)



0079B11

Bottom View
See Package Number K02A

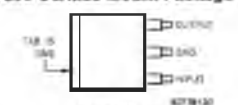
TO-220 Power Package (T)



0079B12

Top View
See Package Number T03B

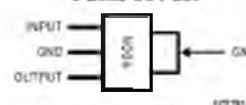
TO-263 Surface-Mount Package (S)



0079B10

Top View
See Package Number T03B

3-Lead SOT-223



0079B13

Top View
See Package Number M004A

Рисунок 2.16 – Зовнішній вигляд стабілізатора напруги LM340K-5

У схемі необхідно використовувати 5 транзисторів в ключовому режимі для управління семисегментними індикаторами.

Схема роботи: при наявності високого рівня на базі транзистора, транзистор відкривається і на виході ключа буде низький рівень. При низькому рівні напруги на базі транзистора транзистор буде закритий і на виході ключа буде високий рівень, який визначається рівнем напруги, підключеного до колектора транзистора. Таким чином, транзистор весь час або розімкнута, або замкнута, його споживана потужність практично нульова, тому нам підходить практично будь-який транзистор. Виберемо транзистор КТ315 оскільки він

задовольняє потрібним параметрам, поширений і недорогого коштує. Його характеристики наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Характеристики транзистора КТ315

Робоча частота:	250 МГц
Коеф. посилення по току:	30-120
Максимальний струм колектора:	100 мА
Макс. напруга колектор-емітер:	25В
Роз. потужність:	0,15Вт

Для установки і вибору режиму необхідні п'ять кнопкових перемикачів.

Для цієї мети будемо використовувати перемикачі MPS-5802 (рисунок 2.17), параметри перемикача наведені в таблиці 2.12.

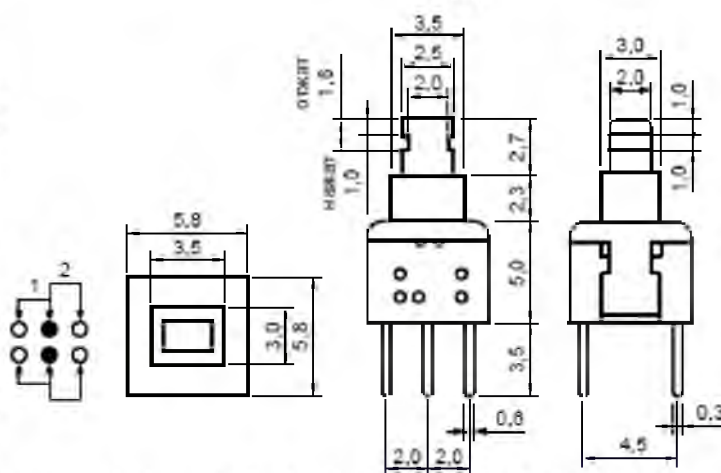


Рисунок 2.17 – Габаритні розміри перемикача MPS-5802

Таблиця 2.12 – Параметри перемикача MPS-5802

Параметри:	30В пост. 0,1А
Опір контактів:	≤ 100 Мом
Опір ізоляції:	> 100 Мом пост. 125В
Електричний ресурс:	10000 циклів
Сила натискання:	150+ 80г
Опір ізоляції:	> 100 Мом пост. 125В
Температура пайки:	250 °С макс.
Витримувана напруга:	3 сек. 125В ооля. 1 хв.

Продовження таблиці 2.12

Механічний ресурс:
Робоча температура:

100000 циклів
від -25°C до +65°C

2.4 Функціональна схема системи контролю мікроклімату теплиці

Функціональна схема представлена на рисунку 2.18.

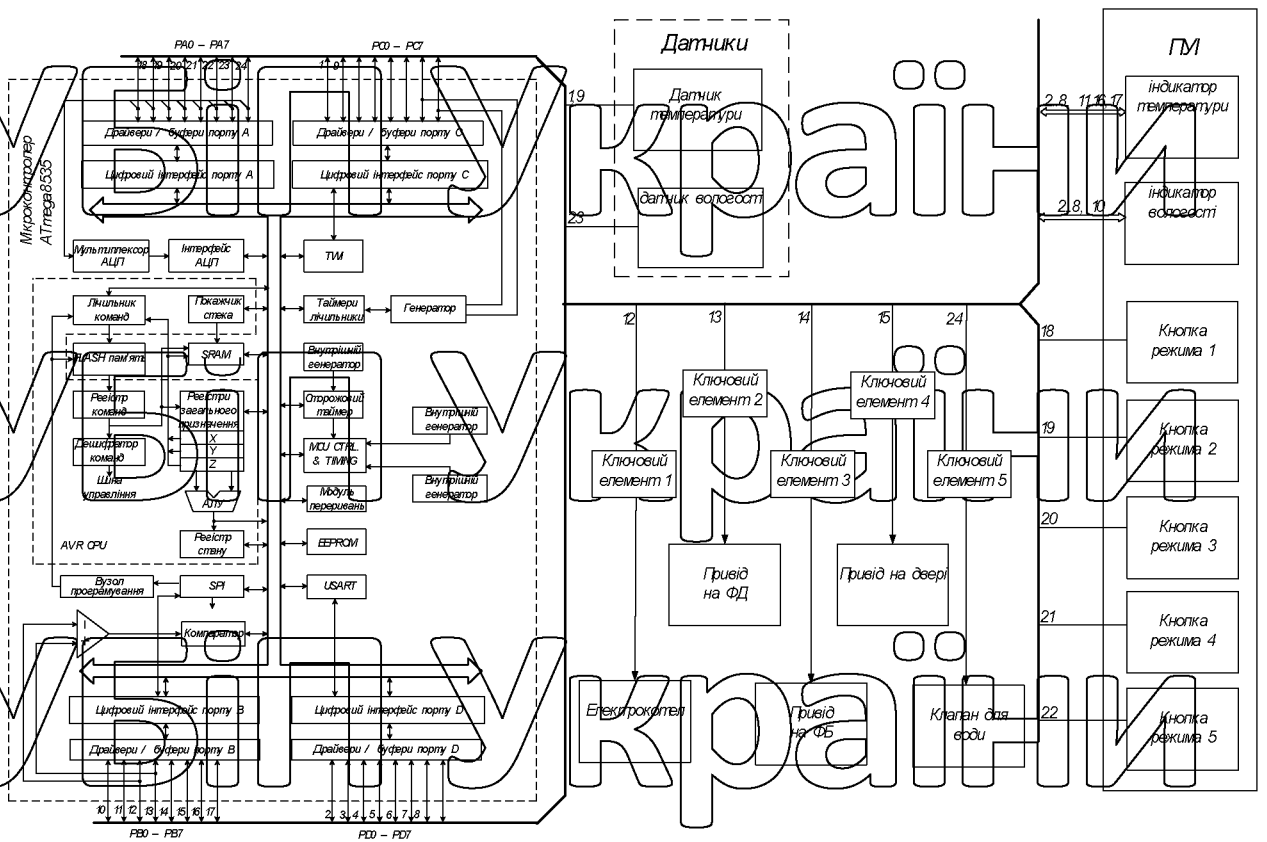


Рисунок 2.18 – Функціональна схема системи контролю мікроклімату теплиці

Температурний датчик працює по інтерфейсу I2C, який підтримує мікроконтролер, тому додаткових засобів узгодження та управління не потрібно.

Обмін інформацією підтримується програмно через виходи PC0, PC1, а при підключенні датчика необхідно тільки поставити 2 резистора по 1кОм (типове

підключення по datasheet). У датчика вологості вихід аналоговий, тому потрібно використовувати АЦП, який вбудований в Atmega 8535, використовуючи PA2. Передача підтримується програмно. Кнопки управління і ключові елементи підключаються до порту B, а порт D використовується для семисегментної індикації.

Живлення системи буде від стандартної мережі 220В, 50 Гц. Для живлення мікропроцесора та інших елементів схеми необхідна постійна напруга 5 В.

Будемо використовувати наступну схему: трансформатор знижує змінну мережеву напругу до 12 В. Діодний міст VD1 ... 4 випрямляє напругу в електромережі. Інтегральний діодний міст обраного типу DV157 комутує струми до 1 А. В якості стабілізатора напруги включена мікросхема інтегрального стабілізатора U1 - LM340K-5, схема включення - стандартна, рекомендована виробником.

Дані з датчика температури зчитуються мікропроцесором по інтерфейсу I2C, а дані з датчика вологості – через АЦП. Перемикання каналів АЦП, обробка даних з датчиків температури, вироблення сигналів на виконавчі пристрої, вивід інформації на пристрій індикації здійснюється програмно за допомогою відповідних засобів мікроконтролера.

Для виведення візуальної інформації про встановлену вологість і температуру у приміщенні використовуємо трьохрозрядний і двохрозрядний семисегментні світлодіодні індикатори.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

3 ОСОБЛИВОСТІ НАЛАШТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ ТЕПЛИЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОДАТКУ ДЛЯ ТЕЛЕФОНУ

НУБІП України

В межах даного розділу роботи розглянемо особливості налаштування системи контролю мікроклімату теплиці з використанням додатку для телефону.

Для того, щоб система контролю працювала справно та передавала інформацію на телефон, необхідно спочатку виконати налаштування мікроконтролера.

НУБІП України

В якості середовища для програмування мікроконтролерів може бути застосовано програмний комплекс Arduino IDE.

НУБІП України

Це інтегроване середовище розробки для Windows, MacOS та Linux, розроблене на Сі та С++, призначене для створення та завантаження програм для Arduino-сумісних плат, а також для плат інших виробників.

НУБІП України

Вихідний код для середовища випущений під загальнодоступною ліцензією версії GNU 2. Підтримує мови Сі і С++ з використанням спеціальних правил структурування коду. Arduino IDE надає бібліотеку програмного забезпечення з проекту Wiring, яка надає безліч загальних процедур введення та виведення. Для написаного користувачем коду потрібні лише дві базові функції для запуску ескізу та основного циклу програми, які скомпільовані та пов'язані з програмою main() з ланцюжком інструментів GNU, також включеною до дистрибутиву IDE. Використовує програму avrdude для перетворення коду, що виконується, в текстовий файл у шістнадцятковому кодуванні, який завантажується в плату Arduino програмою-завантажувачем у вбудованому програмному забезпеченні плати.

НУБІП України

Середовище розробки Arduino складається з вбудованого текстового редактора програмного коду, області повідомлень, вікна виведення тексту

(консолі), панелі інструментів з кнопками команд, що часто використовуються, і кількох меню. Для завантаження програм та зв'язку середовище розробки підключається до апаратної частини Arduino.

Зручність використання Arduino IDE полягає у великій кількості різноманітних бібліотек для широкого кола модулів та периферійних пристроїв.

Також за допомогою бібліотек реалізовано безліч допоміжних функцій, що спрощує написання програм. Саме тому для налаштування системи контролю мікроклімату краще використовувати середовище Arduino IDE.

Arduino IDE не підтримує розробку програм для обраного мікроконтролера. Для вирішення цього завдання необхідно спочатку встановити додаток.

Для цього відкриваємо вікно налаштувань у середовищі Arduino IDE. Вибираємо пункт меню "Файл-Налаштування" (рисунок 3.1).

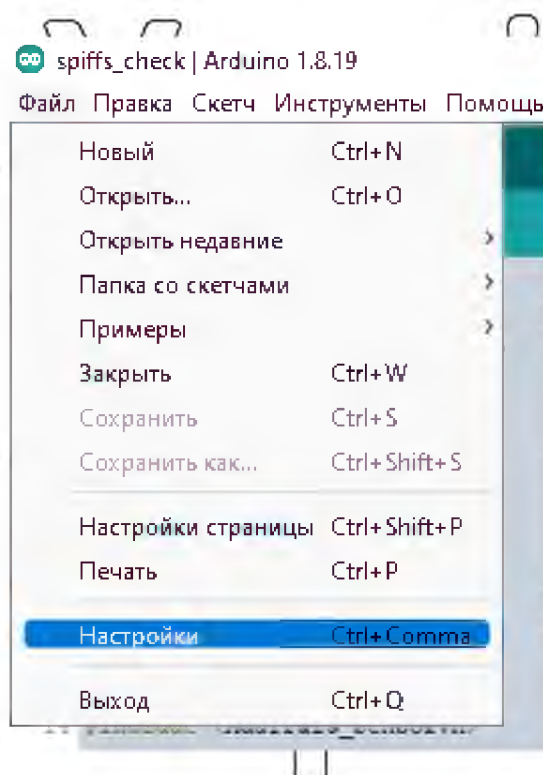


Рисунок 3.1 – Меню "Файл" Arduino IDE

У полі "Додаткові посилання для Менеджера плат" копіюємо адресу з прошивкою мікроконтролера та натискаємо кнопку "OK".

Наступним кроком є додавання бібліотек для модулів та функцій. Деякі бібліотеки доступні у Менеджері бібліотек («Інструменти - Керувати бібліотеками»).

Вікно менеджера бібліотек представлено на рисунку 3.2.

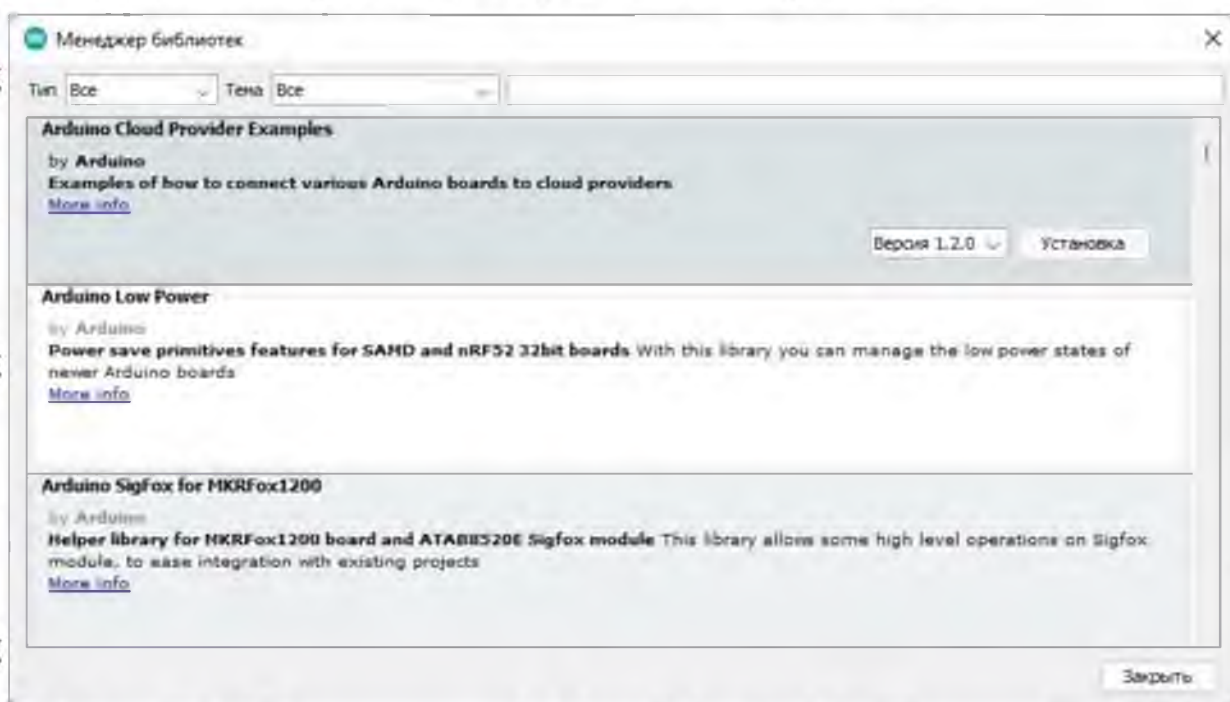


Рисунок 3.2 – Вікно «Менеджер бібліотек»

Щоб підключити сторонню бібліотеку, необхідно, в першу чергу, її знайти та завантажити. Зазвичай, це zip-архів. Далі через меню "Скетч - Підключити бібліотеку - Додати .ZIP бібліотеку" вибрати завантажений архів і натиснути "Відкрити" для застосування. Перевірити результат підключення можна, переглянувши її у списку в меню «Скетч – Підключити бібліотеку».

Сформована та налагоджена система контролю мікроклімату, що пропонується в рамках виконання магістерської дисертації, має реалізувати такі функції спроектованої системи:

- замір параметрів мікроклімату в контрольних точках об'єкта моніторингу (в якості об'єкта моніторингу виступає теплиця);
- передача інформації за заданою адресою, причому, як відповідно до заданих часових інтервалів, так і сигналу запиту;

- виявлення та передача сигналів у тих випадках, коли реальні показники мікроклімату виходять за встановлені допустимі межі.

Система моніторингу через певний інтервал має опитувати датчики та передавати показання. Але до роботи системи необхідно здійснити ряд деяких дій щодо налаштування.

На першому етапі починається ініціалізація компонентів. Якщо якийсь компонент недоступний, наприклад, датчик температури, то завантаження зупиняється і на екрані мобільного додатка виходить повідомлення про помилку.

Якщо на цьому етапі помилок не виникло, завантаження продовжується далі.

У тому випадку, якщо заздалегідь задані налаштування мережі, за якою будуть передаватися показники системи, в пам'яті мікроконтролера будуть файли з налаштуваннями мережі та інших налаштувань. Потім відбувається зчитування та застосування параметрів.

Спочатку мікроконтролер намагається підключитися до вказаної мережі. Якщо з'єднання не успішне (неправильний пароль або назва мережі), пристрій перезавантажується для повторного налаштування мережі. У разі успішного підключення на екрані з'являється повідомлення з отриманою IP-адресою. Далі пристрій оновлює час, повідомлення про поточну дату з'являється на екрані

мобільного додатка.

Для реалізації виконання розробленого алгоритму та роботи пристрою загалом необхідно підключити додаткові бібліотеки – для взаємодії з периферійними модулями та використання різних функцій.

Програма (скетч) для мікроконтролера починається з підключення бібліотек.

Для підключення бібліотеки необхідно в тексті програми використовувати директиву `#include` та вказати назву файлу бібліотеки.

Наприклад, для датчика температури DS1621 це буде виглядати так:

```
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_DS1621.h>
```

Для екрана:

```
#include <LCD_1602_UKR.h> // українські літери на
екрані мобільного додатку
```

Також розглянемо приклади налаштування деяких інших опцій.

```
#define loadingDelay 1000 // інтервал між
ініціалізацією компонентів при завантаженні, мс
```

```
// температура та вологість
```

```
String curTemperature;
```

```
String curHumidity;
```

```
//Набір змінних для зміни режиму
```

```
String firstLine1;
```

```
String secondLine1;
```

```
String firstLine2;
```

```
String secondLine2;
```

```
boolean lcdmode = true; //Якщо True - 1 перший набір,
якщо False - 2 набір змінних
```

```
// особлива змінна до роботи в перериванням
```

```
volatile uint32_t debounce;
```

```
// Режим відображення на екрані мобільного додатка
```

```
int md = 0;
```

```
int prev_md = md; // Попередній режим
```

```
int delayTime = 60000; //інтервал вимірювання
показань, мс (за замовчуванням)
```

```
int timeOffset = 0; // Зміщення часу
```

```
// Змінні для збереження часу
```

```
String formattedDate;
```

```
String dayStamp;
```

```
String timeStamp;
```

```
String daySt_file;
```


Розбиття на сегменти коду функціями дозволяє створювати частини коду, які виконують певні завдання. Після виконання відбувається повернення у місце, звідки була викликана функція. Причиною створення функції є необхідність виконувати однакову дію кілька разів.

Після оголошення змінних та створення необхідних об'єктів приступаємо до написання функцій. Мінімальний набір функцій скетчу і двох функцій: це `setup()` і `loop()`. Це дві обов'язкові функції у скетчах Arduino. Інші функції повинні створюватись за дужками цих функцій. Перша відповідає за дії, що виконуються при завантаженні пристрою, друга містить набір команд, які виконуються в циклі при роботі пристрою. Для полегшення розуміння коду ці функції помістимо у виклики інших функцій, описаних у скетчі.

Першим опишемо функцію обробки натискання кнопки мобільного додатку `chTxt()`. Основне завдання кнопки – змінювати режим відображення екрана. При натисканні на кнопку спочатку перевіряється умова, що кнопка натиснута деякий час, а потім змінюється змінна, що відповідає за потрібний набір змінних для виведення їх значень на екран:

```
void IRAM_ATTR chTxt()
{
    if (millis() - debounce >= 200 && digitalRead(34)) {
        debounce = millis();
        if (lcdmode) {
            md = 0;
        }
        else {
            md = 1;
        }
        lcdmode = !lcdmode;
    }
}
```

Ця функція використовує механізм переривання. Переривання – це сигнал, який повідомляє процесору про настання будь-якої події, яка потребує негайної уваги. Процесор повинен відреагувати на цей сигнал, перервавши виконання поточних інструкцій та передавши управління обробнику переривання (ISR, Interrupt Service Routine).

За ініціалізацію датчиків відповідає функція bmeinit(). Для запуску датчика необхідно вказати його адресу - 0x76, так як до мікроконтролера по шині I2C підключається кілька пристроїв. У разі вдалої або невдалої ініціалізації на екран мобільного телефону виводяться інформаційні повідомлення. Якщо датчик не знайдено, то завантаження пристрою припиняється.

```
void bmeinit() {
  Serial.println("Init DS1621...");
  bool status;

  status = bme.begin(0x76);
  if (!status) {
    Serial.println("Не вдається знайти датчик DS1621,
    перевірте підключення!");
    secondLine1 = "DS1621 НЕ знайдений";

    lcd_change(0);
    while (1);
  }
  else {
    Serial.println("DS1621 знайдено!");
    secondLine1 = "DS1621: Ок";
    lcd_change(0);
  }
}
```

Проініціалізувавши основні компоненти пристрою, мікроконтролер починає налаштування мережі. Але перед цим необхідно визначити, чи є запуск для пристрою першим, або пристрій вже налаштований і готовий для роботи.

Щоб це дізнатися, викликається функція для перевірки наявності файлів налаштувань у внутрішній пам'яті.

Функція `makeIni()` відповідає за створення нових файлів `ini` з налаштуваннями при першому запуску.

Для створення `ini`-файлу не потрібно використовувати будь-які бібліотеки.

Достатньо створити рядкову змінну та передати до неї у відповідному порядку та форматі значення.

```
String iniFile;

iniFile = "[general]\n";

iniFile += "delayLoading=1000\n";
iniFile += "updateInterval=" + String(updateInterval)
+ "\n";
iniFile += "timeOffset=" + String(timeOffset) + "\n";
iniFile += "[remote]\nserver=" + remoteServer;

Serial.println(iniFile);
```

Для того, щоб було можливо визначити, в який час була виміряна температура або вологість, необхідно враховувати дату та час. Так як

мікроконтролер може підключитися до мережі Internet, то час і дату можна взяти з сервера точного часу. Бібліотека `NTPClient.h` дозволяє реалізувати цю

можливість. У функції `getNTPtime()` запускається створений ранній об'єкт типу `NTPClient`. Методом `setTimeOffset` налаштовується часовий пояс. Це зміщення

визначається користувачем і береться з налаштувань при завантаженні. Після цього відбувається оновлення точного часу. Оновлення береться з пула серверів

точного часу – `pool.ntp.org` (задається у бібліотечі).

// Функція оновлення часу з NTP-сервера

```
void getNTPtime() {
    timeClient.begin();

    Serial.println("Встановлення часу");
    // Встановлення часового поясу
```

```

Serial.println(timeOffset);
timeClient.setTimeOffset(timeOffset);
while (!timeClient.update()) {
  timeClient.forceUpdate();
}

```

```

// Вивід дати та часу у форматі YYYY-MM-DDTHH:mm:ssZ
formattedDate = timeClient.getFormattedDate();
Serial.println("Поточна дата:" + formattedDate);

```

Після оновлення дати та часу поділяємо отримане значення на дату та час.

Дату виводимо на екран мобільного телефону.

```

// Вивід дати та часу
int splitT = formattedDate.indexOf("T");
dayStamp = formattedDate.substring(0, splitT);
timeStamp = formattedDate.substring(splitT + 1,
formattedDate.length() - 1); // час
Serial.print("Сьогодні:");
Serial.println(dayStamp);
firstLine1 = "Сьогодні";
secondLine1 = dayStamp;
lcd.change(0);
}

```

Після виконання всіх налаштувань, запуску всіх серверів та оновлення часу запускається основна функція getTemp(). Саме вона відповідає за зняття показань, обробку, збереження та передачу їх на сервер.

```

// Опитування датчика
curTemperature = String(bme.readTemperature(), 2);
curHumidity = String(bme.readHumidity(), 2);

// Якщо датчик «відпав» замінюємо значення nan на 0.
if (curTemperature == "nan" & curHumidity == "nan")
{

```

```

curTemperature = '0';
curHumidity = '0';
}

```

Як згадувалося раніше, також пропонується впровадження модуля відправки SMS для мобільного додатка.

Надсиланням повідомлення буде займатися система

Модуль відправки SMS являє собою клас, що містить код для відправки повідомлень (CorpSmsManager), і два класи, що служать для прослуховування результатів дій із повідомленнями.

Надсилання SMS вимагає окремого дозволу. Дозвіл виходить шляхом внесення спеціального тегу до файлу мобільного додатку AndroidManifest.xml:

```

<uses-permission
android:name="android.permission.SEND_SMS" />

```

Сам клас CorpSmsManager міститиме лише одне статичне поле, в якому зберігатиметься посилання на стандартний системний SMS-менеджер:

```

public static SmsManager smsManager =
SmsManager.getDefault();

```

Класи-слухачі успадковуються від стандартного системного класу BroadcastReceiver. Цей клас служить для прослуховування повідомлень (Інтентів), що генеруються різними подіями, в даному випадку – відправкою SMS за запитом чи при виході показників температури чи вологості за встановлені межі.

Нотифікація користувача про події може здійснюватись за допомогою стандартного класу Toast. Він виводить на екран коротке повідомлення у вигляді спливаючого вікна. Простий варіант синтаксису функції наступний:

```

Toast toast = Toast.makeText(getApplicationContext(),
"Текст повідомлення", Toast.LENGTH_SHORT);

toast.show();

```

Контролером шаблонів є клас TemplatesActivity.

При відкритті екрану шаблонів контролер отримує список шаблонів і підставляє його елемент ListView.

```
templates = source.getAllTemplates();
refreshListView();
```

Функція refreshListView() створює адаптер (ArrayAdapter<String>adapter) на основі отриманого списку і підключає його до елемента ListView.

```
ArrayList<Template> templates – список шаблонів
```

Кожен шаблон - екземпляр класу Template і має всього 2 поля: Text (текст шаблону) і id (ідентифікатор шаблону в базі). Обидва поля приватні, і мають геттери та сеттери. Об'єкти у такому вигляді необхідно зберігати для збереження актуальності введеної інформації.

Відкриваємо вікно «Моніторинг порту», встановлюємо швидкість «9600 та «NL» (Новий рядок).

Приклад запиту та надсилання SMS представлений на рисунку 3.3.



```
COM9
Connecting...
Connected!
AT
OK
AT+CMGF=1
OK
AT+CMHI=1,2,0,0,0
OK
AT+CMGL="REC U
DATA
SMS send started
SMS send complete
AT+CMGB=
> Temperature: 26.82 °C Humidity: 22.
AT+CMGDA="DEL ALL"
OK
```

Рисунок 3.3 – Приклад запиту та надсилання SMS

При надходженні у відповідь надходить SMS з температурою та вологістю. Також, як зазначалося раніше, при виході показників за рамки встановлених користувачеві також надходить SMS.

В рамках цього розділу роботи коротко представлені деякі особливості налаштування системи. При здійсненні даних дій мобільний додаток працюватиме справно та передаватиме коректні параметри мікроклімату в теплиці, при цьому відправляючи SMS при перевищенні хоча б одного з показників.

НУБІП України

4 ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ МІКРОКЛІМАТУ

ТЕПЛИЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ ДОДАТКУ ДЛЯ ТЕЛЕФОНУ

НУБІП України

4.1 Вихідні дані для тестування

В межах даного розділу магістерської дисертації виконаємо тестування системи контролю мікроклімату теплиці з використанням додатку для телефону.

Тестування системи контролю мікроклімату відбувалося в теплиці без використання власного обладнання. Заміри були взяті з використанням устаткування власника теплиці. Устаткування теплиці відповідає устаткуванню, обраному в межах написання магістерської дисертації.

Ескіз приміщення, де виконувалися заміри, наведений на рисунку 4.1.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

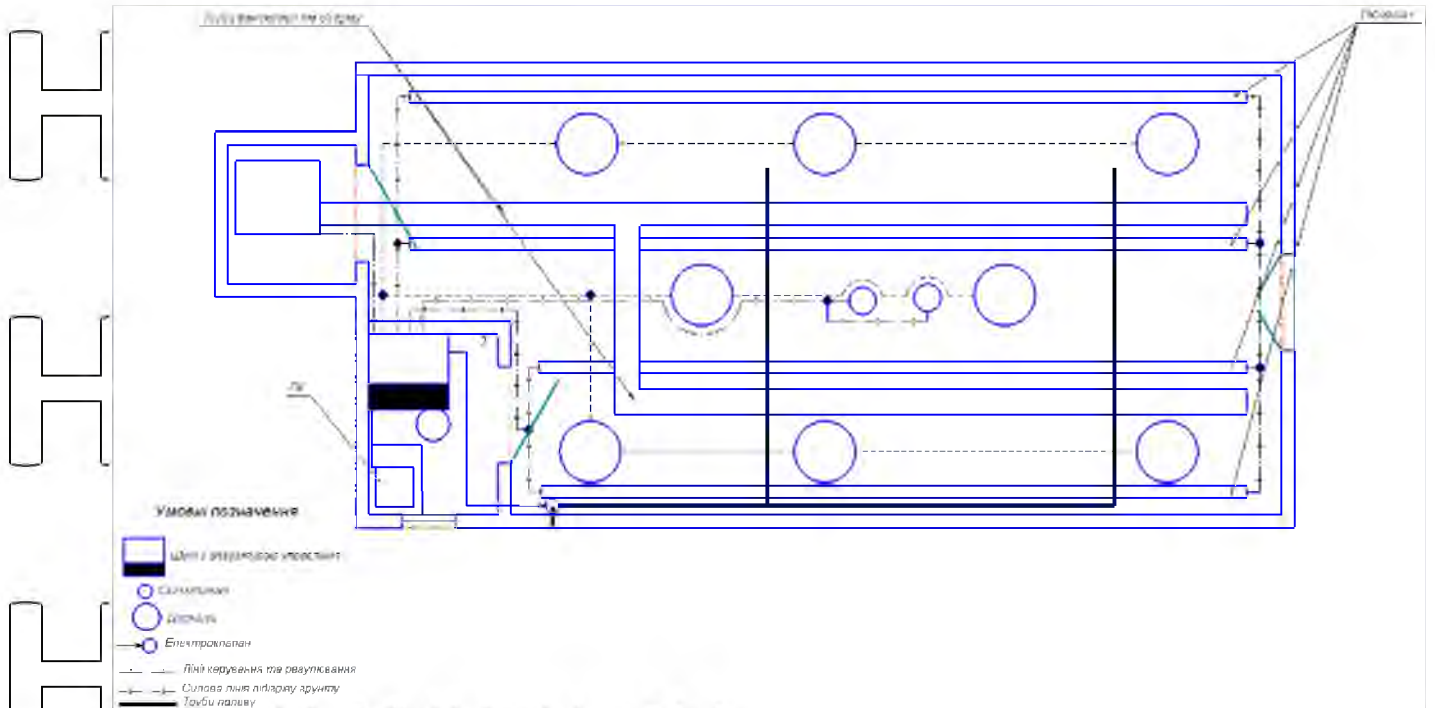


Рисунок 4.1 – Ескіз приміщення теплиці

Результати тестування будуть наведені у наступному підрозділі роботи.

4.2 Тестування та аналіз отриманих результатів

Результати моніторингу параметрів мікроклімату наведені на рисунках нижче.



Рисунок 4.2 – Налаштування параметрів мікроклімату



Рисунок 4.3 – Отриманий графік температури впродовж часу з 12:00 до 18:00

НУБІП України

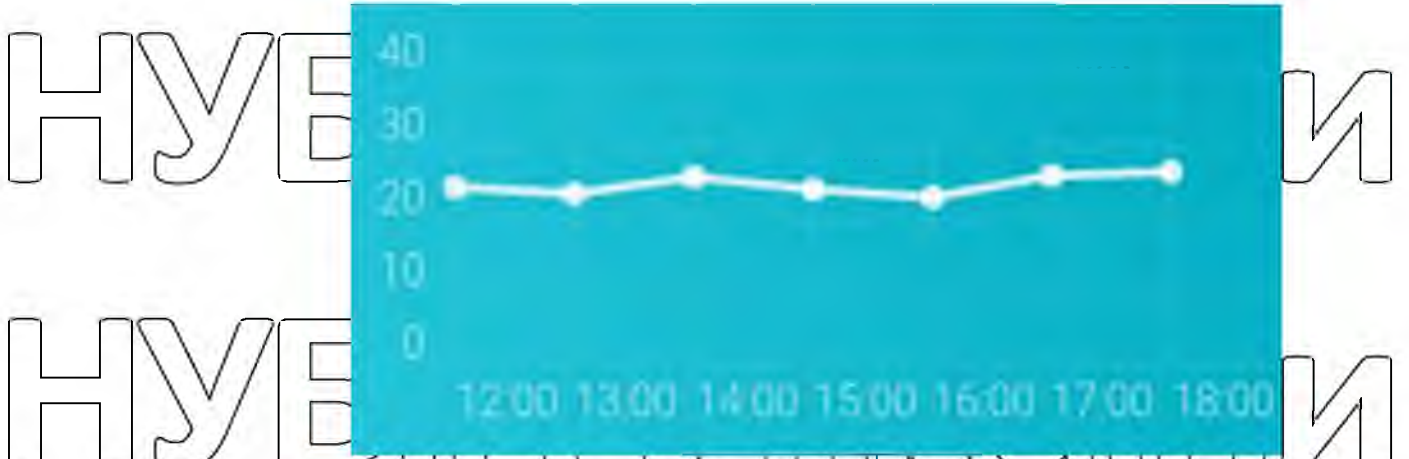


Рисунок 4.4 – Графік температури при заданому значенні від 20 до 27 °С



Температура



Вологість

Рисунок 4.5 – Отримані графіки температури за інших налаштувань (діапазон температур – від 27 до 32 °С, діапазон вологості – від 7 до 12%)

НУБІП України

НУБІП України

Показники за обраний період		
Температура, С	Вологість, %	Час
29.37	9	10:04:35
29.58	10	10:19:36
29.8	10	10:34:36
30	10	10:49:35
30.22	10	11:04:35
30.4	11	11:19:36
30.56	10	11:34:36
30.71	10	11:49:35
30.95	10	12:04:35
30.94	10	12:19:36
31.04	9	12:34:36
31.12	9	12:49:35
31.2	9	13:04:36
31.26	9	13:19:36

Рисунок 4.6 – Вивід показників за обраний період



Рисунок 4.7 – Запит та відправка SMS на телефон з параметрами мікроклімату

Як бачимо, система контролю мікроклімату з застосуванням додатку для телефону працює справно.

В процесі тестування системи також було розглянуто технічні рішення з доопрацювання системи. Одним із шляхів є застосування модулю SIM 800L.

Даний модуль по функціоналу нічим не поступається звичайному мобільному телефону і за його допомогою можна відправляти SMS повідомлення, здійснювати або приймати телефонні дзвінки, підключатися до Інтернету через GPRS. Даний модуль підтримує чотиридіапазонну мережу GSM/GPRS.

Контакти чіпа SIM800L виведені з обох боків модуля. При вмиканні контактів, необхідних для зв'язку з мікроконтролером інтерфейс UART, підтримувана швидкість сягає від 1200 біт/с до 115 200 біт/с з автоматичним визначенням швидкості.

Для підключення до мережі потрібна зовнішня антена, яка йде в комплекті з модулем. Також, на платі є роз'єм U.FL, якщо необхідно підключити виносну антену.

На задній панелі розташоване гніздо для встановлення SIM-картки (підійде будь-яка SIM-картка, головне, щоб була активована). Встановлювати SIM картку необхідно контактами до чіпа SIM800L, а ключ повинен розташовуватися зверху.

Вид знизу модуля наведений на рисунку 4.8.



Рисунок 4.8 – Вид модуля знизу

У правому верхньому куті модуля SIM800L знаходиться світлодіод, який показує стан етільної мережі.

Блимає раз на 1 с – модуль працює, але ще не підключився до мережі.

Блимає один раз на 2 секунди – з'єднання для передачі даних активне.

Блимає раз на 3 с – модуль встановив зв'язок із стільниковою мережею і може надсилати/отримувати голосові та SMS-повідомлення.

Для стабільної роботи модуля SIM800L необхідне джерело живлення з вихідною напругою від 3,4 до 4,4 В (в ідеалі 4,1 В) з максимальним робочим струмом 2А. В якості джерела живлення можна використовувати Li-ion акумулятор (1200mAh та вище) або стабілізатор напруги на LM2596.

При підключенні живлення, яке не відповідає необхідному, модем видає два типи повідомлень. Якщо живлення знаходиться на пороговому рівні (≤ 3.5 , ≥ 4.4), модуль видає попередження UNDER-VOLTAGE WARNING OVER-VOLTAGE WARNING. У випадках, коли граничний рівень перевищений (≤ 3.4 , ≥ 4.5), модуль повідомляє про це – UNDER-VOLTAGE POWER DOWN, OVER-VOLTAGE POWER DOWN та вимикається.

Режими роботи модуля наведені на рисунку 4.9.

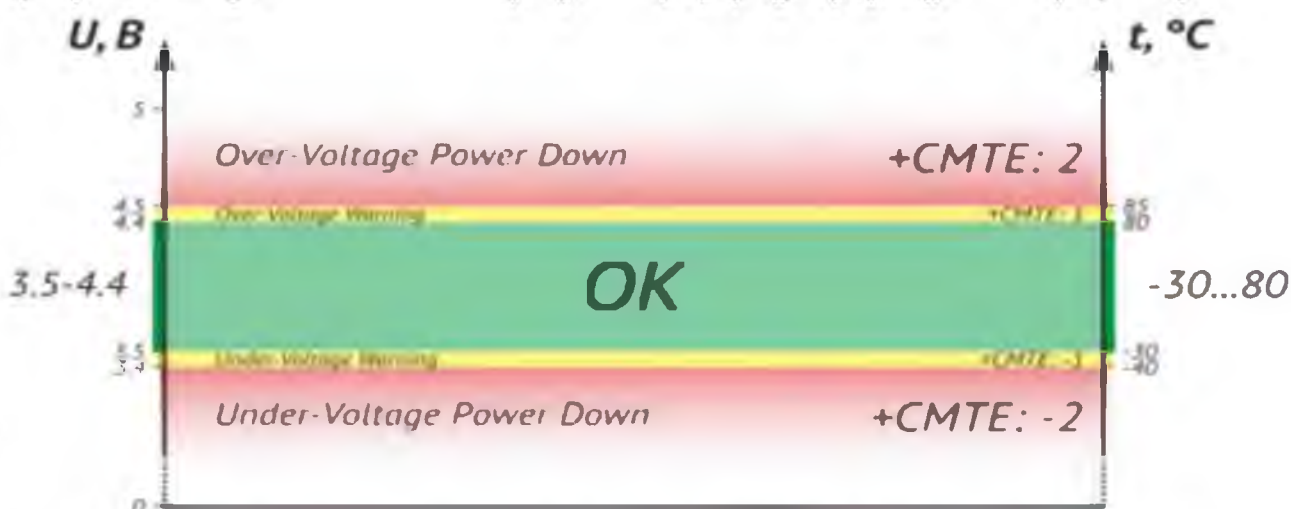


Рисунок 4.9 – Режими роботи модуля SIM800L

Технічні характеристики модуля наведені у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Технічні характеристики модуля SIM4800L

Напруга живлення	3,7-4,4В
Струм режиму очікування	0,7 мА
Формат SIM-картки	micro SIM
Робочий діапазон	EGSM900, DCS1800, GSM850, PCS1900
Потужність передачі	1,2Вт

Також одним із варіантів доопрацювання системи є впровадження датчику вуглекислого газу.

В якості такого датчику в ході тестування системи запропоновано використати датчик MH-Z19B, зовнішній вигляд якого наведений на рисунку 4.10.



Рисунок 4.10 – Зовнішній вигляд датчика MH-Z19B

Датчик вуглекислого газу MH-Z19B – датчик, який детектує рівень CO₂ за принципом недисперсійного інфрачервоного випромінювання (NDIR). Даний

датчик має внутрішню температурну компенсацію, може підключатися по 3-м інтерфейсам, має малі розміри та великий строк служби.

У NDIR використовується дві камери, одна заповнена азотом, а друга - те повітря, яке піддається дослідженню.

Через обидві камери одночасно пропускається пучок інфрачервоного світла. У подібних пристроях зазвичай використовується напівпровідниковий діод, що забезпечує необхідну довжину хвилі. Якщо ж джерело інфрачервоного світла недостатньо стабілізоване, то застосовується оптичний фільтр, що відсікає решту довжини хвиль.

Проходячи через обидві камери, світловий імпульс піддається розсіюванню на молекули газу. Під час дисперсії відбувається розсіювання (запомнення) спрямованого пучка світла та його часткове поглинання молекулами або стінками сенсора. Як правило, в якості базової відправної точки використовується камера з азотом, а результати з другої камери порівнюються з результатами в камері з азотом. В результаті світло, що пройшло через камери, аналізується фотоприймачем та обчислюється вміст шуканого газу. Слід зауважити, що метод дуже точний і мало затратний у плані енергетики.

Технічні характеристики датчика наведені у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики датчика MH-Z19B

Робоча напруга	4,5-5В
Споживання струму	~60мА
Діапазон вимірювання	0-5000 ppm
Інтерфейс	UART
Час прогріву датчика	3 хв.
Робоча температура	До 50°C
Вологість	До 95%

Деградація датчика відбуватиметься через забивання пилом фільтрів, зміни спектральних характеристик у випромінюючого світлодіода та деградацією

фотоприймача. Але ці процеси нешвидкі, тому можна вважати даний датчик таким, що має високі показники надійності.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

В результаті написання магістерської дисертації виконано дослідження системи контролю мікроклімату теплиці з застосуванням мобільного додатку.

У ході аналізу існуючих систем контролю мікроклімату виявлено основні недоліки, серед яких:

- недостатня кількість контрольованих параметрів. Деякі системи контролюють лише температуру, деякі – лише вологість, проте небагато систем контролюють дані два параметри одночасно;

- висока вартість;

- висока похибка вимірювання величин.

В роботі запропоновано систему керування, яка позбавлена даних недоліків та задовольняє наступним вимогам:

- є максимально простою і недорогю,

- має зрозумілу систему управління, яка не потребує особливих знань і навичок;

- має можливість реконфігурувати мікроклімат;

- забезпечує надійну і стійку роботу всіх елементів системи.

В роботі також розглянуто особливості налаштування системи з застосуванням додатку для мобільного телефону. При налаштуванні системи запропоновано додатково відправляти SMS за запитом користувача або при умові, що параметри мікроклімату теплиці виходять за межі допустимих.

На прикладі існуючої теплиці було виконане тестування розробленої системи контролю мікроклімату за двома основними характеристиками: температура та вологість та вуглекислий газ. Встановлено, що система працює без збоїв та повністю готова до експлуатації. Також протестована функція відправки повідомлень із показаннями датчиків на телефон за допомогою використання команди "DATA"

В ході можливих заходів з доопрацювання системи запропоновано додатково впровадити датчик вуглекислого газу для збільшення кількості контрольованих параметрів, а також застосувати модуль SIM800L.

В результаті написання магістерської дисертації було виконано наступні задачі:

1. Виконано огляд літератури з теми дослідження. Наведено аналіз існуючих систем контролю мікроклімату теплиці.

2. Розроблено систему контролю мікроклімату теплиці.

3. Досліджено особливості налаштування системи контролю мікроклімату теплиці з використанням додатку для телефону.

4. Виконано тестування системи контролю мікроклімату теплиці з використанням додатку для телефону.

НУБІП України

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Marco A. Márquez-Vera, Julio C. Ramos-Fernández, Luis F. Cerecero-Natale, Frédéric Lafont, Jean-François Balmat, Jorge Q. Esparza-Villanueva Temperature control in a MISO greenhouse by inverting its fuzzy model Comput. Electron. Agric., 124, 2016. – pp. 168-174.
2. S. Revathi, N. Sivakumaran Fuzzy based temperature control of greenhouse IFAC-PapersOnLine, 49 (1), 2016. - pp. 549-554.
3. Phytotron Facility [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.saveer.com/phytotronfacility.html> (дата звернення: 01.10.2022).
4. Khoshnevisan, S. Rafiee, H. Mousazadeh Application of multi-layer adaptive neuro-fuzzy inference system for estimation of greenhouse strawberry yield Measurement, 47, 2014. pp. 903-910.
5. N. Radojević, D. Kostadinović, H. Vlačković, E. Veg Microclimate control in greenhouses FME Trans., 42, 2014. - pp. 167-171.
6. The Climate manager™. The ultimate in greenhouse automation [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.climatecontrol.com/climate-manager/> (дата звернення: 04.10.2022).
7. BiOrbAIR [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.ambius.ie/biorbair/> (дата звернення: 02.10.2022).
8. SerreMatic (An Automated Greenhouse) [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.instructables.com/SerreMatic-An-Automated-Greenhouse/> (дата звернення: 04.10.2022).
9. F. Rodríguez, M. Berenguel, J.L. Guzmán, A. Ramirez Modelling and Control for Greenhouse Crop Growth Springer, London, 2015. – 56 p.
10. Белов, А.В. Программирование микроконтроллеров для начинающих и не только / А.В. Белов. - СПб.: Наука и техника, 2016. - 352 с.

11. Иванов, В.Б. Программирование микроконтроллеров для начинающих. Визуальное проектирование, язык С, Ассемблер / В.Б. Иванов. - СПб.: Корона-Век, 2015. - 176 с.

12. Уилмсхерст, Т. Разработка встроенных систем с помощью PIC-микроконтроллеров / Т. Уилмсхерст. - СПб.: Корона-Век, 2015. - 544 с.

13. Поджаренко В.О., Кучерук В.Ю., Севастьянов В.М. П44. Основы микропроцессорной техники. Навчальний посібник. - Вінниця: ВНТУ, 2006. - 226 с.

14. Мілих В.І., Шавьолкін О.О. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник. За ред. В.І. Мілих. 2-е вид. - К.: Каравела, 2008. - 688 с.

15. Огородник, К. В. О-39 Мікропроцесорна техніка : навчальний посібник / К. В. Огородник, Б. П. Книш. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 106 с.

16. Мікропроцесорна техніка: Навчальний посібник з дисципліни для всіх форм навчання та студентів іноземців напряму підготовки 6.050701 “Електротехніка та електротехнології” / Уклад. В.В. Кирик. - К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2014. - 183с.

17. Мікропроцесорна техніка [Текст]: навч. посібник / В.В. Ткачов, Г. Грулер, Н. Нойбергер та ін. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 188 с.