

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

Спеціалізовані комп'ютерні засоби для контролю стану домашнього
акваріуму
(тема)

Виконав: здобувач IV курсу, групи КІУКІ-21-8

Бойко Н.В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма

Комп'ютерна інженерія

(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Кривуля Г. Ф.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

Чумаченко С.В.
(прізвище, ініціали)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ Автоматизації проектування обчислювальної техніки _____

Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

Спеціальність _____ 123 Комп'ютерна інженерія _____
(шифр і назва)

Тип програми _____ Освітньо-професійна _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Комп'ютерна інженерія _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«___» травня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувача _____ Бойко Назарія Володимировича _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

Спеціалізовані комп'ютерні засоби для контролю стану домашнього акваріуму

затверджена наказом по університету від "21" __05__ 2025р. № 403Ст. __

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії __10.06.2024__

3. Вихідні дані до роботи (проекту) _____

Плата Arduino Uno

Мікроконтролер (МК) ATmega328

Мова опису апаратури Arduino

Сенсори для контролю стану акваріуму

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці):

Вибір компонентів для створення системи

Платформа реалізації

Модель пристрою

Середовище розробки моделей на мовах опису апаратури

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) 11 слайдів

6. Консультанти розділів роботи (проекту)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів роботи (проекту)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Видача теми проекту, узгодження і затвердження	29.03.2025 -30.03.2025	
2	Аналіз проблемної галузі, постановка задачі, вибір інструментальних засобів	08.05.2025 -11.05.2025	
3	Розробка моделі пристрою	12.05.2025 -15.05.2025	
4	Розробка програмного коду	15.05.2025 -20.05.2025	
5	Аналіз роботи готового пристрою	21.05.2025 -24.05.2025	
6	Тестування пристрою	25.05.2025 -29.06.2025	
7	Оформлення пояснювальної записки	01.06.2025 -08.06.2025	
8	Перевірка виконаного проекту керівником,		
9	Захист проекту		

Дата видачі завдання 29.03.2025

Здобувач _____

Керівник роботи (проекту) _____
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)



проф. Кривуля Г. Ф.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 51 сторінки, 18 рисунків, 3 таблиці, 6 джерел за переліком посилань.

Ключові слова: інтелектуальний акваріум, Arduino, автоматичне керування, штучна екосистема.

Наведено опис розробки універсального пристрою на базі апаратно-програмного комплексу Arduino для акваріумістики, який забезпечує безперервність контролю стану акваріума і процесів життєзабезпечення його мешканців за основними параметрами: вчасна подача корму, підтримка заданого температурного режиму, контроль освітленості, а також дистанційне інформування власника про виникнення нештатних ситуацій. Універсальність і модульність платформи дає можливість застосовувати її для будь-яких типів акваріумів з можливістю розширення функціональності шляхом додавання необхідних датчиків або метрик. Надано опис етапів проектування пристрою, наведено його характеристики і представлено результати його роботи.

ABSTRACT

Report consists: 51 pages, 18 figures, 6 sources in the list of references, 1 appendix.

Keywords: smart aquarium, Arduino, automatic control, artificial ecosystem.

The paper describes the development of a universal device based on the Arduino hardware and software complex for the aquariumistics providing the continuous monitoring of the aquarium status and inhabitants life support processes on the basic parameters: timely supply of fish food, support for a given temperature mode, light control, as well as the remote notification of the owner on emergency situations. The versatility and modularity of the platform allows its use for all types of aquariums with a possibility to extend the functionality by adding the necessary sensors or metrics. The basic stages of designing the device are described, its characteristics and the results of its work are given.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
І ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ СТАНОМ АКВАРІУМУ	9
1.1 Автоматизація управління акваріумом.....	10
1.2 Постановка задачі.....	16
2 СЕНСОРНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ СТАНУ АКВАРІУМУ.....	18
2.1 Сенсор температури	19
2.2 Сенсо якості води.....	22
2.3 Сенсор рівня води.....	23
2.4 Сенсор мутності води.....	24
3 КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ АКВАРІУМУ	
3.1 Вибір та підключення сенсорів.....	29
3.2 Програмні коди налаштування сенсорів.....	34
3.3 Тестування системи.....	46
ВИСНОВКИ	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51
ДОДАТОК А. КОД.....	52

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

IOT – internet of things

CO₂ – вуглекислий газ

ПІД – пропорційно-інтегрально-диференційне регулювання

BME280 – комбінований сенсор температури, вологості та тиску

DHT11 – датчик температури та вологості.

MQ-2 – датчик газу для вимірювання концентрації різних горючих газів,

LCD – рідкокристалічний дисплей для відображення інформації.

I2C – інтерфейс для зв'язку між пристроями через дві лінії передачі даних

VCC – напруга живлення пристрою.

GND – заземлення.

VDD – основне живлення датчика.

ppm – частин на мільйон, одиниця вимірювання концентрації газу.

Arduino – мікроконтролерна плата для електронних пристроїв.

SDA – лінія передачі даних в інтерфейсі I2C.

SCL – лінія годинникового сигналу в інтерфейсі I2C.

гПа – гектопаскалі, одиниця вимірювання атмосферного тиску.

ВСТУП

Управління акваріумом передбачає регулярне технічне обслуговування та догляд за водним середовищем та його мешканцями. Це включає фільтрацію води, регулярну заміну води, підтримання потрібної температури, рівня води забезпечення освітлення та догляд за рослинами.

Розвиток систем сенсорного контролю є одним із ключових напрямків у сучасній автоматизації, який дозволяє створювати комфортні умови для життя, роботи та процесів. Забезпечення оптимальних показників температури, вологості та освітленості є важливим аспектом для підвищення якості життя, збереження здоров'я та енергетичної ефективності мешканців акваріума. Завдяки появі мікроконтролерів, таких як Arduino, створення інтелектуальних систем клімат контролю стало доступним навіть для початківців у сфері електроніки та програмування. Ці платформи дозволяють інтегрувати широкий спектр сенсорів та пристроїв, які здатні аналізувати умови навколишнього середовища та автоматично адаптувати параметри клімату в реальному часі.

Даний проєкт має на меті створення інтерактивної системи клімат-контролю для домашнього акваріуму, яка забезпечує автоматизоване вимірювання, моніторинг та регулювання основних параметрів мікроклімату: температури, вологості, атмосферного тиску та рівня забрудненості повітря..

Розробка системи передбачає використання мови програмування C++ та апаратної платформи Arduino. Реалізація даного проєкту сприятиме вирішенню практичної задачі та поглибленню знань у галузі автоматизації.

1 КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ КОНТРОЛЮ ТА УПРАВЛІННЯ УМОВАМИ В ТЕПЛИЦІ

1.1 Системи автоматизації акваріумних господарств

Автоматизація акваріумних господарств є важливою складовою сучасного господарства, що дозволяє значно підвищити ефективність та продуктивність догляду акваріумних господарств. Це особливо актуально для вирощування тропічних осі, які потребують специфічних кліматичних умов. Системи автоматизації забезпечують точний контроль за параметрами середовища в акваріумах, такими як температура, вологість, освітленість, вміст вуглекислого газу та інші фактори, що впливають на ріст та розвиток осі.

Система автоматизації акваріумних господарств складається з декількох ключових компонентів, які працюють разом для створення оптимальних умов для догляду. До основних компонентів відносяться:

1. Сенсори та датчики: Вони призначені для вимірювання різних параметрів середовища. Наприклад, температурні датчики, гігрометри для вимірювання вологості, світлочутливі датчики для моніторингу рівня освітленості, CO₂ сенсори для контролю концентрації вуглекислого газу. Ці датчики забезпечують постійний моніторинг стану акваріумів та передають дані на центральний контролер.

2. Контролери: Центральний елемент системи автоматизації, який обробляє дані, отримані від сенсорів, і приймає рішення про керування різними пристроями в теплиці. Контролери можуть бути програмовані для підтримання необхідних параметрів середовища в автоматичному режимі.

3. Програмне забезпечення: Сучасні системи автоматизації теплиць оснащені спеціальним програмним забезпеченням, яке дозволяє

здійснювати моніторинг, аналіз та керування всіма процесами в теплиці. Програмне забезпечення може мати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для користувача та можливість віддаленого доступу через інтернет.

Впровадження систем автоматизації в акваріумних господарствах має ряд значних переваг:

1. Підвищення ефективності: Автоматизовані системи дозволяють підтримувати оптимальні умови для росту, що призводить до збільшення якості продукції.

2. Економія ресурсів: Завдяки точному контролю за витратами води, електроенергії та корму, можна значно знизити операційні витрати. Автоматизація також допомагає уникнути перевитрат ресурсів та знижує вплив людського фактора.

3. Зменшення трудових витрат: Системи автоматизації скорочують потребу в ручній праці, дозволяючи зосередитися на більш стратегічних задачах управління господарством. Це особливо важливо для великих комплексів.

4. Підвищення надійності та стабільності: Автоматизовані системи забезпечують стабільність умов вирощування, що мінімізує ризики, пов'язані з несприятливими змінами клімату або іншими зовнішніми факторами.

5. Можливість віддаленого керування: Багато сучасних систем автоматизації підтримують віддалений доступ, що дозволяє контролювати та керувати процесами в теплиці з будь-якого місця, де є доступ до інтернету. Це забезпечує гнучкість та оперативність управління.

Приклади використання систем автоматизації в акваріумних господарствах :

1. Клімат-контроль: Автоматичні системи клімат-контролю дозволяють точно регулювати температуру і вологість . Наприклад, якщо температура в перевищує заданий поріг, система може автоматично

включити вентиляцію або охолодження, щоб знизити температуру до оптимального рівня.

2. Автоматичне доливання води: Системи автоматичного зрошення можуть програмуватися для подачі води у визначені часи або в залежності від рівня вологості. Це забезпечує оптимальний режим поливу та запобігає пересиханню або перезволоженню.

3. Освітлення: Для вирощування тропічних рослин може бути необхідне додаткове освітлення. Автоматизовані системи освітлення регулюють інтенсивність та тривалість освітлення, забезпечуючи рослини необхідною кількістю світла протягом дня.

4. Контроль концентрації CO₂: Підтримання оптимального рівня вуглекислого газу у акваріумі сприяє покращенню фотосинтезу та росту рослин. Системи автоматизації контролюють рівень CO₂ і, при необхідності, дозують його подачу.

Системи автоматизації акваріумних господарств є невід'ємною частиною сучасного господарства, забезпечуючи ефективне та стабільне вирощування рослин, особливо тропічних видів, які потребують специфічних умов. Інтеграція таких систем дозволяє значно підвищити продуктивність, економічність та стійкість господарств, що в свою чергу сприяє розвитку галузі в цілому.

Сенсори та датчики є ключовими елементами систем автоматизації акваріумних господарств. Вони забезпечують збір даних про різні параметри середовища, необхідні для оптимального догляду та вирощування. Кожен тип сенсора відповідає за вимірювання конкретного параметру, і всі вони разом дозволяють створити цілісну картину умов. Нижче розглянемо основні типи сенсорів та їх функції детальніше.

Контролери є центральним елементом систем автоматизації господарств. Вони обробляють дані, отримані від сенсорів, і приймають рішення щодо керування різними пристроями в акваріумі-теплиці. Ці

рішення спрямовані на підтримання оптимальних умов для вирощування тропічних рослин. Контролери можуть бути програмовані для автоматичного управління параметрами середовища на основі встановлених алгоритмів і налаштувань. Розглянемо детальніше функції та особливості роботи контролерів.

Контролери отримують дані від різних сенсорів, які моніторять параметри середовища, такі як температура, вологість, освітленість, концентрація CO₂ та інші. Контролер збирає ці дані і проводить їх обробку, аналізуючи поточний стан середовища в теплиці.

На основі аналізу даних контролери приймають рішення щодо керування різними пристроями в теплиці. Це включає вмикання або вимикання систем обігріву, охолодження, зрошення, вентиляції та освітлення. Прийняття рішень базується на встановлених алгоритмах, які враховують оптимальні параметри для росту тропічних рослин.

Контролери передають команди виконавчим пристроям (акторам), які виконують необхідні дії для підтримання оптимальних умов. Наприклад, якщо температура в теплиці підвищується, контролер може подати команду на включення системи охолодження або вентиляції.

Контролери можуть бути програмовані для роботи за заданими алгоритмами. Це дозволяє налаштовувати систему під конкретні потреби рослин. Програмування контролерів включає налаштування порогових значень для параметрів середовища, встановлення графіків роботи систем та визначення умов для виконання тих чи інших дій.

Контролери забезпечують постійний моніторинг стану теплиці та роботу всіх систем. Вони також можуть проводити діагностику обладнання і виявляти можливі несправності або відхилення від нормальної роботи, що дозволяє швидко реагувати на проблеми.

PLC є широко використовуваними в автоматизації завдяки своїй надійності і гнучкості. Вони здатні обробляти великий обсяг даних у

реальному часі і виконувати складні алгоритми управління. PLC мають модульну конструкцію, що дозволяє легко додавати нові сенсори і виконавчі пристрої.

Мікроконтролери є більш компактними і дешевшими, ніж PLC, але також здатні виконувати завдання автоматизації. Вони зазвичай використовуються в менших або менш складних системах. Мікроконтролери можуть бути програмовані за допомогою різних мов програмування, таких як C або Python.

Інтегровані контролери поєднують функції збору даних, обробки і керування в одному пристрої. Вони часто мають вбудоване програмне забезпечення і можуть бути підключені до інтернету для віддаленого моніторингу і керування. Такі контролери часто використовуються в сучасних "розумних" теплицях.

Контролери отримують сигнали від сенсорів через різні інтерфейси (аналогові або цифрові входи) і передають команди акторам через виходи (реле, транзистори тощо). Це дозволяє контролерам ефективно управляти різними системами теплиці.

Алгоритми управління можуть бути простими або складними, залежно від потреб. Вони можуть включати пропорційно-інтегрально-диференційне ПД регулювання, логічне управління, часові графіки та інші методи. Алгоритми визначають, які дії необхідно виконати для підтримання параметрів середовища в заданих межах.

Сучасні контролери часто підтримують можливість віддаленого доступу через інтернет. Це дозволяє управляти теплицею з будь-якої точки світу, отримувати дані в режимі реального часу, налаштовувати параметри системи і отримувати сповіщення про несправності або відхилення.

Контролери можуть інтегруватися з іншими системами автоматизації, такими як системи управління фермерськими господарствами (FMS), системи прогнозування погоди та інші. Це

забезпечує комплексний підхід до управління теплицею і дозволяє використовувати дані з різних джерел для оптимізації процесів вирощування.

Контролери є центральним елементом систем автоматизації господарств, забезпечуючи обробку даних, прийняття рішень і керування різними пристроями для підтримання оптимальних умов вирощування тропічних рослин. Вони дозволяють автоматизувати процеси, знижуючи людський фактор і підвищуючи ефективність та стабільність роботи теплиць.

Сучасні контролери забезпечують високий рівень гнучкості, надійності і інтеграції, що робить їх незамінними в сучасному сільському господарстві. взаємодії з системою, а також надає можливість віддаленого доступу через інтернет, що значно підвищує гнучкість і оперативність управління. Контролери є центральним елементом систем автоматизації господарств, забезпечуючи обробку даних, прийняття рішень і керування різними пристроями для підтримання оптимальних умов вирощування тропічних рослин. Вони дозволяють автоматизувати процеси, знижуючи людський фактор і підвищуючи ефективність та стабільність роботи теплиць. Сучасні контролери забезпечують високий рівень гнучкості, надійності і інтеграції, що робить їх незамінними в сучасному сільському господарстві. взаємодії з системою, а також надає можливість віддаленого доступу через інтернет, що значно підвищує гнучкість і оперативність управління.

ПЗ для автоматизації теплиць забезпечує постійний моніторинг різних параметрів середовища, таких як температура, вологість, освітленість

Сучасні системи автоматизації оснащені спеціальним програмним забезпеченням (ПЗ), яке відіграє ключову роль у моніторингу, аналізі та

керуванні всіма процесами, що відбуваються в теплиці. Програмне забезпечення забезпечує зручний і ефективний інтерфейс для

, концентрація CO₂ та інші. Всі дані, зібрані сенсорами, відображаються в реальному часі на панелі моніторингу:

- Візуалізація даних: ПЗ часто використовує графічні інтерфейси, що дозволяють візуалізувати дані у вигляді графіків, таблиць та діаграм. Це полегшує аналіз і контроль параметрів.

- Сповіщення та алерти: Програмне забезпечення може генерувати сповіщення у випадку виходу параметрів за встановлені межі, що дозволяє оперативно реагувати на відхилення і вживати необхідних заходів.

Програмне забезпечення дозволяє проводити глибокий аналіз зібраних даних для оптимізації процесів вирощування:

- Історичні дані: Зберігання історичних даних дозволяє аналізувати тенденції і виявляти закономірності у змінах параметрів середовища.

- Аналіз ефективності: ПЗ може оцінювати ефективність роботи систем обігріву, охолодження, зрошення та інших, що дозволяє оптимізувати їх використання.

- Прогнозування: Деякі програмні рішення можуть використовувати алгоритми машинного навчання для прогнозування майбутніх умов і оптимізації управління.

ПЗ забезпечує централізоване керування всіма системами автоматизації теплиці:

- Автоматичне керування: Програмне забезпечення може автоматично керувати системами обігріву, охолодження, зрошення та освітлення на основі даних сенсорів і заданих алгоритмів.

- Ручне керування: Оператори можуть вручну налаштовувати параметри систем, змінювати налаштування і відправляти команди у разі необхідності.

- Планування: ПЗ дозволяє створювати графіки поливу, обігріву та інших дій, що допомагає оптимізувати використання ресурсів.

Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача є однією з головних переваг сучасного програмного забезпечення для автоматизації теплиць. Основні особливості інтерфейсу включають:

- Головна панель (Dashboard): Основний екран, який відображає ключові показники теплиці у реальному часі, дозволяє швидко оцінити стан середовища.

- Налаштування та конфігурація: Розділ для налаштування параметрів систем, програмування алгоритмів і створення графіків роботи.

- Сповіщення: Вікно для відображення сповіщень і алертів, що допомагає швидко реагувати на критичні ситуації.

- Звіти та аналітика: Інструменти для генерації звітів і аналізу зібраних даних, що допомагають у прийнятті рішень.

Можливість віддаленого доступу є однією з ключових функцій сучасного ПЗ для автоматизації теплиць:

- Доступ через інтернет: Програмне забезпечення дозволяє керувати теплицею з будь-якої точки світу за допомогою підключення до інтернету. Це може бути реалізовано через веб-інтерфейс або мобільні додатки.

- Безпека: Забезпечення безпечного доступу через авторизацію і шифрування даних. Це важливо для захисту системи від несанкціонованого доступу.

- Оперативність: Віддалений доступ дозволяє оперативно реагувати на зміни умов, навіть якщо оператора немає на місці.

1.2 Постановка задачі

- Визначення потреби в комп'ютерних засобах для забезпечення оптимальних умов у акваріумах.

- Аналіз вимог до системи контролю та моніторингу, зокрема, вимірювання температури, вологості, рівня CO₂ та інших параметрів.

- Виявлення необхідності розробки нових компонентів або використання наявних технологій та рішень для оптимального функціонування системи.

акваріумах, включаючи інтеграцію з IoT засобами.

- Визначення засобів інтеграції з існуючими системами контролю та моніторингу в теплиці.

- Реалізація алгоритмів контролю та управління з використанням IoT технологій.

- Розробка програмних модулів для збору, обробки та аналізу даних від сенсорів.

2 СЕНСОРНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАНУ АКВАРІУМУ

Сенсори та датчики є основними та критичними елементами систем автоматизації акваріумних господарств. Вони забезпечують точний та постійний моніторинг параметрів середовища, дозволяючи створити і підтримувати оптимальні умови для акваріумних господарств. Інтеграція сенсорних систем підвищує ефективність управління.

Сенсори постійно збирають дані про відповідні параметри середовища. Ці дані передаються до центрального контролера, який аналізує отриману інформацію та приймає рішення про необхідні дії для підтримання оптимальних умов. Наприклад, якщо температурний датчик фіксує підвищення температури, контролер може включити систему охолодження або вентиляції.

Інформація від сенсорів може також бути використана для довгострокового аналізу та оптимізації процесів.

Покажемо сенсори для перспективного використання в акваріумних господарствах.

- Ємнісні гігрометри: Вимірюють вологість, змінюючи свою електричну ємність у відповідь на вологість повітря. Вони точні та надійні.

- Резистивні гігрометри: Змінюють свій електричний опір в залежності від вологості. Вони менш точні, ніж ємнісні, але можуть бути дешевшими.

Світлочутливі датчики (фотодатчики) вимірюють рівень освітленості в теплиці, що є критичним для фотосинтезу:

- Фоторезистори: Змінюють свій опір залежно від рівня світла. Вони прості у використанні та недорогі.

- Фотодіоди та фототранзистори: Залежно від інтенсивності світла генерують електричний сигнал. Вони більш точні та швидкі в порівнянні з фоторезисторами.

Концентрація вуглекислого газу (CO₂) впливає на процес фотосинтезу, а отже, на ріст рослин. CO₂ сенсори вимірюють рівень цього газу в теплиці:

- Інфрачервоні (NDIR) сенсори: Використовують інфрачервоне випромінювання для вимірювання концентрації CO₂. Вони дуже точні та стабільні.

- Хімічні сенсори: Взаємодіють з CO₂, змінюючи свої електрохімічні властивості. Вони можуть бути дешевшими, але менш точними.

Окрім основних сенсорів, можуть використовуватися і інші датчики для забезпечення більш детального моніторингу умов у теплиці:

- Барометри: Вимірюють атмосферний тиск, що може впливати на транспірацію рослин.

- Почво-вологості датчики: Вимірюють вологість ґрунту, допомагаючи уникнути пересихання або перезволоження.

- Почво-температурні датчики: Вимірюють температуру ґрунту, що є важливим для кореневої системи рослин.

2.1 Сенсори температурн

Температурні датчики вимірюють температуру повітря та ґрунту в акваріумних господарствах. Підтримання оптимальної температури є критичним для здоров'я та росту тропічних рослин, які звикли до теплих умов. Найпоширенішими є термістори та термопари:

- Термістори: Ці датчики змінюють свій опір у відповідь на зміни температури. Вони дуже точні та швидкі в реакції на зміни температури.

- Термопари: Використовують два різних метали, які створюють електричний потенціал, що змінюється з температурою. Вони здатні вимірювати широкий діапазон температур і часто використовуються в промислових застосуваннях.

Беспровідний сенсор температури зображений на рис.2.1.



Рисунок 2.1 Беспровідний сенсор температури

2.2 Сенсори якості води

Для акваріуму якість води – це дуже важливе та загальне поняття, яке охоплює широкий діапазон. Для того щоб вода вважалася придатною до вживання вона має відповідати ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Критерії якості питної води повинні відповідати таким гігієнічним вимогам: бути безпечною в епідемічному та радіаційному відношенні, мати сприятливі органолептичні властивості і нешкідливий хімічний склад. Для створення питної води слід віддавати перевагу воді з підземних джерел питного водопостачання, які ефективно захищені від біологічного, хімічного та радіаційного забруднення.

Для оцінки гігієнічної безпеки та якості питної води проводять аналіз бактеріологічних показників (мікробіологічних, паразитарних), санітарно-хімічних (органолептичних, фізико-хімічних, санітарно-токсикологічних), а також радіаційних показників. Гігієнічні вимоги до питної води включають такі аспекти, як відсутність шкідливих мікроорганізмів, хімічних забруднень, належний рівень мінералізації та інші фізико-хімічні параметри.

Для перевірки, чи підходить вода вимогам існують різні типи датчиків:

- датчик рН
- датчик провідності
- датчик залишкового хлору
- датчик мутності
- датчик розчиненого кисню
- датчик ОВП
- датчик рівня нітратів
- датчик іонів аміак-азоту
- датчик хлорофілу
- датчик іонного зонду

Один параметр		
Сенсорна Модель	Параметр водного моніторингу	Приклади
ATI	Вільний Хлор	[Hall et al. 2007]
Hach model A-15 Cl-17	Усього хлору	[Hall et al. 2007]
Hach 1720 D, WQ730, WQ720	Мутність	[Hall et al. 2007; Xylem Inc. 2015b]
GLI Model PHD, WQ201, WQ101	pH	[Hall et al. 2007; Xylem Inc. 2015b]
GLI Model 3422, WQ-Cond	Специфічна провідність	[Hall et al. 2007; Xylem Inc. 2015b]
Hach Astro TOC Ultraviolet / Process analyzer	Кількість органічного карбону	[Hall et al. 2007]
WQ401	Розчинений кисень	[Xylem Inc. 2015b]
WQ600	Окислювально-відновний потенціал	[Xylem Inc. 2015b]
Декілька параметрів		
Сенсорна Модель	Параметр водного моніторингу	Приклади
Dascore six-sense sonde	Конкретна провідність, розчинений кисень, окислювально-відновний потенціал, температура, вільний хлор.	[Hall et al. 2007]
YSI 6600 Sonde, 6820 V2, 600XL, WQMS	Конкретна провідність, розчинений кисень, окислювально-відновний потенціал, pH, температура, вільний хлор, аміак-азот, хлорид, нітрат-кисень, каламутність.	[Hall et al. 2007; Xylem Inc. 2015b]
Hydrolab Data Sonde 4a	Питома провідність, розчинений кисень, окислювально-відновний потенціал, pH, температура, вільний хлор, аміак-азот, хлорид, нітрат-кисень, каламутність.	[Hall et al. 2007]
Smart Water (Libelium)	Провідність, розчинений кисень, окислювально-відновний потенціал, pH, температура, каламутність, нітрати, розчинені іони.	[Libelium 2014]

Таблиця 2.1 – Поширені комерційно доступні датчики якості води та їх можливості для вимірювання параметрів якості води.

Існує ряд комерційно доступних бездротових сенсорних вузлів для вимірювання параметрів якості води. Ці бездротові сенсорні вузли розроблені для роботи в різноманітних ситуаціях, починаючи від короткочасного або точкового відбору проб параметрів якості води до довготривалого неконтрольованого моніторингу та аналізу. Крім того, існують інші датчики, призначені для плавання на воді, наприклад буї з регуляторами потоку та міні-лабораторії для збору проб води для аналізу. Різні типи комерційних датчиків представлені в таблиці 2.1 Датчики поділяються на одиничні та множинні параметри залежно від кількості параметрів якості води, які датчик здатний виявити. У кількох

дослідженнях також запропоновано використання спеціалізованих апаратних пристроїв для підтримки бездротових сенсорних вузлів для вимірювання параметрів якості води. Широко використовують сенсор

рН-датчик Atlas Scientific

Параметр рН води — це показник, який відповідає за активність іонів водню у водних розчинах. Чим більше рН, тим кисліше розчин. Кислотність визначає появу корозії на металевих сплавах, провокує хімічні реакції, впливає на рівень забруднення токсичними речовинами. Необхідно контролювати водневий показник, оскільки він безпосередньо впливає на здоров'я людини. Тканини живого організму вельми чутливі до коливань показника рН. За межами певного діапазону (7.37-7.44) відбувається денатурація білків: руйнуються клітини, ферменти втрачають здатність виконувати свої функції, внаслідок чого можлива навіть загибель організму. Коли рН крові знижується, тіло починає накопичувати кислі речовини (зазвичай токсини) у клітинах, використовуючи клітини немов сміттєві баки, щоб врятувати кров від закислення. Клітини організму стають більш кислими і токсичними, що призводить до зменшення їх рівня кисню та пошкоджує їх ДНК. Тому дуже важливо слідкувати за рівнем рН у воді, бо це має дуже високий вплив на живі організми. Широко використовують сенсор рН-датчик Atlas Scientific, який показано на рис. 2.2



Рисунок 2.2 – Atlas Scientific pH Probe

Електрод порівняння	Срібло / хлорид срібла
Подвійне з'єднання	Так
Максимальна глибина	70 м
Довжина кабелю	1 метр
Вага	49 грамів
Швидкість реакції	95% за 1 секунду
Ізопотенціальна точка	pH 7,00 (0 мВ)
Розміри	12 мм x 150,6 мм
SMA роз'єм	Male
Стерилізація	Тільки хімічний
Food Safe	Так

2.3 Аналоговий сенсор рівня води

Аналоговий сенсор рівня води, який використовує контактні дорожки для подачі сигналів й електропровідність води для вимірювання

її рівняє найбільш просту структуру. Датчик має десять контактних ліній, які занурюються у воду. Разом з підвищенням рівня води лінії все більше контактують з водою, а електричний опір між контактами знижується. Після цього зміна опору перетворюється в аналоговий сигнал, який в подальшому зчитується мікроконтролером і використовується для сповіщення користувача про рівень води в акваріумі. Цей датчик – хороший вибір для проєктів, де рівень води постійно змінюється, в розроблюваній системі це акваріум, в якому з часом випаровується деяка кількість води. Сенсор повинен бути стійким до різноманітних умов, а тому може витримувати низькі температури; - датчик є недорогим для придбання і його встановлення не спричиняє великих проблем. Загалом, аналоговий датчик рівня води, який використовує контактні лінії для подачі сигналів, є надійним і точним способом вимірювання рівня води і дуже добре підходить для блоку сигналізації про рівень води у автоматизованій системі керування розумним акваріумом. На рисунку 3.7 зображено зовнішній вигляд обраного датчику рівня води,

Датчик вимірювання рівня рідини.

Технічні характеристики:

- Робоча напруга: DC3-5V
- Робочий струм: менше 20 мА
- Тип датчика: аналоговий
- Площа виявлення: 40мм x 16мм
- Виробничий процес: FR4 двостороння HASL
- Робоча температура: 10 - 30 градусів
- Вологість: 10% -90% без конденсації
- Вага продукту: 3,5 г
- Розмір: 62мм x 20мм x 8мм

2.4 Сенсор мутності води

Залежно від того, як світло взаємодіє зі зваженими частинками в рідині, можна визначити каламутність рідини. Це простий показник, за яким можна оцінити якість води, а також виявити біологічне, органічне або неорганічне джерело забруднення. Надто висока помутнілість може свідчити про проблеми в процесі обробки води. Для вимірювання використовують спеціальний прилад – занурювальний датчик каламутності води:

Вимірювач каламутності води: принцип роботи

Непрозорість рідини залежить від кількості світла, яке розсіюється зваженими частинками. Що їх більше, то сильніше розсіюватиметься світло у воді. Орієнтуючись на цей показник, можна легко визначити загальну концентрацію частинок (TSS). Оптичний датчик каламутності вимірює інтенсивність світлового променя (під кутом 90 або 180 градусів), що проходить через пробу води. Що вищий показник TSS, то більш замуненою є рідина. У датчику каламутності води передбачена система подвійного імпульсного світлового пучка. Вона компенсує зміщення від оптичних компонентів. У середині корпусу приладу проходять зацифровані сигнали, що знижують ймовірність електричних перешкод під час передачі сигналу. При цьому датчик каламутності води постійно контактує з робочим середовищем. Завдяки цьому результати вимірювань не залежать від вологості або конденсату. Крім того, оптичний прилад не потребує заміни силікагелю. Це значно спрощує обслуговування пристрою.

Де використовують датчики помутніння води. Завдяки цим приладам оптичного типу можна вимірювати помутніння в акваріумістичці. Для забезпечення безпеки та контролю за якістю середовища акваріуму в приміщеннях, у системі клімат контролю використовується вимірювач каламутності води:

Платформа TU5 має унікальну оптичну систему, яка бачить більше в порівнянні з будь-яким іншим мутноміром. Серія TU5 використовує унікальну оптичну систему, яка бачить більше, ніж будь-який інший мутномір, показуючи кращу чутливість та точність в низькому діапазоні, мінімізуючи розбіжність між результатами вимірювань. Вперше ви зможете виключити невизначеність у тому, на який вимір покладатися: на лабораторний або виконаний наявними приладами. Все завдяки ідентичній технології $360^\circ \times 90^\circ$, яка застосовується в кожному мутномірі серії TU5. Лазерний мутномір TU5300 sc низького діапазону кардинально скорочує тривалість вимірювання каламутності з отриманням достовірних результатів.

Стійке джерело лазерного випромінювання виключає необхідність у щорічній заміні ламп. Площа для замірів мутноміром зменшена на 98%, що дозволить вам економити час на очищення. Надається модуль автоматичного очищення, що підтримує ваш прилад в чистоті, скорочуючи тривалість подальших процедур очищення приладу. Все це, поряд з можливістю проводити вимірювання з точністю до 2 mNTU, виводить вас на новий стандарт в еволюції вимірювання каламутності. Тільки нові лабораторні та технологічні мутноміри серії TU5 з можливістю виявлення $360^\circ \times 90^\circ$ гарантують безпрецедентну впевненість в тому, що зміни в зчитувальних значеннях означають зміни, що відбулися в воді. Серія приладів TU5 кардинально економить час, необхідний для вимірювань каламутності, на які ви можете покладатися, при цьому на 98% скорочується робота по очищенню поверхні контакту з пробєю при вимірах в реальному режимі часу, для калібрування надаються герметичні флакони, при цьому виключається необхідність маркування з витратами силіконового мастила в лабораторії. При невеликих обсягах проб в реальному режимі часу ви будете виявляти зміни практично миттєво.

Система Prognosys здійснює експрес-контроль вашого приладу серії TU5 заздалегідь попереджаючи вас про необхідні процедури технічного обслуговування до того, як ваші вимірювання зможуть бути поставлені під сумнів. Датчики TSS sc – це рішення для практично всіх додатків, де вимагають вимірювання каламутності та завислих речовин в промислових рідинах. Великий їх плюс в тому, що вони надають точні результати будь то джерельні води, або щільний мул і емульсії. Обробляючи вісім різних сигналів, можна проводити вимірювання каламутності та завислих речовин в досить широкому діапазоні концентрацій і тільки з одним датчиком. Датчики TSS SC спеціально розроблені для промислових завдань. Діапазон вимірювання: каламутність 0,001-4000 FNU, завислі речовини 0,001-500 г/л.

3 КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ СТАНУ АКВАРІУМУ

3.1 Вибір та підключення сенсорів

Основним етапом проектування автоматизованої комп'ютерної системи є макетування та моделювання. Для наглядності використовуємо програму Fritzing. Програма дозволяє в графічному режимі моделювати збірку системи.

Першим етапом створення системи є підключення плати Arduino Nano до живлення. Джерелом живлення використовуємо блок живлення AC-DC 220 – 12 вольт. Піковим значенням вихідного струму, виробником зазначено, 15А – рис.3.1.



Рисунок 3.1 AC-DC 220 вольт

Платформа Arduino Nano передбачає підключення до нестабілізованому джерелу живлення 5-20В, однак для стабільної роботи необхідно використати стабілізоване джерело з напругою 5В. В якості понижуючого стабілізатора використовується перетворювач DC-DC LM2596. У цьому перетворювачу передбачена регулювання вихідної напруги. Регулювання напруги здійснюється за допомогою підстроєчного резистора на модулі. Вхідна напруга 3.2 - 40 В, вихідна 1.25 - 35 В, яке завжди менше вхідного в кілька разів. Максимальний вихідний ток до 3А

при умові охолодження. Підключив до проекту Arduino Nano підключаємосенсори.

На платі Arduino є контакт для підключення живленнясенсорів, однак використання цього контакту веде до підвищеної навантаження на вбудований стабілізатор. З цієї причини підключення сенсорів і схем слід робити безпосередньо до джерела живлення Arduino. Виконуємо підключення сенсора температури і вологості повітря.

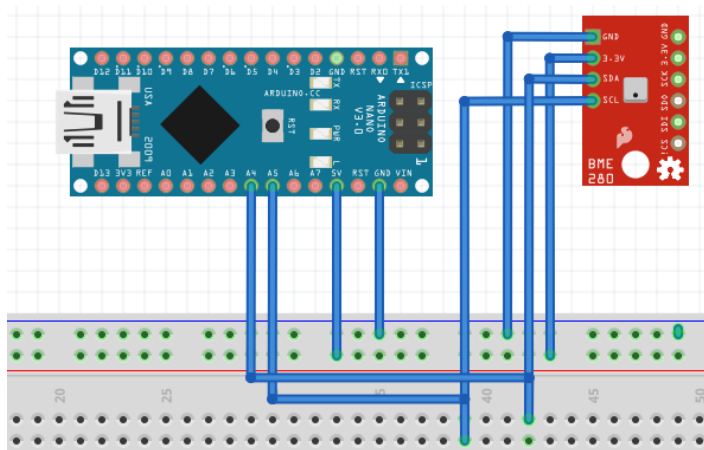


Рисунок 3.2 Підключення сенсора температури і вологості повітря

На рисунку 3.2 зображено графічне зображення підключеної платформи Arduino Nano і датчика температури і вологості повітря.

Наступним етапом макетування системи підключаємо дисплей. Так, як управляється дисплей шини I2C підключення керуючих контактів, необхідно реалізувати точно позначені контакти на платі Arduino

Таким чином, сенсор температури і вологості, дисплей підключено до Arduino Nano – рис.3.3.

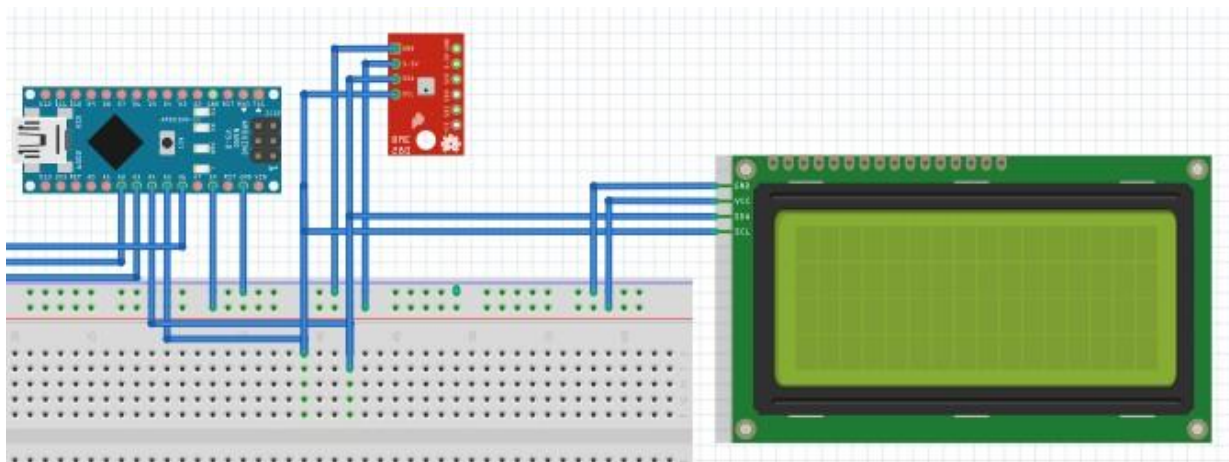


Рисунок 3.3 Дисплей підключено до Arduino

Наступним етапом є вибір та установка аналогових сенсрів. У якості контактів, що приймають сигнали з аналоговиххсенсорів, вибрані контакти А0-А3 включно. Аналогові сенсори, як і всі, вимагають зовнішнього підключення живлення 5 вольт.

На схематичному зображенні підключення аналогових сенсорів, датчик MQ-2 замінений на MQ-3, у зв'язку з відсутністю в базі першого елемента. Однак схемотехніка повністю ідентична, розрізняється тільки в елементах. Подавати живлення на датчики можна напряму з плати Arduino, однак використання джерела живлення на прямій для подачі напруги на датчики гарантує стабільну роботу системи та відсутність ймовірності виходу зі строя основної плати мікроконтроллера.

У сенсорі вологи ґрунту присутній потенціометр, регулюючий порогове значення, порівнюване компаратором LM393 зі значенням, отриманим з датчика. У разі, якщо значення, встановлене потенціометром, виявиться нижче отриманого з датчика на платі датчика засвітиться світлодіод. Схематичне зображення підключення аналогових датчиків зображено на рис.3.4.

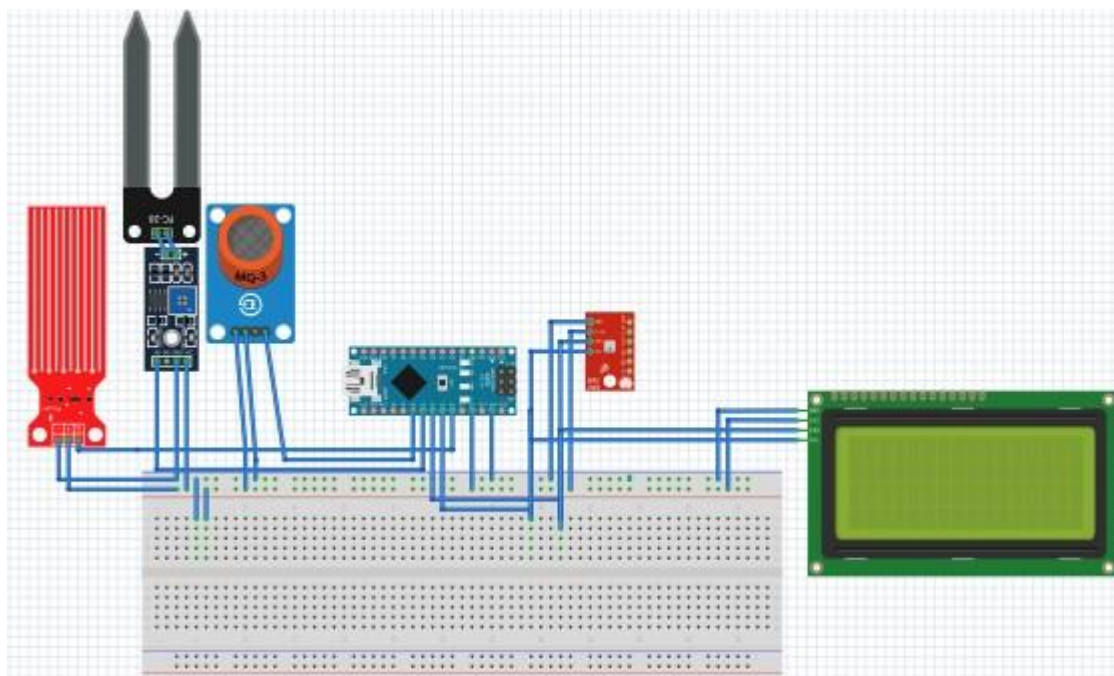


Рисунок 3.4 Схема підключення аналогових сенсорів

Для комутації сильноточних ланцюгів необхідно використовувати реле. Реле виконуються в якості релейного модуля, що містить в собі один або кілька реле, а також радіодеталей, що здійснюють гальванічну розв'язку між керуючими контактами і силовими. Реле може управляти практично чим завгодно, але проблеми виникають саме з індуктивним навантаженням. При різкому включенні та відключенні індуктивного навантаження створюється викид, напруга якого може в кілька разів перевищити напругу живлення ланцюгів, цей викид провокує електромагнітні наводки в електричних ланцюгах, які приводяться до збоїв у роботі мікроконтролера та інших компонентів. Індуктивним навантаженням є мотори, приводи, помпи, соленоїди, електромагніти, соленоїдні клапани. З цієї причини не рекомендується використовувати звичайні реле без обов'язки. Для комутації ланцюгів змінного потоку рекомендується використовувати твердотільні реле, так як звичайні реле працюють за принципом замикання контактів. При більших потужностях в момент замикання відбувається іскри, що призводить до підгорання

контактів, зменшення площі соприкосновения контактних майданчиків. В результаті відбувається нагрівання реле, що небезпечно виникненням пожежі. Слід врахувати, що твердотільні реле також нагріваються, проте дане явище проявляється на більш високих потужностях, і не пов'язане з погіршенням характеристик реле.

Розглянемо схематичне підключення реле до плати. Як сигнальні висновки позначені контакти D2-D5. На схемі зображено підключення релейного модуля з двома реле, двох твердотільних реле середньої потужності для підключення витяжного вентилятора і лампи. Схема підключення проілюстрована нарис.3.5.

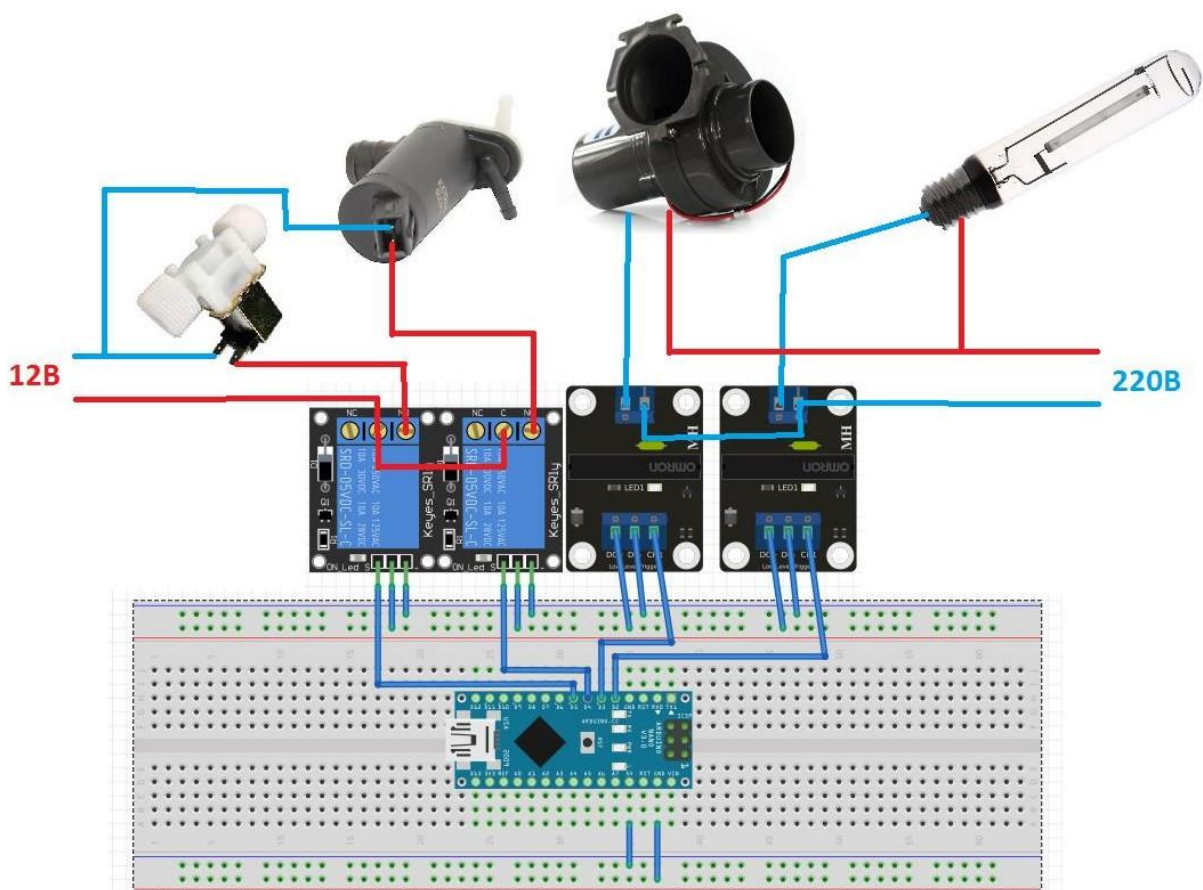


Рисунок 3.5Схема підключеннявентилятора і лампи

3.2 Програмні коди для налаштування підключення сенсорів

Написати програму доцільно найбільш розширеним і доступним – Arduino IDE. IDE – це середовище програмування, в ній є все необхідне для написання перших скетчей. Бажано програму можна завантажити з офіційного сайту arduino.cc, а також переглянути вихідники в офіційних репозиторіях.

Використовуючи програмну середу Arduino IDE, можна вирішувати с творчі завдання, пов'язані з програмуванням і моделюванням.

Сама програма надається з відкритим вихідним кодом. Усі базові інструменти поширюються безкоштовно — достатньо вибрати версію, відповідну операційній системі.

За допомогою інтерфейсу можна швидко створити нові скетчі. Скетч - це програма, написана для платформи Arduino і має певну структуру. Можна переглянути приклади таких скетчей у вкладці «Файл»

Процес програмування плати складається з двох етапів: ви пишете програму-скетч в одному з найпопулярніших серед програмування (наприклад, в Arduino IDE). Потім ви завантажуєте скетч у контролер натисканням однієї кнопки. Скетч завантажується та записується в спеціальну область пам'яті контролера та запускається автоматично щоразу при включенні плати. Завантаживши код програми один раз, він залишиться там, поки не перезапишеться іншою програмою. Якщо пам'яті для зберігання даних не вистачатиме, можна підключити додатковий модуль пам'яті Arduino.

Програма на Arduino містить дві однакові функції: `void setup()` та `void loop()`. На початку коду оголошуються константи та порти, що використовуються. У розділі `void setup()` вказуються команди, які виконуються один раз. Розділ `void loop()` містить команди, які виконуються весь час поки включена плата Arduino. Почавши виконання з

першої команди, мікроконтролер дійде до кінця і відразу ж перейде на початок, щоб повторити ту ж послідовність. І так нескінченна кількість разів (до тих пір, поки на плату подано електрику).

Так само є можливість тестування за допомогою виведення результатів роботи або повідомлень для відладки в послідовний порт або порт монітора, проілюстроване на рис.3.6.

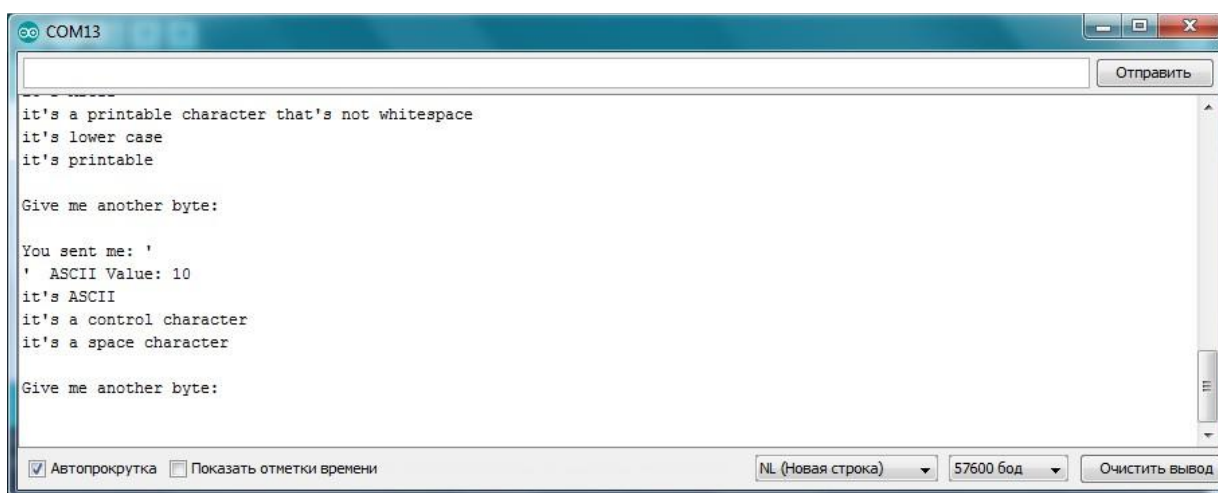


Рисунок 3.6 – Моніторпорту

Для того, щоб встановити з'єднання в схемі, а саме в налаштуваннях функцій, потрібно викликати метод `begin` класу `Serial` і забезпечити швидкість з'єднання: `Serial.begin(57600)`. Щоб інформація відображалася правильно, потрібно вибрати таку ж швидкість у порту монітора. Вона виявляється в «бодах». Бод- швидкість передачі даних по послідовному інтерфейсу в бітах в секунду. Для взаємодії з комп'ютером слід використовувати одну з встановлених швидкостей обміну: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 або 115200. Тим не менш, можна задавати й інші швидкості - наприклад, для взаємодії з специфічним компонентом за допомогою висновків 0 і 1.

Для більш легкої та продуктивної роботи з Arduino є можливість використовувати додаткові бібліотеки. Бібліотеки Arduino - це частина

програми для виконання конкретних завдань. За допомогою бібліотек можна виконувати складні дії всього парою рядка коду. В Arduino IDE менеджер бібліотек для роботи з бібліотеками. Прямо з меню програми можна завантажити, встановити і підключити до свого скетча безліч бібліотек – рис.3.6.

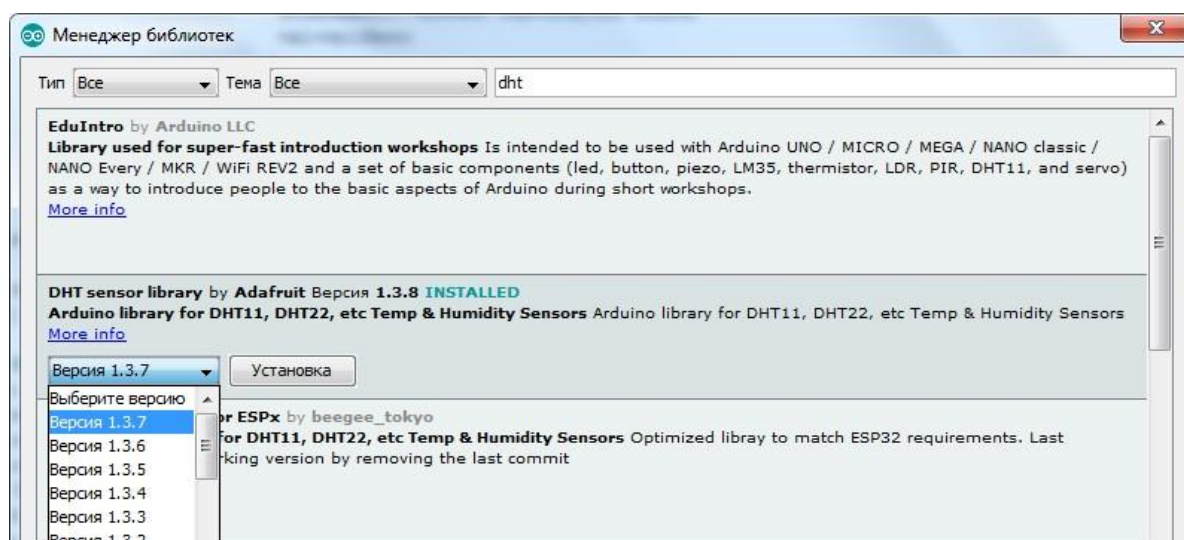


Рисунок 3.7 Менеджербібліотек

Для більшості бібліотек Arduino можна вибрати версію та її встановити. Також там можна знайти опис і приклади використання. Це допоможе зрозуміти принцип роботи бібліотеки. Приклади можна доопрацювати під свої потреби та використовувати для реалізації своїх пристроїв.

Якщо немає можливості встановити Arduino на комп'ютері, можна створювати скетчі в онлайн-версії. Для цього потрібно відкрити сторінку онлайн-среди розробки на офіційному сайті Arduino.

Як уже відзначалося вище Arduino Nano має 14 цифрових і 8 аналогових портів входу виводу.

Деякі датчики, які використовуються в проєкті, вимагають доповнення штатного списку бібліотек. Бібліотеки роботи датчиків і пристроїв знаходяться в «Бібліотеках».

Пристаюючи до програмування коду програми потрібно визначити необхідні бібліотеки, що підключаються. Написання програм для плат

Написання програми в Arduino IDE слід розділити на три етапи:

- у першому етапі підключаються бібліотеки, а також призначаються порти, до яких підключено датчики;

- у другому етапі необхідно визначити режими роботи датчиків, це у спеціальному циклі `void setup()`;

- третій етап відбувається у спеціальному циклі `void loop()`, код

В якості середовища моделювання роботи системи використовується CAD Proteus 8.5. Так як у стандартному наборі деталей відсутня плата Arduino Nano, необхідно завантажити розширену бібліотеку, що містить набір плат і бібліотек Arduino.

Ініціалізуємо датчик температури та вологості повітря. Для цього потрібно підключити бібліотеки DHT.h. Однак ця бібліотека не входить до стандартного набору бібліотек Arduino IDE. Після завантаження та встановлення DHT.h підключимо її до нашого проєкту. Наступним кроком буде затвердження директиви, що відповідає номеру біта порту, який приходить сигнал з датчика, ініціалізація датчика, вказівка використовуваного датчика (DHT-11 або DHT-22). Значення одержання з датчика записуємо в змінні `t`, `h` – температура та вологість відповідно. Для підключення DHT-11 використовується контакт D2. Слід зауважити, що виробник не рекомендує опитувати датчик частіше одного разу на дві секунди. Для виконання цієї умови зробимо затримку функцією `delay(2000)`.

Далі підключаємо LCD 2004. Так як у комплектуючих до розроблюваної системи додається модуль перетворення сигналу ІС/L2С

підключати потрібно так само по шині I2C. Двохпровідна шина I2C, контакти відомі під нею вказані в документації до конкретної платформи. У випадку Arduino Nano контакти SCL і SDA – А5 і А4 відповідно. Екран, як і будь-який пристрій, що підключається до шини I2C, має свій ID. Так як існує кілька виробників конвертерів для даного дисплея, ID так же бувають різними. Самі розпростерті ID – 0x38, 0x37. Так само останні версії конвертерів випускаються без резисторів регулювання контрастності, так як дана настройка здійснюється програмними засобами. Для покращення роботи з LCD-дисплеєм використовується вбудована бібліотека Liquid Crystal_I2C. В також наведені неймовірні приклади з детальними коментарями.

Код програми підключення дисплея та датчика DHT-11 зображено нарис.3.8.

```

void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    dht.begin(); //Инициализируем датчик
    // инициализируем экран
    lcd.init();
    // включаем подсветку
    lcd.backlight();
}

void loop()
{
    //delay(2000); // 2 секунды задержки
    float h = dht.readHumidity(); //Измеряем влажность
    float t = dht.readTemperature(); //Измеряем температуру
    if (isnan(h) || isnan(t)) { // Проверка. Если не удастся считать показания, выводится «Ошибка»
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Error");
        return;
    }
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(h);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(t);
    lcd.setCursor(0, 2);|
}

```

Рисунок 3.8 Код програми підключення дисплея та датчика DHT-11

Так як написаний код вимагає перевірки працездатності, моделюємо нашу систему в програмі Proteus 8.5, завантажуюмо скомпільований бінарний файл в емульовану плату Arduino Nano. Перевіряємо коректність роботи коду, що відповідає за обробку сигналів з датчиком температури і вологи повітря, виводячи їх на наш дисплей. Отриманий результат зображено на рис.3.9.

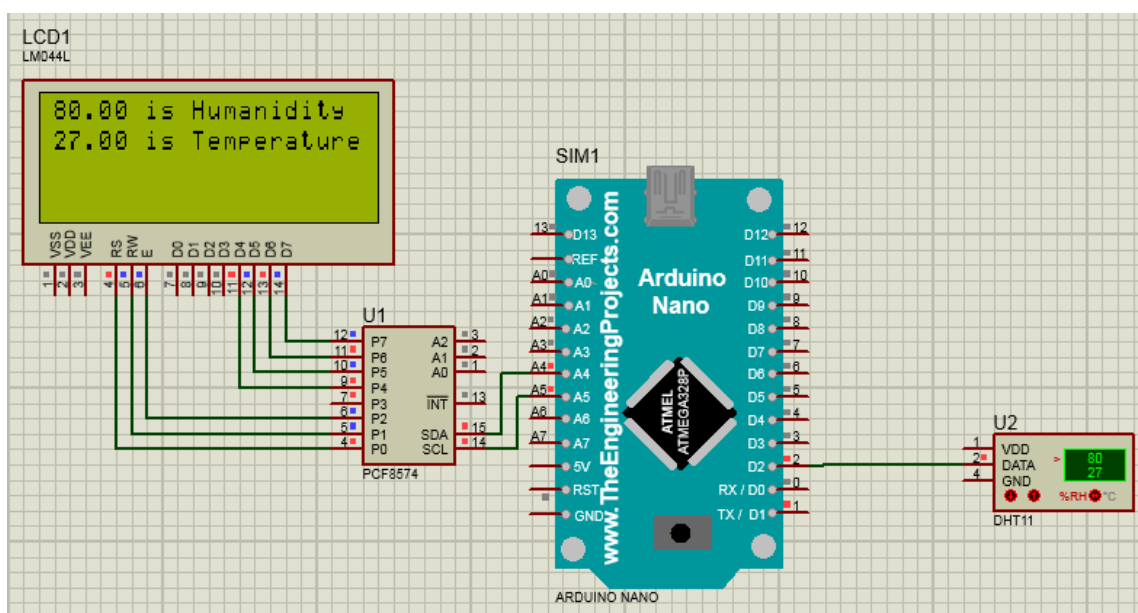


Рисунок 3.9Результат перевірки

Оскільки описувалося раніше, для підключення LCD 2004 по шині I2C потрібний конвертер. Оскільки ID конвертера записано всередині конвертера, виробника спеціально записують фіксовані адреси. У разі емуляції у програмі Proteus 8.5 ID конвертера (PCF8574) 0x20. Для складання системи необхідно поміняти ID при створенні об'єкта lcd на початку програми. Відмінною рисою емулювання у САПР Proteus 8.5 є відсутність необхідності розведення живлення, оскільки емулятор передбачає подачу напруги на необхідні контакти без необхідності явного прокладання проводів.

Наступним етапом буде підключення датчика MQ-2. Серія датчиків MQ відсутня в стандартному наборі деталей, однак доступна для скачування у вигляді розширення на офіційному форумі.

Підключити датчик можна до платі Arduino або напряму до модуля реле. У першому випадку використовується датчик аналогового виходу A0, який підключається до аналогового входу на платі Arduino. У випадку з реле використовують датчик цифрового виходу.

Спочатку опишемо директиву SmokePin A0, потім розраховуємо аналогове значення з датчиком. Значення датчика від 0 до 1023, де максимальне значення відповідає максимальній концентрації вибухонебезпечних речовин у повітрі. Для зручності чтення показників переведем значення в процентне співвідношення. У програмі Proteus у датчика MQ – 2 є контакт TEST. Даний контакт призначений для тестування роботи програми обробки аналогового сигналу. Принципово, в ПО Proteus, датчик MQ-2 є роздільником сигналу TestPin. Рисунок 3.10 демонструє роботу датчика газу.

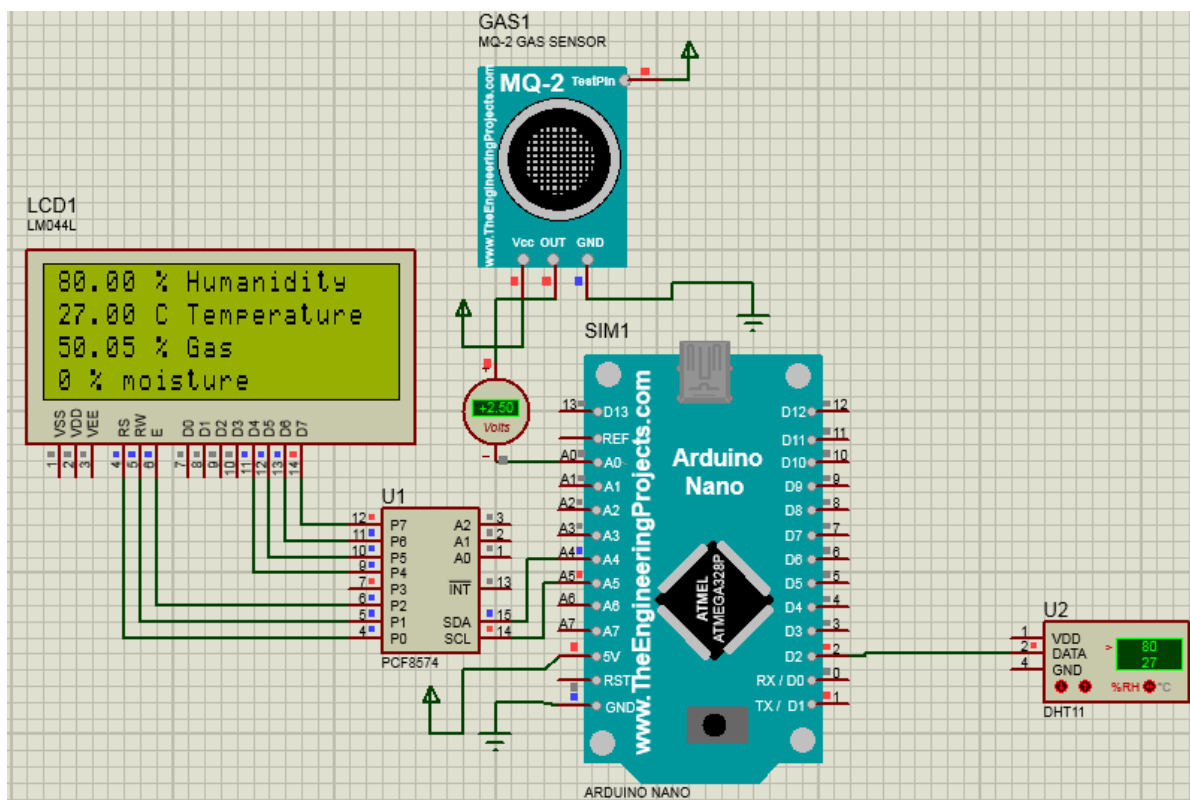


Рисунок 3.10 Робота датчика газу

Принципом роботи будь-якого аналогового датчика є зміна напруги в діапазоні від 0в до 5в. Команда `AnalogRead`(номер контакту) виконує функцію перетворення отриманого з указанного контакту напруги в числовому значенні від 0 до 1023. Ця операція називається аналогово-цифровим перетворенням. Згідно технічної документації,

Arduino Nano має 10-бітний вбудований АЦП, що, згідно формули точності АЦП, дозволяє відстежувати різницю напруги в 5 мілівольт. Відповідно до раніше позначеного, будь-який датчик можна замінити змінним резистором. Основне условие – виходное напярженіе не должно превышать опорное. У зв'язку з відсутністю аналогового датчика вологості ґрунту і датчика рівня рідини в доступних бібліотеках, для повноцінного моделювання системи необхідно запустити використання змінного резистора.

Для обробки вихідних сигналів з резисторів використовується аналогічна конструкція формування АЦП, як і для будь-якого аналогового датчика. Так як екран підтримує всього 4 рядки, відповідно вивести можна тільки 4 параметри, однак відображення рівня рідини в піддоне не потрібно, у зв'язку з чим показаний датчик рівня води використовується тільки для запуску відкачної помпи. Рисунок 3.11 демонструє повну систему підключення до всіх використовуваних датчиків, а також до дисплея.

На цій схемі RV1 – датчик рівня води, RV2 – датчик вологості ґрунту, що відображається на екрані як Moisture.

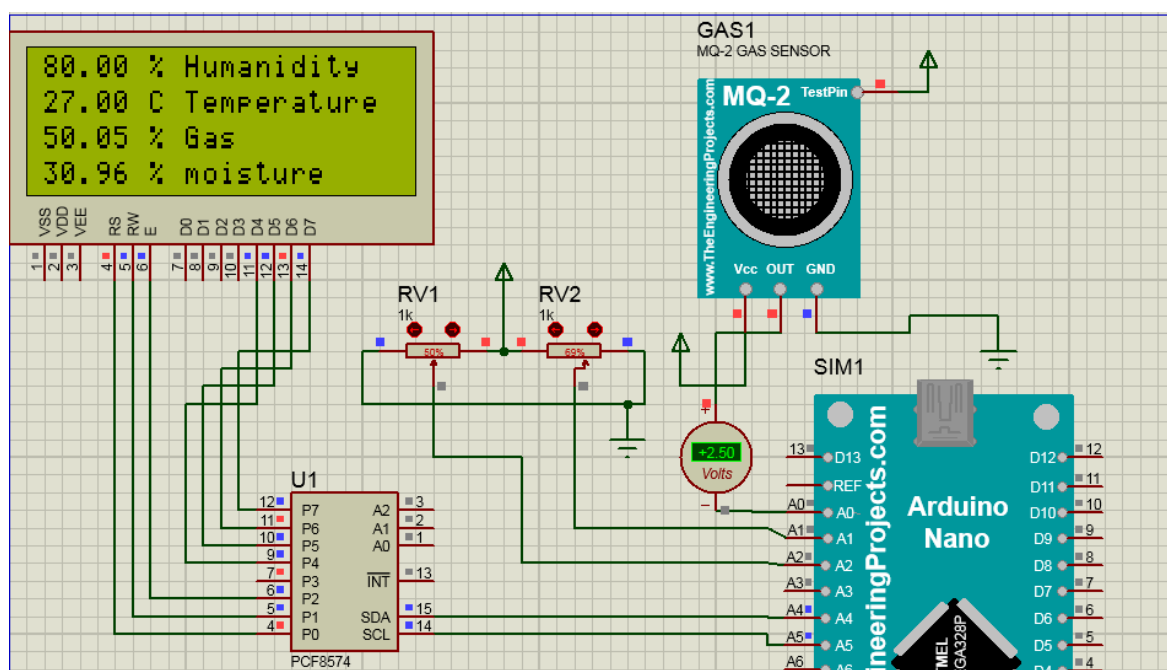


Рисунок 3.11 Схема з датчиком RV1 та RV2

Наступним етапом створення системи автоматизованого управління теплицею є код управління виконавчими механізмами. Обозначим директиви контактів виведення понятними словами.

У разі даної системи необхідно 5 портів на висновок:

- Лампа

- Вентилятор
- Помпа системи автоматичного полива
- Помпа для відкачки лишньої води з піддону
- Клапан системи полива

Розглянемо умови управління каналом. Для жорсткого стабільного росту рослин потрібен нормований день. В якості таймера будемо використовувати оператор `millis()`; [13, С 288]. Цей оператор повертає кількість минулих мілісекунд із включенням мікропроцесора. Алгоритмом таймера є виконання необхідної дії при умові, якщо різниця результату `millis()`; Ваше задане значення. Розрахунок значень періоду можна проводити безпосередньо в момент створення змінної. Тип змінної необхідно використовувати `long` так як значення в мілісекундах дуже велике.

У нашій системі передбачено два механізми, що працюють за тимчасовим таймером, а саме лампа і насосна система полива. Лампа повинна горіти 12 годин в сутки, а насос необхідно включити на 10 секунд один раз в сутки. Отже, нам необхідно задати дві директиви, одна відповідає за час роботи лампи, друга за періодичність включення насоса. Так як насос включається на короткий проміжок часу, з оптимізацією коду і ресурсів прийнято рішення використовувати функцію `delay()`; для реалізації 10 секундної роботи насоса в той момент, коли лампа вмикається.

Відповідно, в період роботи насоса необхідно здійснити відкриття клапана подачі води на розпилювач.

У цій системі також використовується витяжний вентилятор, основною задачею якого є оновлення повітря всередині теплиці для запобігання виникненню із точно високою температурою повітря. Целесообразно задати умови включення вентилятора умови включення лампи, так як джерелом підвищеної температури може бути тільки лампа.

На рисунку 3.12 зображений код, що відповідає за періодичність включення лампи, вентилятора, клапана і насоса.

```
if (millis() - my_timer >= period_time) {
  my_timer = millis();
  if (lamp)
  {
    digitalWrite(Sun, HIGH);
    digitalWrite(Vent, HIGH);
    lamp = false;
  }
  else
  {
    digitalWrite(Sun, LOW);
    digitalWrite(Vent, LOW);
    lamp = true;
    digitalWrite(pump, HIGH);
    digitalWrite(Valve, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(pump, LOW);
    digitalWrite(Valve, LOW);
  }
}
```

Рисунок 3.12 Код періодичності підключення лампи

Для демонстрації роботи представлено серію зображень. Кожне реле підписано відповідно до виконуваної функції. Особливістю моделювання схем із використанням кількох джерел живлення є підключення до загального проводу GND. Для моделювання мережі змінної напруги 220 вольт використано генератор синуса. Як параметри вказана частота 60 герц амплітуда 310 вольт. Необхідно відзначити що в емуляторі використані реле з контактами, що замикаються, проте в реальному використанні таких реле небезпечно. Для комутації ланцюгів змінного струму використовуються реле твердотільні з детектором переходу через нуль. Дані реле працюють абсолютно безшумно, у зв'язку з відсутністю контактних майданчиків виключається можливість зменшення прохідного перерізу, внаслідок чого гарантується триваліший та безпечніший термін служби таких реле та системи в цілому.

З метою зменшення кількості провідників, що відображаються на схемі емулятора, використовується метод посилення з'єднання контактів. Посилання є елементом з'єднання контактів усередині ПЗ Proteus, який обов'язково має пару на ім'я. Зовнішній вигляд посилального контакту описується коло діаметром сполучної точки, що має схожість з контактним отвором на реальній платі.

- 26а) демонструє систему в стані стану, освітлення вимкнено.
- 26б) демонструє роботу системи освітлення та вентиляції.
- 26в) демонструє роботу системи в теченні заданого часу delay(); після виключення освітлення. Включена помпа і клапан. Клапан схематично зображений у вигляді світлодіода, для демонстрації положення соленоїда всередині клапана. Діод світиться – клапан відкритий.

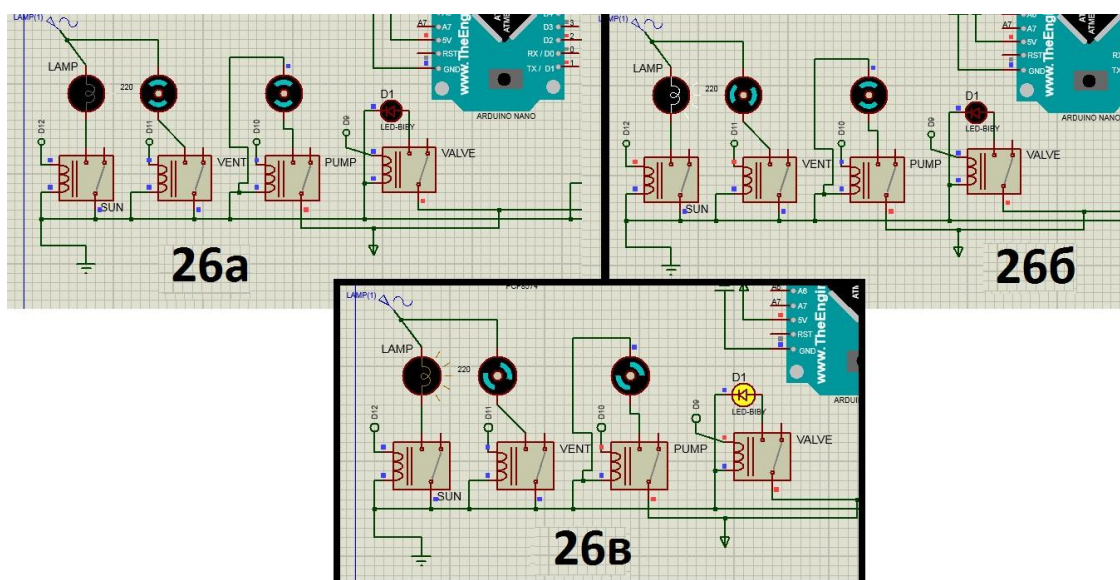


Рисунок 3.13

Наступний етап розробки включає додавання функції примусового включення вентилятора, при перевищенні заданого значення вологості та температури повітря. У момент виявлення підвищеного вмісту газу в

повітрі необхідно відключити всі споживачі, підключені до сигнальних висновків із плати Arduino, крім вентилятора, і, якщо потрібно, увімкнути його. Якщо вологість повітря знаходиться на мінімальному рівні, а температура висока, слід відключити всі споживачі та вивести на дисплей сповіщення про підозру пожежі. Також, ґрунтуючись на зниженні показника датчика рівня води нижче порогового, включити відкачувальний насос.

Використовується умовний оператор, якщо були внесені всі додаткові умови в код програми. Для очищення екрану використовувалася функція `object.clear()`; з бібліотеки `LiquidCrystal_I2C`. Для коректного відображення інформаційних повідомлень необхідно використовувати дану функцію перед циклом з умовою `while`, в якому відбувається порівняння показників датчиків з пороговими значеннями. Код відповідального за виконання даних умов, наведених на рис.3.14.

```

if (t>45){
  if (h<25){
    lcd.clear();
    while(h<25){
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("Dangerous!");
      lcd.setCursor(0, 2);
      lcd.print("Fire in GROWBOX!");
      digitalWrite(Sun, LOW);
      digitalWrite(Vent, LOW);
      digitalWrite(pump, LOW);
      digitalWrite(pumpOut, LOW);
      digitalWrite(fire, LOW);
      digitalWrite(Valve, LOW);
      dang = true;
      h = dht.readHumidity();
    }
    if(lamp){
      digitalWrite(Sun, HIGH);
      digitalWrite(Vent, HIGH);
    }
  }
}

```

Рисунок 3.14 Код відповідального за виконання умов

Даний алгоритм передбачає повернення в вихідний стан системи. Стан зберігається в змінній лампі типу Boolean, де true освітлення включено, false вимкнено. Перемінна dang може використовуватися для фіксації не штатної ситуації.

Включення відкачної помпи ґрунтується на датчику рівня рідини, досвідним шляхом встановлено порогове значення, при досягненні якого необхідно включити помпу. Також на дисплеї виводиться повідомлення про те, що працює помпа. Тривалість роботи залежить від об'єму піддона і швидкості зміни рівня води. Пороговим значенням для включення помпи встановлено 700, для вимкнення 500. Алгоритм показаний на рис.3.15.

```
int lvl = analogRead(WatLevl);
if (lvl>700){
  lcd.clear();
  while (lvl>400){
    digitalWrite(pumpOut, HIGH);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("PumpOut is");
    lcd.setCursor(0, 2);
    lcd.print("working!");
    lvl = analogRead(WatLevl);
  }
  digitalWrite(pumpOut, LOW);
}
```

Рисунок 3.15 Алгоритм тривалості роботи

3.3 Тестування системи

Датчик рівня води повинен виявити наповнення піддону горщика зайвою водою, подати керуючий сигнал на реле, яке у свою чергу замкне ланцюг живлення насосом відкачування. Ця ситуація виключно рідкісна, оскільки обсяг рідини у системі автоматичного доливу неспроможна збільшитися без втручання людини.

Датчик концентрації газу у повітрі повинен визначити наявність у повітрі небезпечних речовин. Цей запобіжний захід необхідний оскільки в даній системі використовується лампа розжарювання, що розігрівається до великої температури. Температури колби досягає 400 градусів за Цельсієм, проте температура пальника лампи (всередині колби) досягає значення 1300-1400 градусів Цельсія.

Для того щоб знати значення, що видаються датчиками в системі передбачений дисплей, що відображає всі параметри в режимі реального часу, з частотою оновлення 1 раз на 2 секунди. Також дисплей служить для інформування про проблеми в системі, таких як підвищена температура, наявність газу в повітрі. У цій системі передбачені всі можливі показання та умови, через які можуть виникнути ті чи інші показання датчиків.

Система повністю автоматизована, може працювати без втручання людини доти, доки не буде витрачено воду в резервуарі системи автоматичного поливу або не буде усунуто умови, потенційно небезпечні для рослини, теплиці та самої системи.

У ході тестування системи були виявлені деякі недоліки, пов'язані зі складністю проектування системи, що здійснює автоматизований догляд за живою істотою. Так само однією з проблем тестування виявилася проблема моделювання, так як датчики не часто використовуються та їх моделі відсутні в багатьох САПР, а деякі відсутні у всіх. Однією з основних проблем була реалізація таймера на включення вимкнення освітлення, однак був складений алгоритм, що обнуляє значення `millis ()`, що вирішило цю складність.

Так само в процесі тестування виявилася проблема з датчиком рівня води, що полягає в окисленні контактів, у зв'язку з постійним опитуванням датчика відповідно подачею напруги. Досвідченим шляхом встановлено,

що датчик можна опитувати раз на 2 години, що продовжує термін його служби в кілька десятків разів.

Використання дисплея як джерело обробленої інформації, отриманої з датчиків, є найкращим рішенням, у співвідношенні вартість- результат.

Наявність вільних контактів, що залишилися, як аналогових, так і дискретних, є незаперечним плюсом даної системи, так як залишилася можливість для індивідуального доопрацювання системи датчиками і виконавчими механізмами. Максимальна оптимізація коду, підбір дешевих та поширених датчиків вплинула на готову систему позитивно.

Однією з позитивних якостей у цій системі є простота складання, що полягає у відсутності необхідності точної установки та калібрування невеликої кількості датчиків. Алгоритми програми використовують прості алгоритми, що виключають помилки та не завантажують процесор, використання гальванічної розв'язки реле виключає можливість перешкод у роботі системи. Тестування було пройдено успішно та збіглося з очікуваними результатами. Система може бути введена в експлуатацію. Повністю зібрана система зображена на рис.3.16.

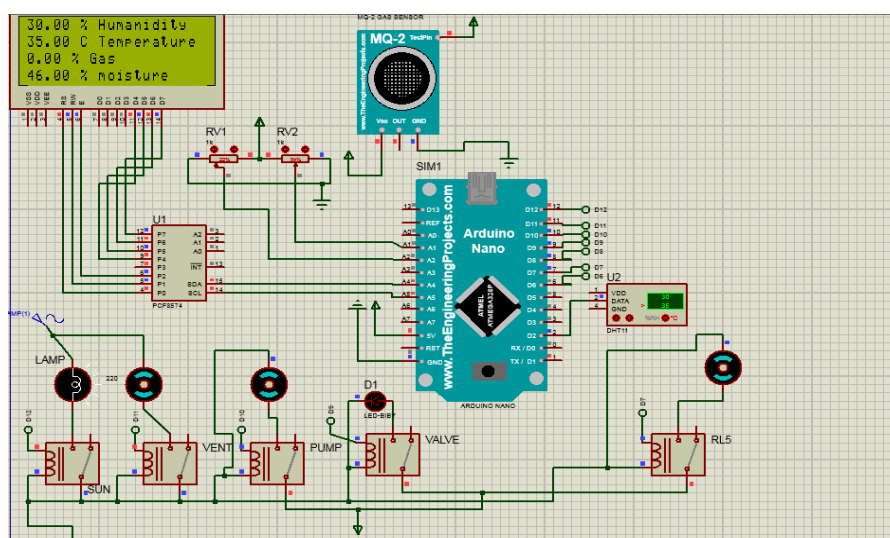


Рисунок 3.16 Повністю створена система

ВИСНОВКИ

У даній бакалаврській роботі було проведено дослідження використання комп'ютерних засобів та систем автоматизації для забезпечення умов акваріумного господарства. Результати дослідження підтвердили, що використання сучасних технологій, зокрема IoT, сприяє покращенню контролю кліматичними умовами та оптимізації процесів акваріумного господарства.

У ході створення проєкту було виявлено, що інтеграція систем IoT дозволяє точно контролювати температуру, вологість, рівень CO₂ та інші параметри середовища акваріумного господарства, забезпечуючи оптимальні умови для зростання рослин. Використання сучасних сенсорів т сприяє постійному моніторингу та оперативній реакції на будь-які зміни, що важливо для забезпечення здоров'я та продуктивності рослин. Виявлена необхідність в розробці програмного забезпечення, яке дозволяє здійснювати керування процесами. Отже, отримані результати свідчать про потенціал сучасних комп'ютерних засобів для забезпечення умов. Подальші дослідження та впровадження нових технологій можуть сприяти підвищенню продуктивності та якості акваріумного господарства, а також оптимізації використання ресурсів та зменшенню негативного впливу на довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інтернет речей (IoT) в сільському господарстві: 9 прикладів використання технологій для точного землеробства (і виклики, які слід врахувати) – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://www.agrilab.ua/internet-rechej-iot-v-silskomu-gospodarstvi-9-prykladiv-vykorystannya-tehnologij-dlya-tochnogo-zemlerobstva-i-vyklyky-yaki-slid-vrahuvaty/>
2. Система моніторингу та контролю теплиць на основі Інтернету речей для розумного сільського господарства – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dusuniot.com/uk/case-study/iot-greenhouse-monitoring-and-control-system-for-smart-agriculture/>
3. Інтелектуальне управління тепличним господарством – [Електронний ресурс]. – Режим доступа: <https://www.proxis.ua/uk/solution/automation-of-the-agricultural-sector/>
4. Arduino– [Електронний ресурс]. – Режим доступа:<https://www.arduino.cc/>
5. 2.ArduinoSoftware– [Електронний ресурс]. – Режим доступа:<https://www.arduino.cc/en/software>
6. 6.В. І. Мальцев, Г. О. Карпова, та Л. М. Зуб, *Визначення якості води методами біоіндикації*: наук.-метод. посіб. Київ: ІНЕКО, 2011.