

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет комп'ютерних наук та технологій

(повне найменування факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

бакалавра

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка розумної теплиці з використанням
мікроконтролера Arduino

(назва теми)

Виконав: студент 4 курсу, групи КНТз-519

Спеціальності _____

123 «Комп'ютерна інженерія»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Комп'ютерна інженерія

ФЕДОРОВ В.А.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник

ІЛ'ЯШЕНКО М.Б.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент

КАЧАН О.І.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
	ІЛІЯШЕНКО М.Б., к. т. н., доцент	 08.05.2023	 29.05.2023
Нормоконтроль	ЩЕРБАК Н.В., ст. викл.		

7. Дата видачі завдання «8» травня 2023року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
	Аналіз технічного завдання	1 тиждень	виконано
	Аналіз структури роботи тепличних господарств	1 тиждень	виконано
	Вибір відповідної технології для створення системи	2 тиждень	виконано
	Підбір комплектуючих елементів для створення системи, схеми підключення	2 тиждень	виконано
	Написання програмного коду	3 тиждень	виконано
	Реалізація проєкту	3 тиждень	виконано
	Оформлення проєкту	4 тиждень	виконано
	Проходження нормоконтролю	4 тиждень	виконано
	Проектування програмних засобів	4 тиждень	виконано
	Захист роботи	4 тиждень	виконано

Студент(ка)



(підпис)

Віталій ФЕДОРОВ

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)



(підпис)

Матвій ІЛІЯШЕНКО

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 60 с., 10 рис., 14 джерел.

ІОТ, ТЕПЛИЦЯ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПОЛИВ РОСЛИН

Мета роботи: змодельовати і розробити бюджетну не габаритну теплицю, керовану мікроконтролером, здатну підтримувати сприятливі умови для культивування рослин у міських умовах.

У зв'язку з поставленою метою визначено завдання:

- провести порівняльний аналіз методів автоматизації теплиць;
- визначити комплектуючі, необхідні для здійснення автоматизованого догляду за рослинами;
- змодельовати систему керування теплицею;
- скласти програму для мікроконтролера, що приймає сигнали з датчиків і керує виконавчими механізмами теплиці.

У процесі розв'язання поставлених завдань буде розглянуто документацію до датчиків, будуть використані програми для моделювання мікроконтролера та його функцій.

Розглянута теплиця має володіти простотою збірки і налагодження, розширюваним списком заздалегідь закладених налаштувань під певні рослини, а також має бути зібрана з деталей широко доступних, з помірною ціною політикою.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Аналіз процесу автоматизованого рослинництва	7
1.1 Порівняльний аналіз методів автоматизації теплиць	7
1.2 Визначення складових автоматизованої теплиці	10
2 Розробка програмного забезпечення для системи	29
2.1 План роботи системи моделі	29
2.2 Встановлення датчиків.....	37
2.3 Інструкції, налаштування, застосування.....	43
3 Розробка апаратної частини системи	53
3.1 Інструкції, налаштування, застосування.....	53
3.2 Алгоритм роботи системи	55
Висновки.....	59
Перелік джерел посилання	60

Перелік графічного матеріалу:

Пл1 – Підключення датчика температури та вологості повітря;

Пл2 – Датчики, підключені до плати;

Пл3 – Схематичне підключення реле до плати;

Пл4 – Зібрана система.

ВСТУП

В Україні застосування автоматизованих систем управління мікрокліматом у теплицях є перспективною галуззю. Створення актуальних продуктів для сільськогосподарського ринку позитивно позначиться на імпортозаміщенні та розвитку країни. Автоматизовані системи управління мікрокліматом з більш низькою вартістю і простотою в експлуатації знизить вартість і утримання самих теплиць.

Об'єкт дослідження - автоматизація роботи теплиці, на основі мікроконтролера.

Мета роботи: змодельовати і розробити бюджетну не габаритну теплицю, керовану мікроконтролером, здатну підтримувати сприятливі умови для культивування рослин у міських умовах.

У зв'язку з поставленою метою визначено завдання:

- провести порівняльний аналіз методів автоматизації теплиць;
- визначити комплектуючі, необхідні для здійснення автоматизованого догляду за рослинами;
- змодельовати систему керування теплицею;
- скласти програму для мікроконтролера, що приймає сигнали з датчиків і керує виконавчими механізмами теплиці.

У процесі розв'язання поставлених завдань буде розглянуто документацію до датчиків, будуть використані програми для моделювання мікроконтролера та його функцій.

Розглянута теплиця має володіти простотою збірки і налагодження, розширюваним списком заздалегідь закладених налаштувань під певні рослини, а також має бути зібрана з деталей широко доступних, з помірною ціновою політикою.

1 АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОСЛИННИЦТВА

1.1 Порівняльний аналіз методів автоматизації теплиць

Рослинництво - галузь сільського господарства, що займається вирощуванням культурних рослин. Рослинницьку продукцію використовують як джерело продуктів харчування для населення, як корм у тваринництві, як сировину в багатьох галузях промисловості (особливо в харчовій, текстильній, фармацевтичній і парфумерній промисловості), а також у декоративних (у квітникарстві) і багатьох інших цілях [4].

З давніх-давен сільське господарство передбачає використання безпосередньої участі ручної праці людини, що характеризує цю галузь як трудомістку й енерговитратну.

Автоматизація теплиць [2] має на увазі під собою управління і відстеження параметрів клімату, які можна регулювати. Автоматизація підтримки мікроклімату сприяє кращому зростанню і підвищенню врожайності, а також зменшує витрати на ручну працю. Виникає необхідність високого ступеня автоматизації та механізації технологічних процесів.

У загальному випадку, систему управління можна розглядати як взаємозв'язок кількох управлінських процесів і об'єктів. Узагальненою метою автоматизації управління є підвищення ефективності використання потенційних можливостей об'єкта управління.

Виділяють такі три види систем управління мікрокліматом:

—керовані вручну. Вони охоплюють візуальний контроль росту рослин, ручний полив рослин, увімкнення і вимкнення регуляторів температури, ручне розпилення добрив і пестицидів. Це забирає багато часу, велика ймовірність людської помилки і, отже, ці установки менш точні і ненадійні;

— частково автоматизовані. Ці установки являють собою поєднання ручного контролю і часткової автоматизації і схожі на керовані вручну установки

в багатьох відношеннях, проте вони зменшують витрати праці, пов'язані з поливом і контролем параметрів;

– повністю автоматизовані. Це складні установки, які добре оснащені, для того щоб реагувати на більшість кліматичних змін, що відбуваються всередині теплиці. Ці системи будуються на принципі зворотного зв'язку, що допомагає їм ефективно реагувати на зовнішні подразники;

Хоча такі установки здатні регулювати велику кількість параметрів і вирішувати можливі проблеми, пов'язані з людським фактором, вони досить дорогі.

Перелічимо низку проблем, які пов'язані з вищезазначеними системами:

– складність, пов'язана з відстеження зміни кліматичних параметрів таких, як вологість повітря, вологість ґрунту, освітленість, рН ґрунту, температури та інших, що прямо чи опосередковано регулюють ріст рослин;

– високі витрати на обслуговування, потреба у кваліфікованому технічному робочому персоналі. Сучасні установки використовують мобільні технології як системи зв'язку і бездротові системи збору даних, забезпечуючи глобальний доступ до інформації у своїх фермах. Але це пов'язано з обмеженнями різного роду, таких як складність конструкції, утруднений ремонт і висока ціна;

– більшу частину комерційних проєктів з автоматизації теплиць розробляють для тепличних комплексів площею кілька гектарів, у тоді як, ринок автоматизації теплиць для фермерських та індивідуальних господарств залишається поза увагою.

Розумна теплиця - це повністю, або майже повністю, автоматизована система, що дає змогу здійснювати регулювання мікроклімату [6. С 104-112].

Сучасні тепличні комплекси будують багатопролітними за типовими проєктами, їх комплектують необхідними інженерними системами підтримання мікроклімату: опалення, поливу, вентиляції та циркуляції повітря, водосток, водопостачання та каналізації, освітлення. Усі ці системи призначені для великих підприємств. Вони є складними в установці та експлуатації, а також мають високу вартість. Ці системи не застосовні для приватних або дрібних фермерських господарств.

Тепличні господарства відіграють важливу роль у сучасному сільському господарстві, забезпечуючи оптимальні умови для вирощування рослин у контрольованому середовищі. Одним із ключових аспектів підвищення ефективності та поліпшення якості виробництва в теплицях є автоматизація процесів. У цій статті буде проведено порівняльний аналіз різних методів автоматизації теплиць, їхніх переваг і недоліків.

Автоматичне керування освітленням: Один із ключових аспектів успішного вирощування рослин у теплицях - це оптимальне освітлення. Традиційні методи автоматизації освітлення включають використання таймерів і датчиків освітленості. Таймери дають змогу встановити певний час роботи освітлення, а датчики освітленості можуть регулювати інтенсивність освітлення залежно від рівня природного світла.

Автоматичний полив: Регулярний і точний полив є необхідною умовою для успішного вирощування рослин. Традиційні методи автоматизації поливу включають використання систем крапельного поливу, систем поливу за розкладом і автоматичних систем поливу, заснованих на вологості ґрунту.

Автоматичне управління температурою і вологістю: Контроль температури і вологості в теплиці є критичним для оптимального росту рослин. Традиційні методи автоматизації включають використання систем вентиляції, обігріву та охолодження, а також установку датчиків температури і вологості.

Використання датчиків і IoT: З розвитком технологій Інтернету речей (IoT) у тепличному господарстві можна використовувати різні датчики для збору даних про температуру, вологість, освітлення та інші параметри. Ці дані можуть бути проаналізовані та використані для автоматичного керування системами в теплиці.

Автоматизація з використанням штучного інтелекту: Штучний інтелект (ШІ) відкриває нові можливості для автоматизації тепличних господарств. Системи ШІ можуть аналізувати великі обсяги даних і передбачати оптимальні умови для росту рослин. Вони можуть керувати освітленням, поливом, температурою і вологістю на основі алгоритмів машинного навчання.

Автоматичне збирання врожаю: Одним із завдань, яке можна автоматизувати, є збирання врожаю. Роботизовані системи за допомогою відеокамер і роботів-збирачів можуть визначати зрілість плодів і збирати їх автоматично, що скорочує необхідність вручну збирати врожай.

Автоматизація тепличних господарств має великий потенціал для поліпшення ефективності та якості виробництва рослин. Традиційні методи автоматизації освітлення, поливу та контролю температури залишаються ефективними, але з появою нових технологій, таких як IoT і штучний інтелект, виникають нові можливості для автоматизації тепличних господарств. Однак, необхідно враховувати як переваги, так і недоліки автоматизації, і підходити до впровадження з урахуванням конкретних умов і потреб тепличного господарства.

1.2 Визначення складових автоматизованої теплиці

Автоматизовані теплиці є інноваційними системами, які об'єднують у собі сучасні технології та методи сільського господарства. Вони забезпечують оптимальні умови для вирощування рослин у контрольованому середовищі та автоматизують безліч процесів, від освітлення і поливу до контролю температури і вологості. У цій статті буде розглянуто визначення та складові автоматизованої теплиці.

Автоматизована теплиця має спеціальну конструкцію, яка оптимізована для створення і підтримки оптимальних умов росту рослин. Вона зазвичай складається з таких елементів:

Каркас: Це основа теплиці, що складається з металевих або дерев'яних рам, з'єднаних разом для створення міцної та стійкої конструкції.

Покриття: Теплиці зазвичай мають прозоре покриття, яке дозволяє пропускати сонячне світло, необхідне для фотосинтезу рослин. Популярними матеріалами покриття є полікарбонат, скло або плівка.

Вентиляція: Для забезпечення циркуляції повітря і контролю температури в теплиці, автоматизовані системи зазвичай включають вентиляційні отвори, вікна або вентилятори.

Основні складові автоматизованої теплиці. Системи управління освітленням: Оптимальне освітлення є важливим фактором для росту і розвитку рослин. В автоматизованій теплиці використовуються системи управління освітленням, які можуть контролювати інтенсивність і тривалість світла відповідно до потреб рослин.

Системи автоматичного поливу: Регулярний і точний полив є ключовим елементом успішного вирощування рослин у теплиці. Автоматизовані системи поливу дають змогу встановлювати розклад поливу, контролювати обсяг і частоту поливу, а також ґрунтуватися на даних про вологість ґрунту.

Системи контролю температури і вологості: Контроль температури і вологості в теплиці критично важливий для забезпечення оптимальних умов росту рослин. Автоматизовані системи можуть включати датчики температури і вологості, системи обігріву, охолодження і вентиляції, а також автоматичні регулятори.

Моніторинг і управління: Автоматизовані теплиці можуть бути обладнані системами моніторингу та управління, що дають змогу операторам контролювати і налаштовувати параметри росту рослин, а також отримувати інформацію про стан теплиці віддалено через комп'ютер або мобільний пристрій.

Збільшення продуктивності: Автоматизація дає змогу оптимізувати умови росту рослин, що призводить до підвищення врожайності та продуктивності теплиці.

Економія ресурсів: Автоматизовані системи дають змогу ефективно використовувати ресурси, як-от вода та енергія, завдяки точному контролю та регулюванню параметрів росту рослин.

Зменшення трудовитрат: Автоматизація звільняє операторів від рутинних завдань, як-от ручний полив або регулювання температури, що дає змогу скоротити трудовитрати і поліпшити робочі умови.

Поліпшення якості та безпеки: Контрольовані умови росту рослин в автоматизованій теплиці сприяють поліпшенню якості врожаю, а також зниженню ризику виникнення шкідників і хвороб.

Високі витрати на впровадження: Автоматизовані теплиці вимагають значних інвестицій у придбання та встановлення систем автоматизації.

Складність експлуатації та обслуговування: Автоматизовані системи вимагають спеціальних навичок і знань для встановлення, налаштування та обслуговування.

Ризики технічних збоїв: Автоматизація може наражатися на ризик технічних збоїв або збоїв в електроживленні, що може призвести до проблем у рості рослин.

Залежність від технічної інфраструктури: Автоматизація вимагає наявності стабільної електромережі, доступу до інтернету та іншої технічної інфраструктури.

Автоматизація тепличних господарств являє собою перспективний напрямок у сільському господарстві, що дає змогу досягти оптимальних умов росту рослин, підвищити продуктивність і якість врожаю. Однак, реалізація автоматизації вимагає ретельного планування, інвестицій та підготовки персоналу. Важливо враховувати як переваги, так і обмеження автоматизації, щоб ефективно використовувати її потенціал і досягти успіху в тепличному господарстві.

Автоматизація теплиці передбачає відстеження різних показників і управління мікрокліматом для росту рослин[28].

Розумна теплиця здатна здійснювати контроль над:

- теплом - запобігання перегріву або замерзанню рослин;
- водою - оскільки в теплицю не потрапляють опади, необхідно управляти поливом рослин;
- світлом - додаткове підсвічування рослин або їх затемнення;

- витратою повітря і вологості - щільно закрита теплиця призведе до підвищення вологості та нестачі кисню і вуглекислого газу для рослин залежно від часу доби;

- комахи - можна не допустити проникнення шкідливих комах у теплицю або забезпечити комфортні умови для проживання корисних.

Для кращого росту рослин необхідно одночасно контролювати більшу кількість цих показників [27]. Це можуть забезпечити такі системи:

- зрошення - регулярне надходження води за певним напрямком по певному графіку;
- вентиляція - увімкнення або вимкнення вентиляторів, або відкривання і закривання кватирок;
- дозування поживних речовин - за допомогою аналізу ґрунту можна розподіляти поживні речовини по системі зрошення;
- боротьба зі шкідниками - автоматичне обприскування рослин.

Для найбільшої автоматизації та регулювання мікроклімату всі ці системи мають керувати одночасно і складати одну велику систему, яка зможе оптимізувати їхню роботу[20].

Підтримка заданих кліматичних параметрів є невід'ємною частиною нормального функціонування системи мікроклімату. Підбір оптимальних, близьких до ідеальних умов для росту, в даній роботі, для рослин є важливою частиною, адже на них ґрунтується мікроклімат[8, С 231].

Основні завдання системи автоматичного регулювання полягають у тому, щоб:

- управлінні температурою повітря;
- управлінні системи поливу;
- управлінні освітлювальними установками.

Раніше автоматизація роботи теплиці була дорогою процедурою, а часом і такою, що не окупається, але наразі розв'язання цієї проблеми не настільки дороге і цілком окупається, а надалі приносить ще більшу вигоду [11].

Мікроконтролери - це програмована мікросхема, яка що дозволяє здійснювати управління різними електронними пристроями.

Мікроконтролер містить одне або кілька процесорних ядер, пам'ять, а також програмовані периферійні пристрої введення і виведення[22].

В результаті порівняльного аналізу серед широкого асортименту платформ було обрано Arduino Nano.

Arduino Nano - це повнофункціональний аналог Arduino Uno, але розміщений на мініатюрній платі. Особливістю є відсутність власного гнізда для зовнішнього живлення, використання чипа FTDI FT232RL для USB-Serial перетворення і застосування mini-USB кабелю для взаємодії замість стандартного USB. Плата має штирькові контакти, завдяки їм, розміщення Arduino можливе безпосередньо на макетній платі. Перевага Arduino Nano полягає в компактності, порівняно з аналогічним за можливостями Arduino Uno, відсутності необхідності паяння, а також поширеності дроту, використовуваного для під'єднання плати до комп'ютера. Розглянемо характеристики плати:

- Мікроконтролер - Atmel ATmega168 або ATmega328;
- Робоча напруга (логічний рівень) - 5 В;
- Вхідна напруга (рекомендована) - 7-12 В;
- Вхідна напруга (гранична) - 6-20 В;
- Цифрові Входи/Виходи - 14 (6 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ);
- Аналогові входи – 8;
- Постійний струм через вхід/вихід - 40 мА;
- Флеш-пам'ять - 16 Кб (ATmega168) або 32 Кб (ATmega328), при цьому 2 Кб використовуються для завантажувача;
- ОЗП - 1 Кб (ATmega168) або 2 Кб (ATmega328);
- EEPROM - 512 байт (ATmega168) або 1 Кб (ATmega328);
- Розміри - 1.85 см x 4.2 см.

Arduino Nano може отримувати живлення через під'єднання Mini USB, або від нерегульованого 6-20 В (вивід 30), або регульованого 5 В (вивід 27),

зовнішнього джерела живлення. Автоматично вибирається джерело з найвищою напругою [3].

Мікросхема FTDI FT232RL отримує живлення, тільки якщо сама платформа живиться від USB. Таким чином, під час роботи від зовнішнього джерела (не USB), буде відсутня напруга 3.3 В, що генерується мікросхемою FTDI, водночас світлодіоди RX і TX блимають тільки за наявності сигналу високого рівня на виводах 0 і 1.

Зображення зовнішнього вигляду, а також входів і виходів на рисунку 1.1

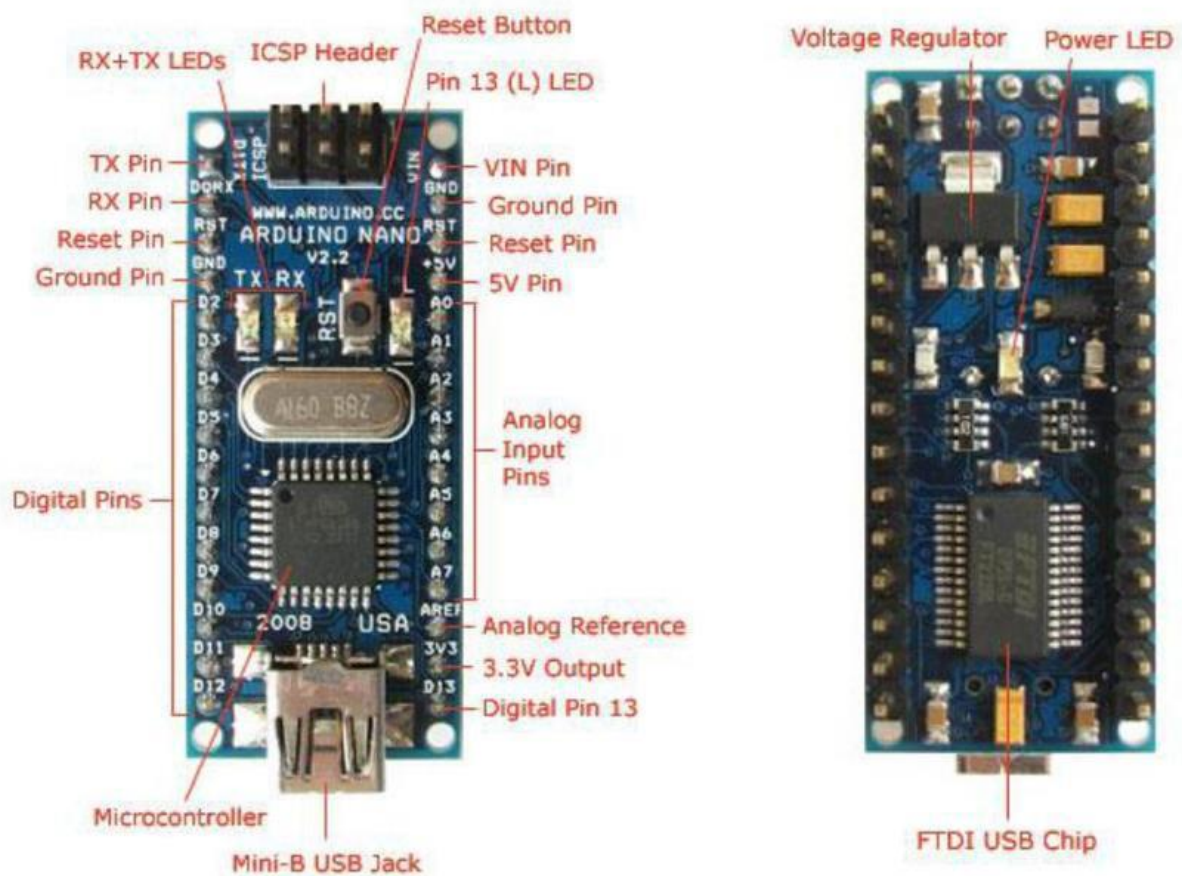


Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд Arduino Nano

На платформі Arduino Nano встановлено кілька пристроїв для здійснення зв'язку з комп'ютером, іншими пристроями Arduino або мікроконтролерами. ATmega168 і ATmega328 підтримують послідовний інтерфейс UART TTL (5 В), що здійснюється виводами 0 (RX) і 1 (TX). Встановлена на платі мікросхема FTDI

FT232RL спрямовує цей інтерфейс через USB, а драйвери FTDI (включені в програму Arduino) надають віртуальний COM порт програмі на комп'ютері.

Моніторинг послідовної шини (Serial Monitor) програми Arduino дає змогу надсилати й отримувати текстові дані під час під'єднання до платформи. Світлодіоди RX і TX на платформі блиматимуть під час передавання даних через мікросхему FTDI або USB-підключення (але не під час використання послідовного передавання через виводи 0 і 1).

Так само слід зазначити відсутність необхідності натискання кнопки Reset для перепрограмування, оскільки Nano розроблено таким чином, щоб перед записом нового коду перезавантаження здійснювала сама програма. Одну з ліній FT232RL, що керують потоком даних (DTR), під'єднано до виводу перезавантаження мікроконтролерів ATmega168 або ATmega328 через конденсатор 100 нФ. Активація цієї лінії, тобто подача сигналу низького рівня, перезавантажує мікроконтролер. Програма Arduino, використовуючи цю функцію, завантажує код одним натисканням кнопки Upload у самому середовищі програмування. Подача сигналу низького рівня по лінії DTR скоординована з початком запису коду, що скорочує таймаут завантажувача. Ця функція дає змогу перепрограмувати Nano, не маючи фізичного доступу до плати, вивівши роз'єм Mini USB, використовуючи подовжувач, у зручне для доступу місце.

Датчики контролю мікроклімату всередині теплиці.

Для забезпечення сприятливих умов росту рослин, так само необхідно здійснювати контроль за навколишнім середовищем. Як датчик навколишнього середовища використовується датчик DHT-11. Датчик DHT11 складається з двох частин - гігрометра і ємнісного датчика температури. Гігрометр вимірює вологість повітря. Також у датчику присутній контролер, який виконує аналого-цифрові перетворення для передавання цифрового сигналу на мікроконтролер [21].

- точність вимірювання вологості $\pm 3\% \text{RH}$ (у діапазоні 20...80 %RH);
- точність вимірювання тиску $\pm 1.0 \text{ hPa}$ (у діапазоні 300 1100 гПа);
- точність вимірювання температури $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (у діапазоні -40...+85 $^{\circ}\text{C}$).

Модуль розрахований на використання в різних мобільних пристроях проєктах. Тому він займає небагато місця і витрачає мало енергії. Зовнішній вигляд датчика зображений на рисунку 1.2

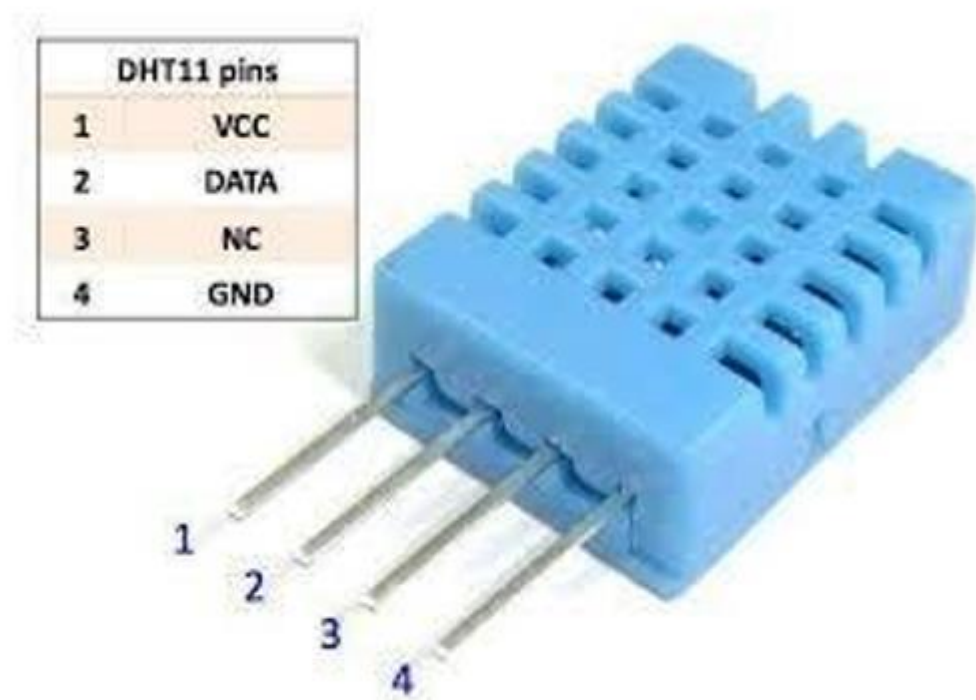


Рисунок 1.2 - Датчик DHT11

Для прив'язки системи автоматичного поливу, крім встановленого таймера на ввімкнення, до вологості ґрунту необхідно використовувати гігрометр, датчик вологості ґрунту. [23]

Модуль складається з двох частин:

- контактного щупа YL-69
- датчика YL-38

У комплекті йдуть дроти для підключення. Між двома електродами щупа YL-69 створюється невелика напруга. Якщо ґрунт сухий, опір великий і струм буде меншим. Якщо земля волога - опір менший, струм - трохи більший. За підсумковим аналоговим сигналом можна судити про ступінь вологості. Щуп YL-69 з'єднаний з

датчиком YL-38 двома проводами. Крім контактів з'єднання зі щупом, датчик YL-38 має чотири контакти для підключення до контролера.

Датчик YL-38 зібраний на основі компаратора LM393, який видає напругу на вихід D0 за принципом: вологий ґрунт - низький логічний рівень, сухий ґрунт - високий логічний рівень. Рівень визначається пороговим значенням, яке можна регулювати за допомогою потенціометра. На вивід A0 подається аналогове значення, яке можна передавати в контролер для подальшого опрацювання, аналізу та ухвалення рішень. Датчик YL-38 має два світлодіоди, що сигналізують про наявність живлення, яке надходить на датчик, і рівня цифрового сигналу на виході D0. Наявність цифрового виводу D0 і світлодіода рівня D0 дає змогу використовувати модуль автономно, без під'єднання до контролера.

Технічні характеристики:

- Напруга живлення - 3.3-5 В
- Струм споживання - 35 мА
- Вихід - цифровий і аналоговий
- Розмір модуля - 16×30 мм
- Розмір щупа - 20×60 мм
- Загальна вага - 7.5 г

Комплект датчика вологості ґрунту зображений на рисунку 1.3

У розроблюваній теплиці використовується дугова натрієва лампа трубчастого типу, ДНаТ, робоча температура якої становить близько 350С, в у зв'язку з чим необхідно передбачити систему визначення пожежі, а також наявності горючих, легкозаймистих газів. Спеціально для виявлення отруйних, горючих газів, а також зважених часток, що є результатом горіння, існує ціла серія датчиків MQ. У таблиці 1 представлено деякі з них.

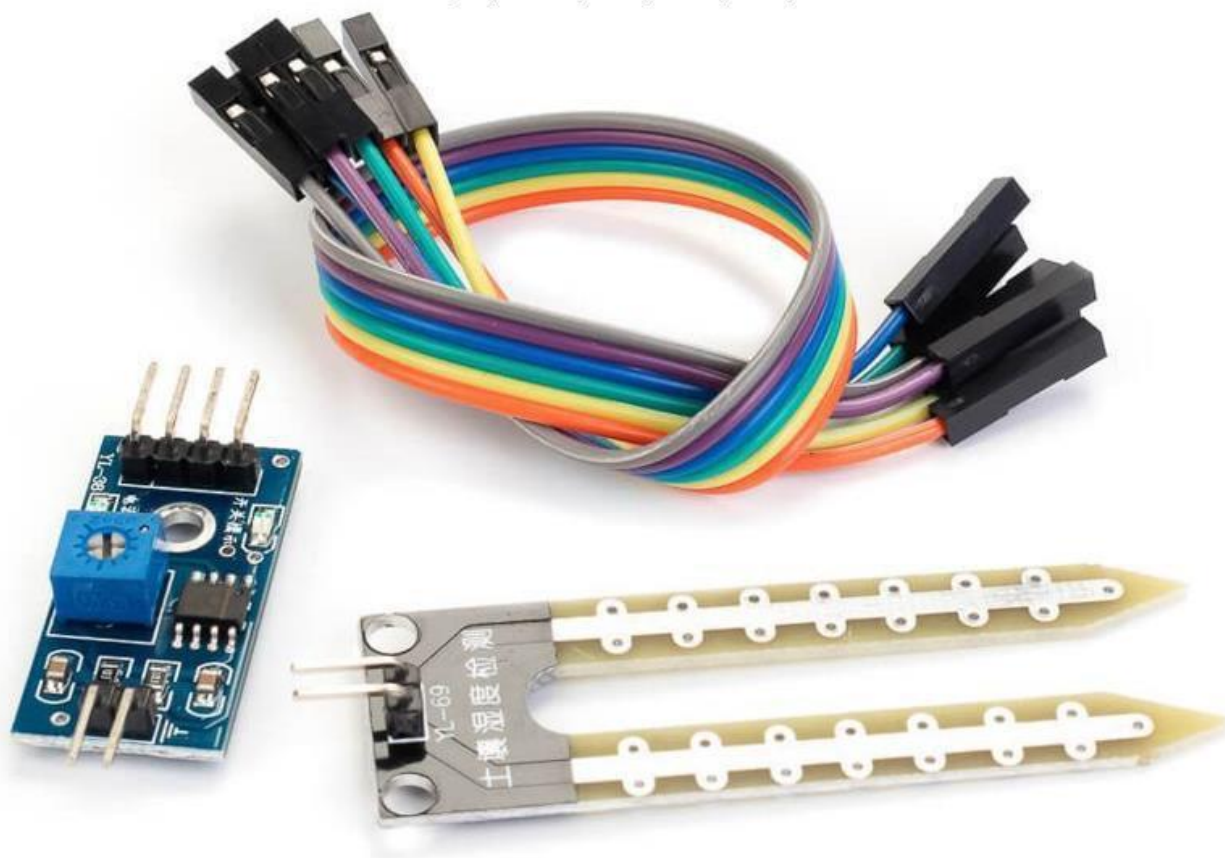


Рисунок 1.3 - Комплект датчика вологості ґрунту

Таблиця 1.1 - Датчики серії MQ і газу

Датчик	Визначення газу
MQ2	Широкого спектра газів (пропан, бутан, метан і водень)
MQ3	Пари спирту
MQ4	Природний газ (CH ₄)
MQ5	Горючі газу
MQ6	Зріджені нафтові газу
MQ7	Чадний газ
MQ9	Горючі та чадні газу
MQ131	Озон (O ₃)

Таблиця 1. Датчики серії MQ і газу, які вони визначають. У зв'язку з тим, що ми обираємо датчик для визначення виникнення пожежі в автоматизовану теплицю, оптимальним варіантом буде датчик MQ-2. Він визначить концентрацію вуглеводневих газів (пропан, метан, н-бутан), диму (зважених частинок, які є

результатом горіння) і водню в навколишньому середовищу. Датчик можна використовувати для виявлення витоків газу та задимлення. Зображення датчика на рисунку 1.4



Рисунок 1.4 – Датчик витоків газу та задимлення

Датчики контролю системи автоматичного поливу, а також датчики контролю системи також виконавчі механізми системи автоматичного керування.

У процесі моделювання автоматизованої теплиці було виявлено необхідність використання датчика рівня води. Даних датчика необхідно два, оскільки один датчик є вимірювачем рівня води в резервуарі системи автоматичного поливу, другий датчик вимірює рівень води в піддоні для ввімкнення відкачувального насоса з піддону в основний резервуар. Датчик рівня води призначений для визначення рівня води в різних ємностях, де недоступний візуальний контроль, з метою попередження переповнення ємності водою через критичну позначку.

Конструкції датчиків рівня води можуть бути різними - поплавкові, занурені, врізні. Цей датчик води - занурений. Що більше занурення датчика у воду, то менший опір між двома сусідніми проводами. Датчик має три контакти для підключення до контролера. Розглянемо кожен із них:

- + - живлення датчика;
- земля;
- S - аналогове значення.

На вивід S подається аналогове значення, яке можна передавати в контролер для подальшого опрацювання, аналізу та ухвалення рішень. Датчик має червоний світлодіод, що сигналізує про наявність живлення, яке надходить на датчик.

Розглянемо технічні характеристики даного датчика рівня води:

- напруга живлення - 3.3-5 В;
- струм споживання - 20 мА;
- вихід – аналоговий;
- зона виявлення - 16×30 мм;
- розміри - 62×20×8 мм;
- робоча температура - 10 - 30 °С.

Цей датчик зображено на рисунку 1.5. Оскільки форма зони виявлення обмежена, так само з'являється обмеження глибини використовуваних резервуарів. Слід зазначити, що визначення точного рівня води в резервуарі системи автоматичного поливу не є обов'язковою умовою під час монтажу та підбору деталей для поливу. Достатньо буде розмістити його у верхній частині резервуара, для визначення переповнення, однак таке можливе тільки в разі стороннього додавання води в піддон, звідки відкачується вода в резервуар системи поливу в разі повідомлення датчиком рівня води в піддоні про необхідність ввімкнути відкачувальний насос.

Датчик рівня води зображений на рисунку 1.5

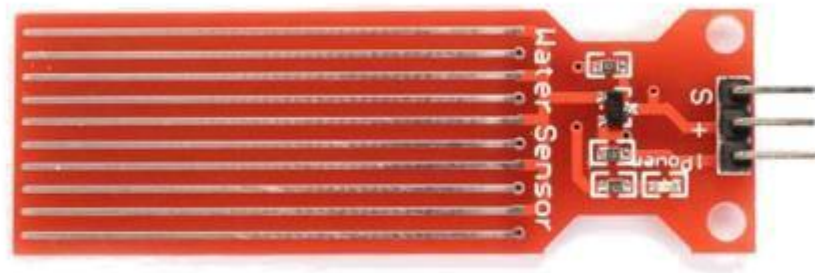


Рисунок 1.5 - Датчик рівня води

Для створення системи автоматичного поливу необхідно створювати тиск у системі подачі води і використовувати розпилювач. Для рівномірного зрошення ґрунту необхідне використання декількох розпилювачів, залежно від площі поверхні ґрунту. У проєктованій теплиці, зважаючи на використовувані розміри, досить пари розпилювачів типу "Крапельниці". Розпилювач і клапан зображені на рисунку 1.6, 1.7 відповідно.



Рисунок 1.6 – Розпилювач



Рисунок 1.7 – Клапан

У клапан, що перекриває надходження води на розпилювач, існує велика кількість варіантів. З огляду на відсутність необхідності великої пропускної здатності клапана, підійдуть навіть найдешевші варіанти клапанів.

Електромагнітний клапан складається з еластичної мембрани, розташованої в центрі, яка має жорстке металеве кільце і через пружину з'єднана з плунжером. Під час подачі напруги на керівні контакти, під впливом магнітного поля котушки, плунжер піднімається вгору і знімає зусилля з мембрани, яка моментально піднімається і відкриває клапан, відкриваючи при цьому трубопровід для подальшого протікання рідини. Під час закриття (відсутності магнітного поля), підпружинений плунжер опускається і з зусиллям притискає мембрану через кільце до поверхні ущільнювача.

Оскільки насос подачі рідини на розпилювач вмикатиметься синхронно з увімкненням клапана, клапану не доведеться утримувати надлишковий тиск, у зв'язку з цим для клапана було обрано нормально закритий клапан китайської розробки, що не має назви. Характеристики клапана:

- напруга живлення - 12 вольт;
- утримуваний тиск - до 0,8мпа;
- пропускна здатність - 20 л\хв при тиску 0.8 мпа;
- споживання струму - 0,03А.

Розпилювач типу "Крапельниця" має невеликі габарити, і складається з мінімального числа деталей. Завданням розпилювача є розподіл рідини, що надійшла до входу, на маленькі отвори, розташовані на корпусі розпилювача. Завдяки такій конструкції збільшується площа поливу. Зі збільшенням тиску в системі довжина струменя рідини з розпилювача буде збільшуватися, охоплюючи більшу площу.

Джерела світла. Як джерело освітлення буде використано дугову натрієву лампу трубчастого типу, ДНаТ. Розглянемо порівняння ДНаТ і світлодіодного (LED) джерела світла.

ДНаТ - Натрієва газорозрядна лампа (НЛ) - електричне джерело світла, тілом, що світиться, слугують пари натрію з газовим розрядом у них. Тому переважним у спектрі світла таких ламп є резонансне випромінювання натрію; лампи дають яскраве оранжево-жовте світло. Ця специфічна особливість НЛ (монохроматичність випромінювання) спричиняє при освітленні ними незадовільну якість передачі кольору. Через особливості спектра та істотне мерехтіння на подвоєній частоті живильної мережі НЛ застосовують здебільшого для вуличного освітлення, утилітарного, архітектурного та декоративного. Помаранчево-жовтий спектр випромінювання натрієвих ламп має особливу перевагу для вуличного освітлення в умовах туману. Для внутрішнього освітлення виробничих площ використовується в разі, якщо немає вимог до високого значення індексу передачі кольору джерела світла.

Однак довжина хвилі, що радить помаранчево-жовтому кольору світла, припадає на перший пік фотосинтезу в рослин. Довжина хвилі в такому разі становить 610-720нм. Тому використання цієї лампи як джерела світла для рослин є оптимальним рішенням.

Незважаючи на свої особливості, натрієві лампи є одним із найефективніших електричних джерел світла. Світловіддача натрієвих ламп високого тиску досягає 150 люмен/ват, низького тиску - 200 люмен/ват. Термін служби натрієвої лампи - до 28,5 тис. годин.

Світлодіодні або LED-лампи - найприйнятніший за всіма параметрами варіант для створення світлового режиму для рослин: вони володіють найменшим енергоспоживанням і високим ККД, великий ресурс - експлуатації однієї LED-лампи може тривати до 50 тисяч годин. Компактні розміри, для освітлення рослин на полицях або нішах, а також тих, що вирощуються на можна використовувати спеціальні світлодіодні стрічки. Володіють такими якостями як висока безпека і повна екологічна чистота. Світлодіодні лампи можуть виробляти тільки хвилі корисного спектра (червоні, сині, помаранчеві), що дає змогу, з одного боку, скоротити витрату енергії завдяки відсутності генерації "зайвих" хвиль, з іншого - реально регулювати розвиток рослини, сповільнюючи або прискорюючи його, що особливо важливо в промисловому циклі. Крім вибору типу фітолампи, дуже важливо правильно вибрати її потужність - на 1 м² освітлюваної площі має припадати не менше 70 Вт. Крім того, слід врахувати, що чим ближче лампа буде наближена до рослини, тим більшим і повнішим буде ефект підсвічування. Але при цьому слід враховувати негативний вплив теплового випромінювання, тому оптимальна відстань - близько 20-25 см.

Світлодіодне джерело розглянемо готовий варіант світлодіодної лампи, спеціально для вирощування рослин - Apollo 4.

Оскільки джерело світла підбирається з метою повної заміни природного джерела світла на штучне, слід розраховувати на надлишкове освітлення, а не на недостатнє, яке називається досвічуванням рослини. Порівняльна таблиця 2 ДНаТ - 100 і Apollo 4.

З порівняльної таблиці можна відзначити високу вартість світлодіодної лампи, а також явну перевагу перед лампою ДНаТ за всіма розглянутими параметрами. Однак у цьому проєкті однією з важливих умов є вартість збирання, з огляду на цей фактор вибір зроблено на користь ДНаТ.

Таблиця 1.2 - Порівняльна таблиця

	ДНаТ-100	Аполлон 4
Енергоспоживання	100W	140W
Складність монтажу	Висока	Низька
Термін служби	До 28 тисяч годин	До 60 тисяч годин
Мінімальна ефективна площа освітлення	0,5 квм	0,5 квм
Клас безпеки	Відсутня	IP65
Необхідність дообладнання комплекту	Потрібно	Непотрібно
Світловіддача	10000 люмен	450000 люмен

На рисунку 1.8 зображено лампу ДНаТ, на рисунку 1.9 зображено лампу Apollo 4.



Рисунок 1.8 – Лампа ДНаТ



Рисунок 1.9 - Apollo 4

Пристрої виведення інформації. Для здійснення можливості налаштувань автоматизованої теплиці, а також для візуалізації показників датчиків потрібен дисплей, що працює з використанням шини I2C, з підсвічуванням і можливістю відображення символів. Як дисплей було обрано LCD 2004 Рідкокристалічний індикатор MT-20S4A-I, виготовлений на базі серійно випускаемого індикатора MT-20S4A-I. У рідкокристалічному індикаторі MT-20S4A-I вбудований контролер INF8574A, аналог PCF8574A, що дає змогу керувати індикатором по шині I2C. Використання шини I2C є одним з головних критеріїв під час вибору дисплея, оскільки цей тип підключення використовує мінімальну кількість портів на процесорі платформи Arduino NANO.

Дисплей може працювати в трьох режимах:

- 8-бітний режим - використовуються молодші та старші біти (DB0-DB7);

- 4-бітний режим - використовуються тільки молодші біти (DB4-DB7);

- I²C режим - дані передаються за протоколом I²C/TWI;

- адреса дисплея 0x38.

Використовувати чотирибітний або восьмибітний режим у цьому дисплеї не доцільно. Адже головна перевага цієї моделі саме можливість підключення з використанням I2C шини.

Дисплей має 18 контактів для живлення логіки, взаємодії з підсвічуванням і керуючою електронікою.

Кожен зі знаків має свій код у шістнадцятковій системі числення. На рисунку 1.8 зображено дві сторінки знакогенератора, оскільки обмеження за кількістю сторінок знакогенератора відсутні, є можливість генерації власних користувацьких знаків, використовуючи мінімальний елемент дисплея, матрицю 5*8 точок.

Таблиця висновків позначена в таблиці 1.3

Висновки	Позначення	Опис
1	GND	Загальний вивід (земля)
2	Vcc	Напруга живлення (3,3-5 В)
3	Vo	Керування контрастністю
4	RS	Вибір регістра
5	R/W	Вибір режиму запису або читання
6	E	Дозвіл звернень до індикатора
7	DB0	Шина даних (8-бітний режим) (молодший біт у 8-бітному режимі)
8	DB1	Шина даних (8-бітний режим)
9	DB2	Шина даних (8-бітний режим)
10	DB3	Шина даних (8-бітний та 4-бітні режими) (молодший біт у 4-бітному режимі)
11	DB4	Шина даних (8-бітний та 4-бітні режими)
12	DB5	Шина даних (8-бітний та 4-бітні режими)
13	DB6	Шина даних (8-бітний та 4-бітні режими)
14	DB7	Шина даних (8-бітний та 4-бітні режими)
15	+LED	+ живлення підсвічування
16	-LED	- живлення підсвічування
17	SDA	Послідовна шина даних
18	SCL	Послідовна лінія тактування

Однак розглянутий дисплей не підтримує можливість відображення на екрані знаків з декількох сторінок одночасно. Слід також зазначити, що I2C шина є додатковим елементом до дисплея, тому що початкове проектування передбачало використання чотирьохбітний або восьмибітний режим відображення символів. Характеристики дисплея LCD 2004:

- напруга живлення: 3,3-5 В;
- максимальний струм споживання: 1,4 мА;
- споживаний струм підсвічування: 120 мА;
- індикація: 4 рядки по 20 символів. Символи відображаються в матриці 5×8 точок;
- габарити: 98×60×13 мм.

Графічне зображення дисплея зі встановленим модулем I2C продемонстровано на рисунку 1.10



Рисунок 1.10 - Дисплей LCD 2004

Слід зазначити наявність бібліотеки для роботи з цим дисплеєм у складі базових бібліотек Arduino IDE. До цієї бібліотеки входить дві сторінки згенерованого знакогенератора, які складаються з різноманітних символів і букв. Сумарна кількість яких дорівнює 512 знаків.

2 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ

2.1 План роботи системи моделі

Автоматизоване рослинництво є сучасним підходом до вирощування рослин, що базується на використанні інноваційних технологій і систем автоматизації. Цей підхід дає змогу підвищити продуктивність, ефективність і якість врожаю, а також

знизити витрати та ризики. У цій статті буде проведено аналіз процесу автоматизованого рослинництва, розглянуто його основні компоненти та переваги.

Системи контролю та управління: Автоматизовані системи рослинництва включають різноманітні датчики та пристрої, які моніторять і контролюють різні параметри росту рослин, такі як температура, вологість, освітлення, рівень поживних речовин і рН-значення. Ці системи дають змогу автоматично регулювати умови вирощування рослин відповідно до визначених вимог.

Системи поливу та удобрення: Автоматизовані системи поливу забезпечують точний та оптимальний розподіл води по рослинах, унеможливаючи перезволоження або нестачу вологи. Додатково, системи удобрення автоматично подають оптимальну кількість поживних речовин для забезпечення здорового росту рослин.

Системи освітлення: Автоматизовані системи освітлення дають змогу контролювати інтенсивність і тривалість світла, що особливо важливо в зимовий період або в областях із нестачею сонячного світла. Вони забезпечують оптимальні умови фотосинтезу та росту рослин.

Системи клімат-контролю: Автоматизовані системи клімат-контролю включають вентиляцію, обігрів та охолодження, даючи змогу підтримувати стабільні й оптимальні умови температури та вологості в тепличному середовищі. Це особливо важливо для рослин, які потребують певного мікроклімату для успішного росту.

Підвищення продуктивності: Автоматизація рослинництва дає змогу досягти вищої продуктивності та врожайності завдяки оптимальним умовам росту рослин і точному контролю параметрів.

Економія ресурсів: Автоматизовані системи раціонально використовують ресурси, як-от вода та енергія, завдяки точному дозуванню та розподілу.

Зменшення ризиків: Автоматизація дає змогу знизити ризики, пов'язані з людським фактором, як-от помилки під час поливу або регулювання умов зростання.

Поліпшення якості продукції: Завдяки контрольованим умовам зростання та управлінню поживними речовинами, автоматизація сприяє поліпшенню якості та зовнішнього вигляду продукції.

Оптимізація трудових витрат: Автоматизація знижує необхідність у ручних операціях і спрощує завдання обслуговування та догляду за рослинами, що дає змогу скоротити трудові витрати.

Мінімальний вплив на довкілля: Автоматизоване рослинництво дає змогу мінімізувати використання пестицидів і хімічних добрив, що сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище і забезпечує більш екологічно чисте виробництво.

Високі витрати на впровадження: Впровадження автоматизованих систем рослинництва може вимагати значних інвестицій у купівлю та встановлення необхідного обладнання і технологій.

Складність експлуатації та обслуговування: Автоматизовані системи вимагають знань і навичок для їхнього налаштування, обслуговування та ремонту. Це може потребувати додаткового навчання персоналу або залучення фахівців.

Залежність від енергопостачання: Автоматизація рослинництва вимагає надійного і стабільного енергопостачання для роботи систем контролю, управління і підтримки оптимальних умов.

Ризики технічних збоїв: Автоматизовані системи можуть наражатися на ризик технічних збоїв, що може призвести до проблем у рості рослин і зниження продуктивності.

Необхідність постійного моніторингу: Автоматизація вимагає постійного моніторингу роботи систем і параметрів росту рослин для забезпечення оптимальних умов. Це може вимагати наявності постійного персоналу або використання віддаленого моніторингу.

Автоматизація рослинництва є сучасним і ефективним підходом до вирощування рослин, який дає змогу підвищити продуктивність, якість і ефективність виробництва. Однак, впровадження автоматизованих систем вимагає ретельного планування, інвестицій та підготовки персоналу. Важливо враховувати

як переваги, так і обмеження автоматизації, щоб ефективно використовувати її потенціал і досягти успіху в рослинництві.

Система складатиметься з самої плати Arduino Nano, кількох датчиків і дисплея для відображення даних, отриманих із датчиків. Датчик температури і вологості повітря встановлюється на відстані 20 сантиметрів від лампи, датчик вологості ґрунту занурюється безпосередньо в субстрат, датчик задимлення і газу встановлюється на стелі теплиці, датчик рівня води встановлюється в піддон. Лампу ДНаТ розташовують у центрі стелі, на відстані від неї 10 сантиметрів, підведення проводів здійснюють спеціальними хомутами, що мають кріплення до стіни. Дросель і ІЗУ ДНаТ розташувати поза теплицею, максимально низько. Два розпилювачі води для поливу розташувати по краях горщика, враховуючи діаметр розбризкування води. Електричний клапан необхідно встановити максимально близько до розпилювача по лінії подачі води, щоб уникнути витікання рідини, що залишилася в шлангах після закриття клапана подачі води. Усі датчики з'єднані з платою, яка зчитуватиме з них показання. При спрацьовуванні певних датчиків, спрацьовують певні виконавчі механізми.

Вентиляція працює в парі з освітленням, однак під час вимкнення освітлення здійснюється контроль за вологістю і температурою повітря, завдяки чому на підставі заданих параметрів вмикається витяжний вентилятор.

Режим автополиву регулюється часовими таймерами. Також система автоматичного поливу передбачає стеження за вологістю ґрунту за допомогою датчика вологості ґрунту, на підставі показань якого можливий полив рослини.

Розглянемо докладніше можливості плати Arduino Nano V3.0, входи, виходи, алгоритми під'єднання модулів і способи під'єднання живлення. Плата зображена на рисунку 2.1.

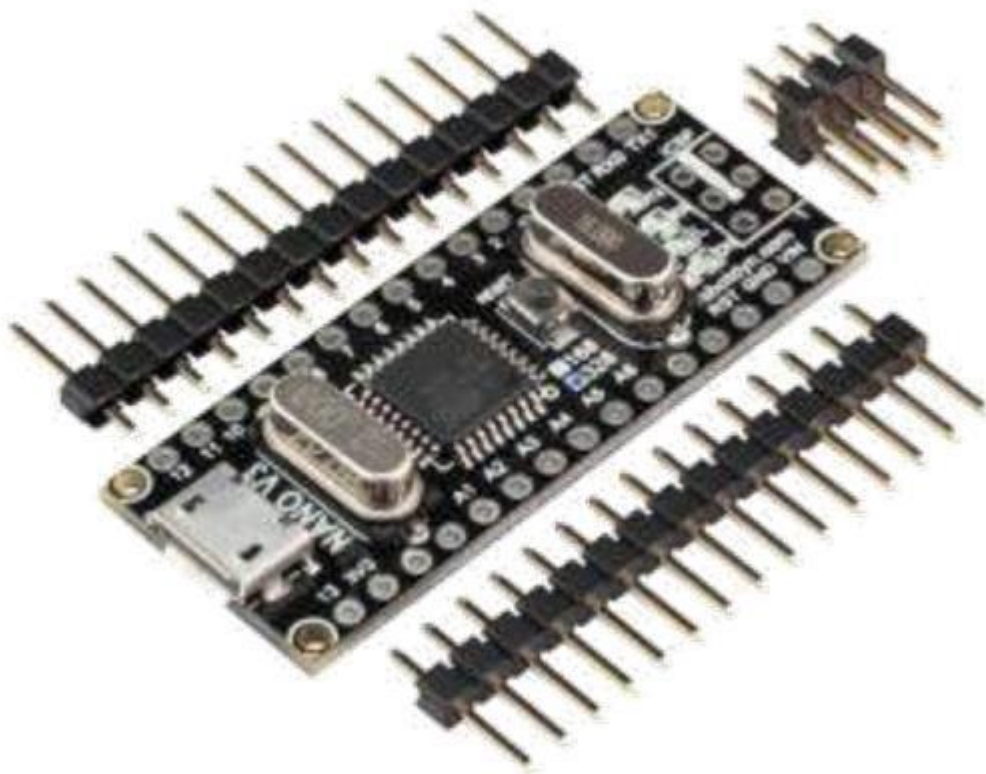


Рисунок 2.1 - Плати Arduino Nano

Arduino Nano - одна з найбільш малорозмірних плат Arduino. Є повним функціональним аналогом Arduino Uno - так само працює на чипі ATmega328P, проте існують варіанти на Atmega 168, але з меншим форм-фактором. Через свої габаритні розміри плата часто використовується в проєктах, у яких важлива компактність. На платі відсутнє винесене гніздо зовнішнього живлення. Arduino Nano працює через роз'єм Micro-USB, в іншому ж параметри збігаються з моделлю Arduino Uno.

Arduino Nano на базі ATmega328P - має 26 портів введення виведення, з яких 8 аналогові входи, незважаючи на це їх можна використовувати як цифрові виходи, 14 цифрових входів і виходів, з яких 6 можуть працювати як широтно-імпульсний модулятор (ШІМ), ще два задіяно під використання шини I2C, а 3 - під SPI шину.

Детальну схему входів і виходів можна побачити на рисунку 2.2.

NANO PINOUT

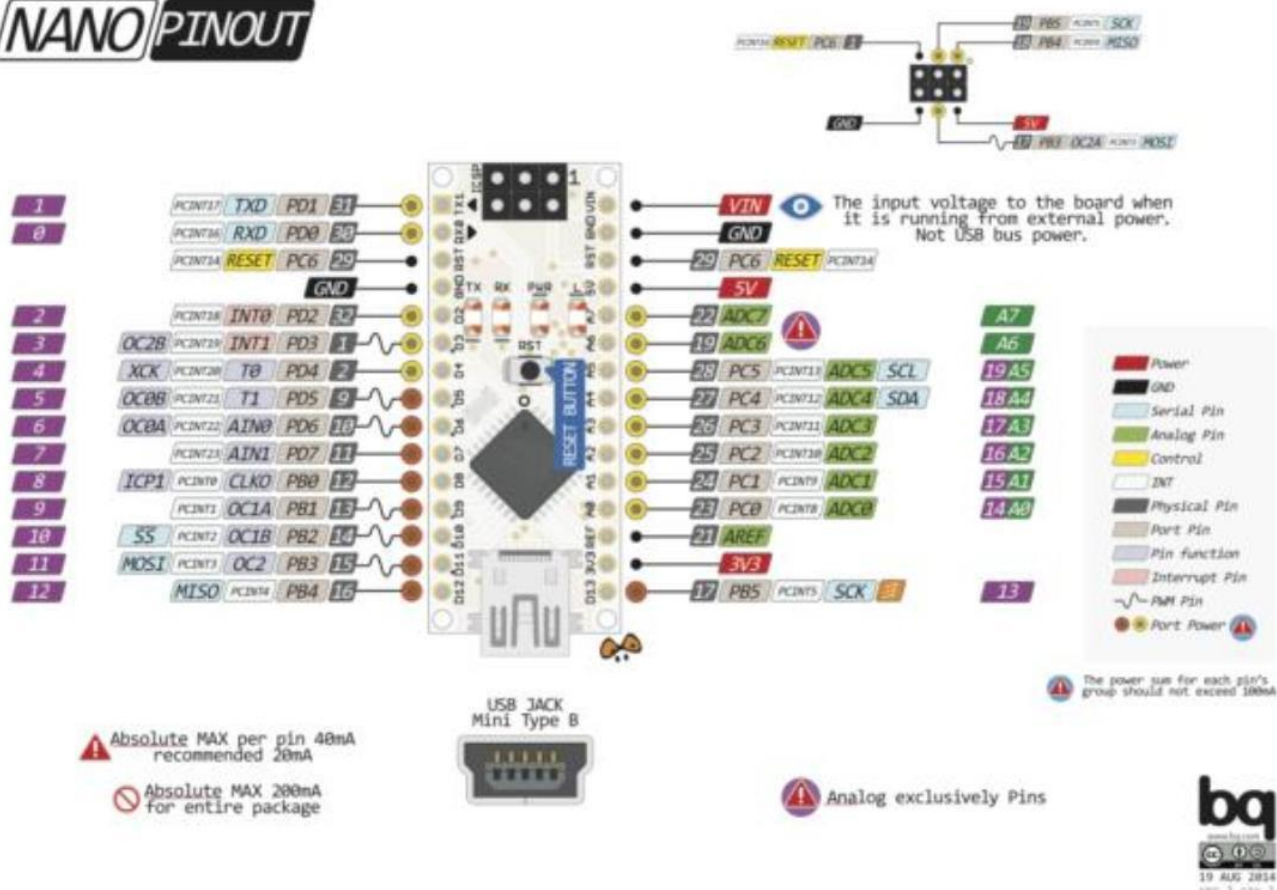


Рисунок 2.2 - Схема входів і виходів Arduino Nano на базі ATmega328P

Для підключення плати Arduino до ПК використовується Мікросхема FTDI FT232RL. У процесі встановлення зв'язку формується емульований послідовний COM-порт. Драйвера і все необхідне програмне забезпечення включено в пакет Arduino IDE.

До пакета програмного забезпечення Arduino IDE також входить спеціальна програма, що дає змогу зчитувати та надсилати на плату прості текстові дані. Під час передавання даних комп'ютеру через USB на платі блиматимуть світлодіоди RX і TX, однак під час послідовного передавання даних за допомогою виводів 0 і 1 ці світлодіоди не задіюються. Бібліотека SoftwareSerial дає змогу реалізувати послідовний зв'язок на будь-яких цифрових виводах Arduino Nano. У мікроконтролерах ATmega328 і ATmega168 також реалізовано підтримку послідовних інтерфейсів I2C (TWI) і SPI. У програмне забезпечення

Arduino входить бібліотека Wire, що дає змогу спростити роботу з шиною I2C.

Детальніша інформація про I2C шину написана в документації.

AREF: Пін для під'єднання зовнішньої опорної напруги АЦП відносно якої відбуваються аналогові вимірювання під час використання функції `analogReference()` з параметром "EXTERNAL".

Breadboard (макетна (монтажна) безпайкова плата). Основне призначення такої плати - конструювання і налагодження прототипів різних пристроїв. Складається цей пристрій з отворів-гнізд із кроком 2,54 мм або кратним йому. Макетні плати бувають різних розмірів, але в більшості випадків вони складаються з однакових блоків, рисунок 2.3. Ліворуч і праворуч розташовано по дві лінії живлення: тут усі отвори в стовпчику з'єднані між собою. Проріз посередині призначений для встановлення і зручного виймання мікросхем у DIP-корпусах. DIP корпус (англ. dual in-line package, також DIL) - застосовується для мікросхем, мікрозбірок і деяких інших електронних компонентів. Корпуси такого типу відрізняються прямокутною формою і наявністю двох рядів виводів по довгих сторонах.

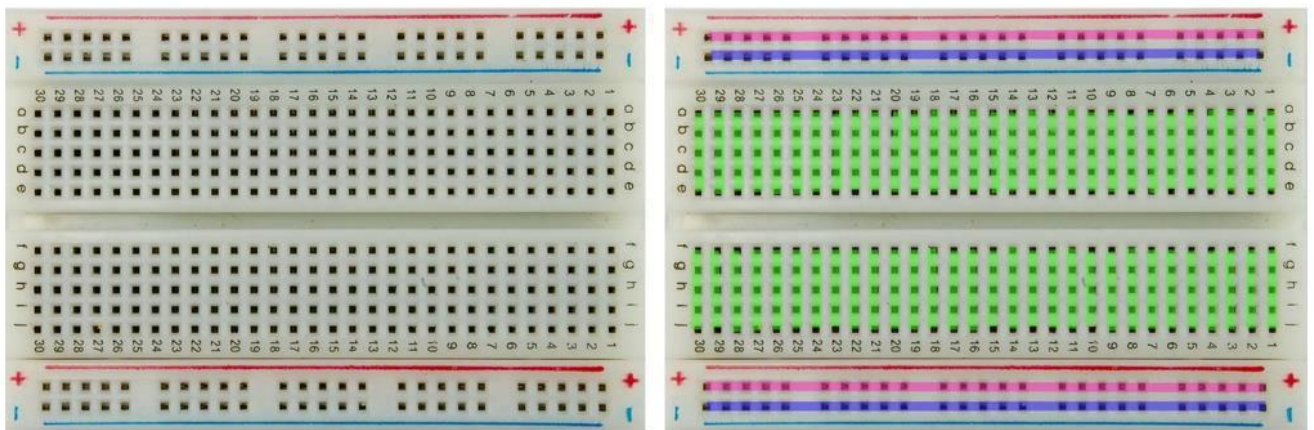


Рисунок 2.3 – Breadboard

Безпайкові монтажні плати використовують як для створення простих електросхем, так і для складних проєктів.

Ще одна сфера застосування breadbord'ів - перевірка нових деталей і компонентів - наприклад, мікросхем (ICs).

Як і всім електронним пристроям, на Arduino необхідна напруга живлення. Arduino Nano може бути живиться через кабель Mini-B USB, від зовнішнього джерела живлення з нестабілізованою напругою 6-20В (через вивід 30) або зі стабілізованою напругою 5В (через вивід 27). Пристрій автоматично вибирає джерело живлення з найбільшою напругою. Як зовнішнє джерело живлення (не USB) може використовуватися будь-який мережевий AC/DC-адаптер або акумулятор/батарея.

Напруга зовнішнього джерела живлення може бути в межах від 6 до 20 В. Однак, зменшення напруги живлення нижче 7В призводить до зменшення напруги на виводі 5V, що може стати причиною нестабільної роботи пристрою. Використання напруги, більшої за 12В, може призводити до перегріву стабілізатора напруги та виходу плати з ладу. З огляду на це, рекомендується використовувати джерело живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12В.

Виводи живлення:

- VIN: вхід для зовнішнього живлення, використовується за відсутності живлення від роз'єму USB. Напруга, що надходить в Arduino безпосередньо від зовнішнього джерела живлення. Через цей вивід можна як подавати зовнішнє живлення, так і споживати струм, коли пристрій живиться від зовнішнього адаптера;

- 5V: використовується для живлення МК та інших компонентів. На цей вивід надходить напруга 5В від стабілізатора напруги на платі, незалежно від того, як живиться пристрій: від адаптера (7 - 12В), від USB (5В) або через вивід VIN (7 - 12В). Живити пристрій через виводи 5V або 3V3 не рекомендується, оскільки в цьому разі не використовується стабілізатор напруги, що може призвести до виходу плати з ладу. Максимальний вихідний струм становить 800 мА;

- 3V3: вивід 3.3В, через нього надходить напруга від стабілізатора напруги на платі. Максимальний вихідний струм становить 150 мА;

- GND: виводи землі.

Оскільки для живлення насоса, що створює тиск у системі автоматичного поливу, потрібна більша напруга і струм, ніж заявлено в документації, необхідно використовувати сильнотрумові релейні модулі, з гальванічною розв'язкою лінії керування від силової. Так само, для роботи лампи ДНаТ потрібне підключення зовнішнього живлення.

2.2 Встановлення датчиків

Важливим етапом проектування автоматизованої системи є макетування. Для наочності схем будемо використовувати програму Fritzing. Програма дає змогу в графічному режимі моделювати складання розроблюваної системи.

Першим етапом складання системи є підключення самої плати Arduino Nano до живлення. Як джерело живлення використовується блок живлення AC-DC 220 вольт - 12 вольт. Піковим значенням вихідного струму, виробником зазначено, 15А - Рисунок 2.4.



Рисунок 2.5 - блок живлення AC-DC 220 вольт - 12 вольт

Платформа Arduino Nano передбачає під'єднання до нестабілізованого джерела живлення 5-20В, однак для стабільної роботи необхідне під'єднання до стабілізованого джерела з напругою 5В. Як знижувальний стабілізатор використовується перетворювач DC-DC LM2596. У цього перетворювача передбачено регулювання вихідної напруги. Регулювання напруги здійснюється за допомогою підлаштування резистора, встановленого на модулі. Вхідна напруга 3.2 - 40 В, вихідна 1.25 - 35 В, яка завжди менше вхідної. Максимальний вихідний струм до 3А за умови достатнього охолодження. Підключивши до живлення Arduino Nano почнемо підключення датчиків. На платі Arduino присутній контакт для під'єднання живлення на датчики, однак використання цього контакту призведе до підвищеного навантаження на вбудований стабілізатор. З цієї причини підключення датчиків і механізмів слід робити безпосередньо до джерела живлення Arduino. Розглянемо підключення датчика температури та вологості повітря.

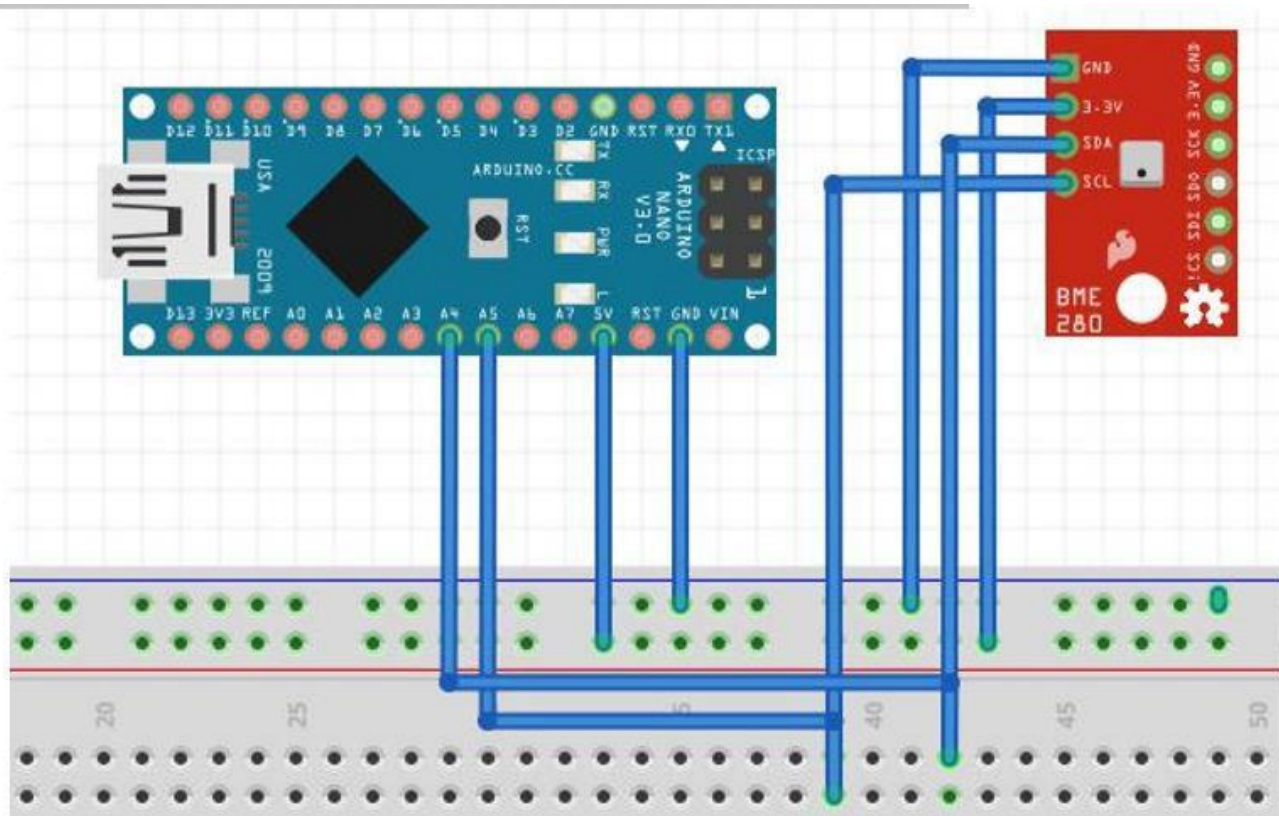


Рисунок 2.6 - Підключення датчика температури та вологості повітря

На рисунку 2.5 зображено графічне представлення під'єднаної платформи Arduino Nano і датчика температури та вологості повітря.

Наступним етапом макетування системи буде встановлення дисплея. Оскільки дисплей керується шиною I2C, під'єднання керівних контактів необхідно здійснювати в точно позначені контакти на платі Arduino.

Датчик температури та вологості, дисплей підключені до плати Arduino Nano – рисунок 2.6

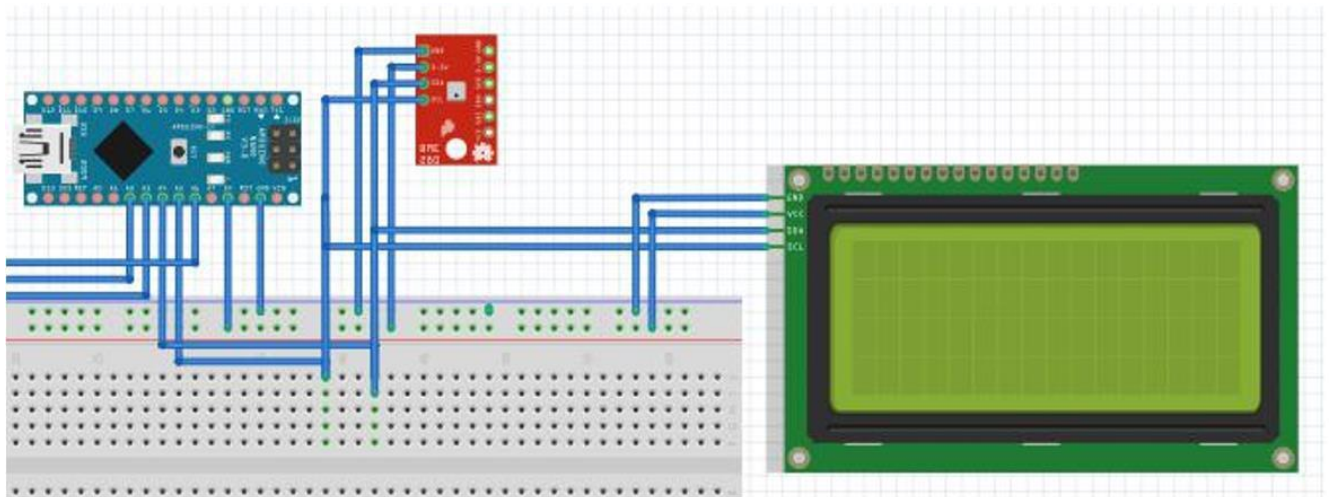


Рисунок 2.7 - Датчик температури та вологості, дисплей підключений до плати

Наступним етапом макетування є встановлення аналогових датчиків. Як виводи, що приймають сигнали з аналогових датчиків, було обрано виводи А0-А3 включно. Аналогові датчики так, як і всі, потребують зовнішнього підключення живлення 5 вольт.

На схематичному зображенні під'єднання аналогових датчиків, датчик MQ-2 замінено на MQ-3, у зв'язку з відсутністю в базі елементів першого. Однак схемотехніка повністю ідентична, різниця полягає тільки в чутливих елементах. Подавати живлення на датчики можна напряму з плати Arduino, однак використання джерела живлення напряму для подачі напруги на датчики гарантує стабільну роботу системи та відсутність ймовірності виходу з ладу основної плати мікроконтролера.

На датчику вологості ґрунту присутній потенціометр, який регулює порогове значення, що порівнюється компаратором LM393 зі значенням, отриманим з датчика. У разі якщо значення, встановлене потенціометром, виявиться нижчим за отримане з датчика, на платі датчика засвітиться світлодіод. Схематичне зображення підключення аналогових датчиків зображено на рисунку 2.7.

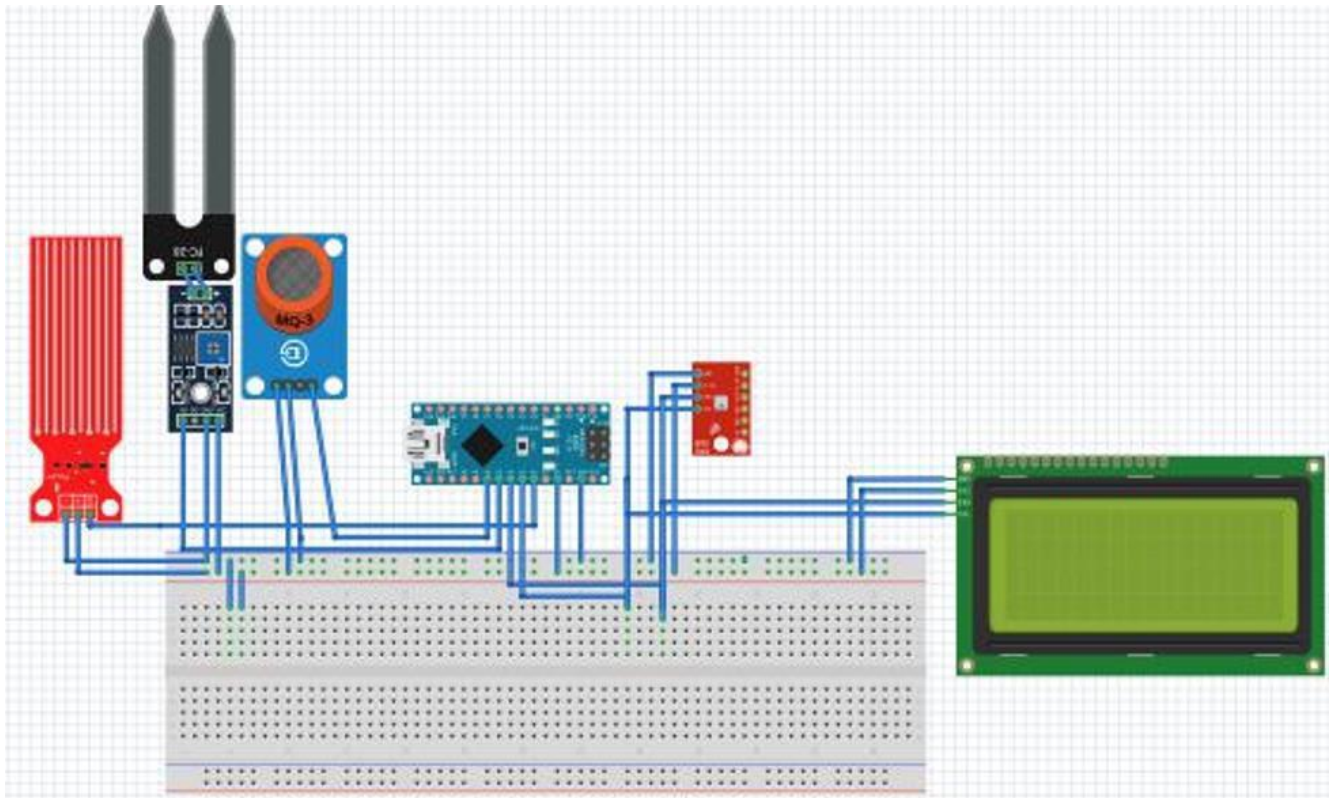


Рисунок 2.7 - Підключення аналогових датчиків

Для комутації сильноточових ланцюгів необхідно використовувати реле. Реле бувають виконані як релейний модуль, що містить у собі один або кілька реле, а також радіодеталей, які здійснюють гальванічну розв'язку між керуючими контактами і силовими. Реле може керувати практично чим завгодно, але проблеми виникають саме з індуктивним навантаженням, причому як постійного, так і змінного струму. Під час різкого ввімкнення та вимкнення індуктивного навантаження створюється викид, напруга якого може в кілька разів перевищувати напругу живлення ланцюга, цей викид провокує електромагнітні наведення в електричних колах, що призводить до збоїв у роботі мікроконтролера та інших компонентів. Індуктивним навантаженням є мотори, приводи, помпи, соленоїди, електромагніти, соленоїдні клапани. З цієї причини не рекомендується використання звичайних реле без обв'язки. Для комутації ланцюгів змінного струму рекомендується використання твердотільних реле, оскільки звичайні реле працюють за принципом замикання контактів. За великих потужностей у момент замикання відбувається іскріння, що призводить до підгоряння контактів,

зменшення площі зіткнення контактних майданчиків. У результаті відбувається нагрівання реле, що небезпечно виникненням пожежі. Слід врахувати, що твердотільні реле так само нагріваються, проте це явище проявляється на більш високих потужностях і не пов'язане з погіршенням характеристик реле.

Розглянемо схематичне підключення реле до плати. Як сигнальні виводи позначено контакти D2-D5. На схемі зображено під'єднання релейного модуля з двома реле, двох твердотільних реле середньої потужності, для під'єднання витяжного вентилятора і лампи. Схема підключення проілюстрована на рисунку 2.8

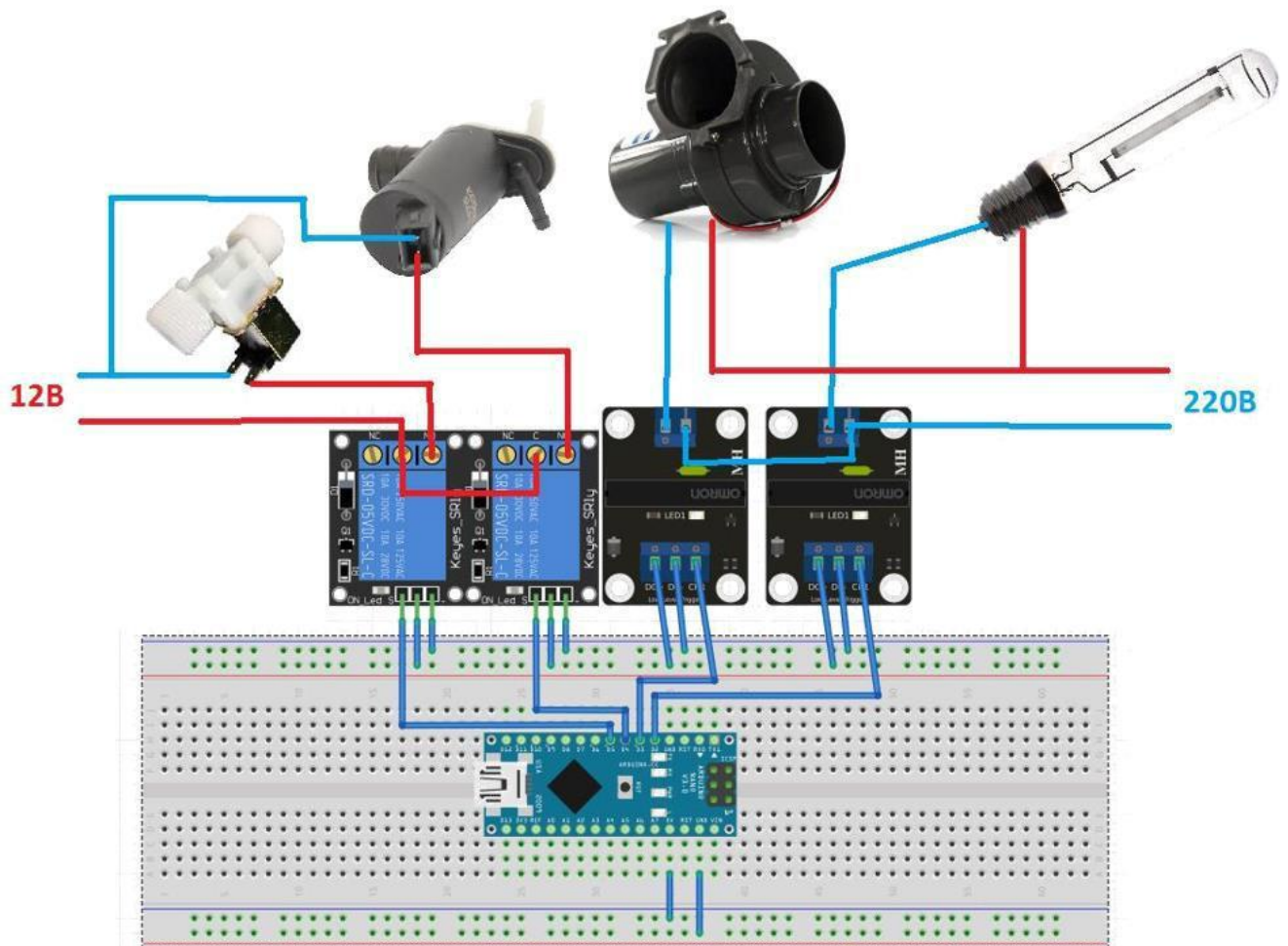


Рисунок 2.8 - Схематичне підключення реле до плати

2.3 Інструкції, налаштування, застосування

Програмування на Arduino. Писати програми можна безліччю різних способів, найпоширеніший і найдоступніший - Arduino IDE. IDE - це середовище програмування, у ньому є все необхідне для написання перших скетчів (рисунок 2.9). Програма безкоштовна і будь-хто може завантажити з офіційного сайту arduino.cc, а також подивитися вихідні коди в офіційному репозиторії.

Використовуючи програмне середовище Arduino IDE, можна розв'язувати найрізноманітніші творчі завдання, пов'язані з програмуванням і моделюванням.

На сьогодні за допомогою Arduino конструюють всілякі інтерактивні, навчальні, експериментальні, розважальні моделі та пристрої. Інтерфейс порівняно простий в освоєнні, його основою є мова C++, тому освоїти інструментарій можуть навіть програмісти-початківці.

Сама програма надається з відкритим вихідним кодом. Усі базові інструменти поширюються безплатно - достатньо вибрати версію, що відповідає операційній системі.

За допомогою простого інтерфейсу можна швидко створювати нові скетчі. Скетч - це програма, написана для платформи Arduino, яка має певну структуру. Можна подивитися приклади таких скетчів у вкладці "Файл"

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

Програма на Arduino містить дві однакові функції: `void setup()` і `void loop()`. На початку коду оголошуються константи і використовувані порти. У розділі `void setup()` вказуються команди, які виконуються один раз. Розділ `void loop()` містить

команди, які виконуються весь час, доки ввімкнена плата Arduino. Почавши виконання з першої команди, мікроконтролер дійде до кінця і одразу ж перейде на початок, щоб повторити ту саму послідовність. І так нескінченну кількість разів (доти, доки на плату подано електрику).

Так само є можливість тестування за допомогою виведення результату роботи або повідомлень для налагодження в послідовний порт або монітор порту, проілюстрований нарисунку 2.9.

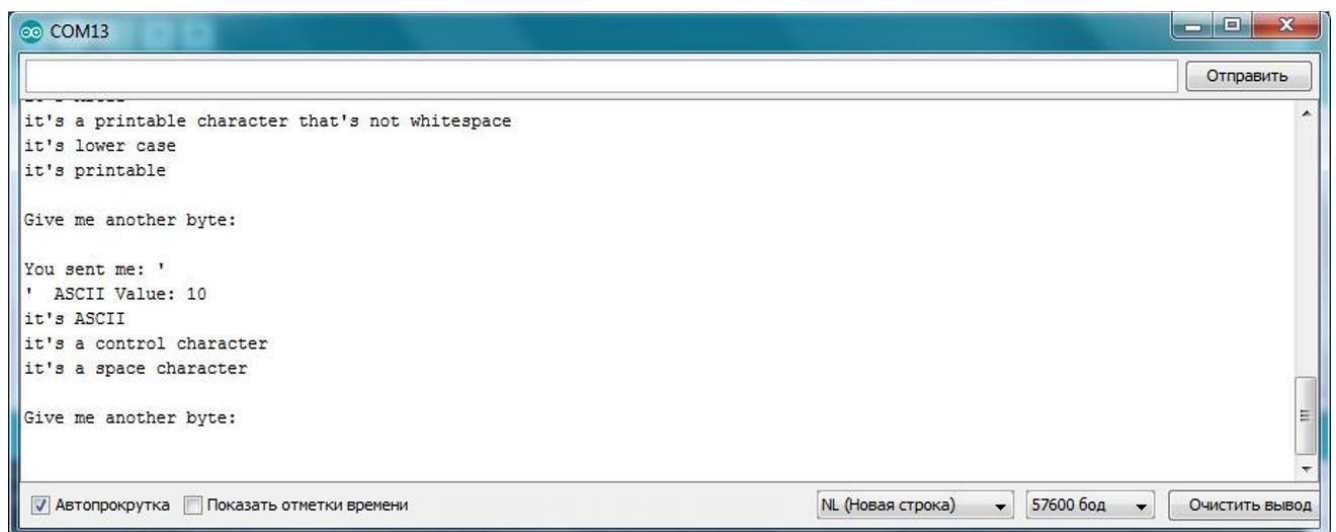


Рисунок 2.9 - Монітор порту

Для того, щоб встановити з'єднання в скетчі, а саме у функції `setup`, потрібно викликати метод `begin` класу `Serial` і вказати швидкість з'єднання: `Serial.begin(57600)`. Щоб інформація відображалася коректно, потрібно вибрати таку саму швидкість у моніторі порту. Вона вказується в "бод'ах". Бод - швидкість передавання даних послідовним інтерфейсом у бітах на секунду. Для взаємодії з комп'ютером слід використовувати одну з попередньо встановлених швидкостей обміну: 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 або 115200. Проте, можна задавати й інші швидкості - наприклад, для взаємодії з будь-яким специфічним компонентом за допомогою виводів 0 і 1.

Для легшої та продуктивнішої роботи з Arduino є можливість використовувати додаткові бібліотеки. Бібліотеки Arduino - це частини програми

для виконання конкретних завдань. За допомогою бібліотек можна виконувати складні дії всього парою рядків коду. В Arduino IDE є менеджер бібліотек для роботи з бібліотеками. Прямо з меню програми можна завантажити, встановити і підключити у свій скетч безліч бібліотек – рисунок 2.10.

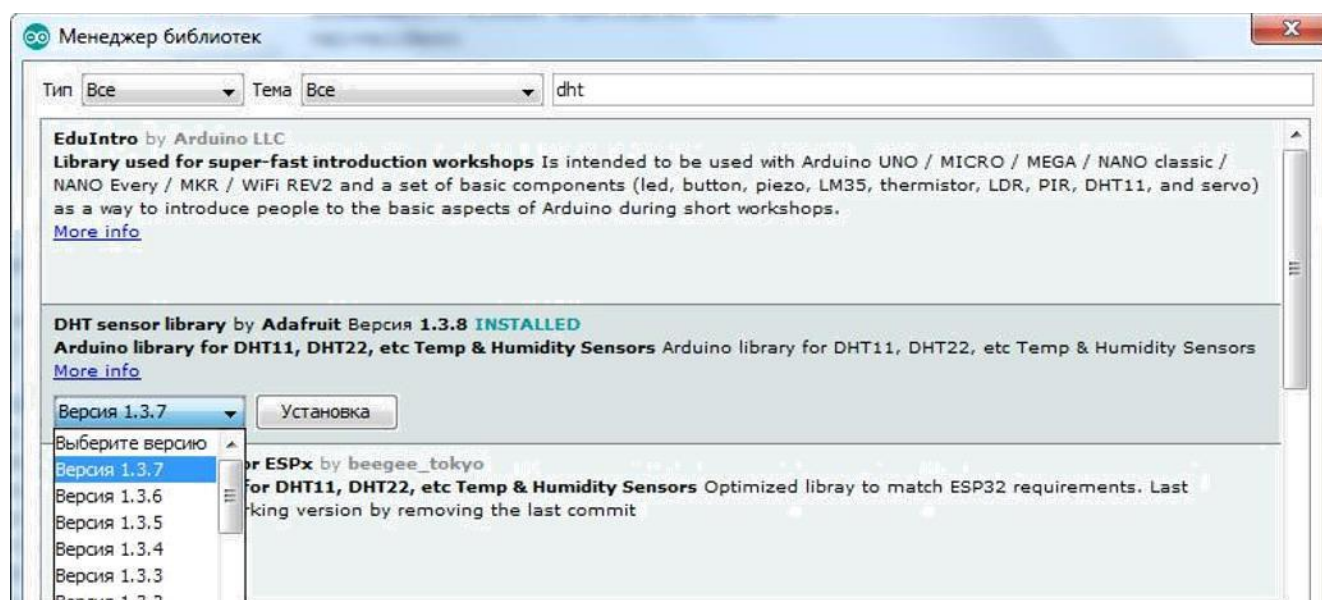


Рисунок 2.10 - Менеджер бібліотек

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

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

Як уже зазначалося вище Arduino Nano має 14 цифрових і 8 аналогових портів введення виведення.

Деякі датчики, що використовуються в проєкті, потребують доповнення штатного списку бібліотек. Бібліотеки роботи датчиків і пристроїв знаходяться в "Libraries".

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:

- на першому етапі підключаються бібліотеки, а також призначаються порти, до яких під'єднані датчики;
- на другому етапі необхідно визначити режими роботи датчиків,
- це робиться в спеціальному циклі `void setup()`;
- третій етап проходить у спеціальному циклі `void loop()`, код, написаний у цій функції, буде виконуватися, доки мікроконтролер під'єднаний до мережі.

Середовище моделювання роботи системи використовується CAD Proteus 8.5. Оскільки в стандартному наборі деталей відсутня плата Arduino Nano, необхідно завантажити розширену бібліотеку, що містить набір плат бібліотек Arduino.

Ініціалізуємо датчик температури та вологості повітря. Для цього необхідно підключити бібліотеку 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, до якого приходить сигнал із датчика, ініціалізація датчика, вказівка датчика, який використовується (DHT-11 або DHT-22). Значення отримання з датчика записуємо у змінні `t`, `h` - температура і вологість відповідно. У нашому випадку для підключення DHT-11 використовується контакт D2. Слід зауважити, що виробник не рекомендує опитувати датчик частіше ніж один раз на дві секунди. Для виконання цієї умови зробимо затримку функцією `delay(2000)`.

Далі підключимо LCD 2004. Оскільки в комплектуючих до розроблюваної системи додається модуль перетворення сигналу ІС/I2С, підключати потрібно так само по I2C шині. I2C двопровідна шина, контакти, відведені під неї, вказані в документації до конкретної платформи. У разі Arduino Nano контакти SCL і SDA - A5 і A4 відповідно. Екран, як і будь-який пристрій, що підключається до I2C шини, має свій ID. Оскільки існує кілька виробників конвертерів для цього дисплея, ID

так само бувають різними. Найпоширеніші ID - 0x38, 0x37. Так само останні версії конвертерів випускаються без резисторів регулювання контрастності, так як дане регулювання здійснюється програмними засобами. Для спрощення роботи з LCD-дисплеєм використовується вбудована бібліотека Liquid Crystal_I2C. У ній також містяться ознайомчі приклади з докладними коментарями.

Код програми підключення дисплея і датчика DHT-11 зображено на рисунку 2.11.

```
void setup()
{
    Serial.begin(9600);
    dht.begin(); //
    //
    lcd.init();
    //
    lcd.backlight();
}

void loop()
{
    //delay(2000); //
    float h = dht.readHumidity(); //
    float t = dht.readTemperature(); //
    if (isnan(h) || isnan(t)) { //
        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 2.11 - Код програми підключення дисплея і датчика DHT-11

Оскільки написаний код потребує перевірки працездатності, змодельуємо нашу систему в програмі Proteus 8.5, завантажимо скомпільований бінарний файл в емульовану плату Arduino Nano. Перевіримо коректність роботи коду, що відповідає за обробку сигналів з датчика температури і вологості повітря, вивівши їх на наш дисплей. Отриманий результат зображено на рисунку 2.12.

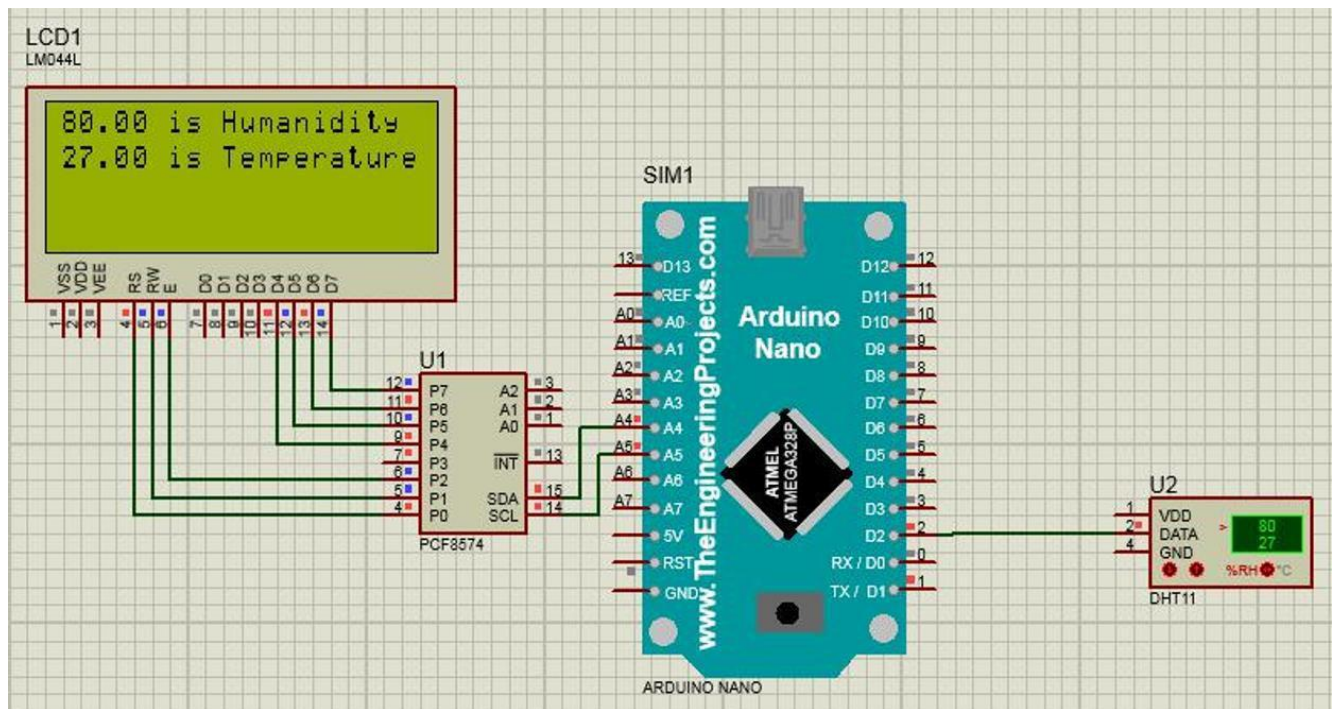


Рисунок 2.12 - Отриманий результат

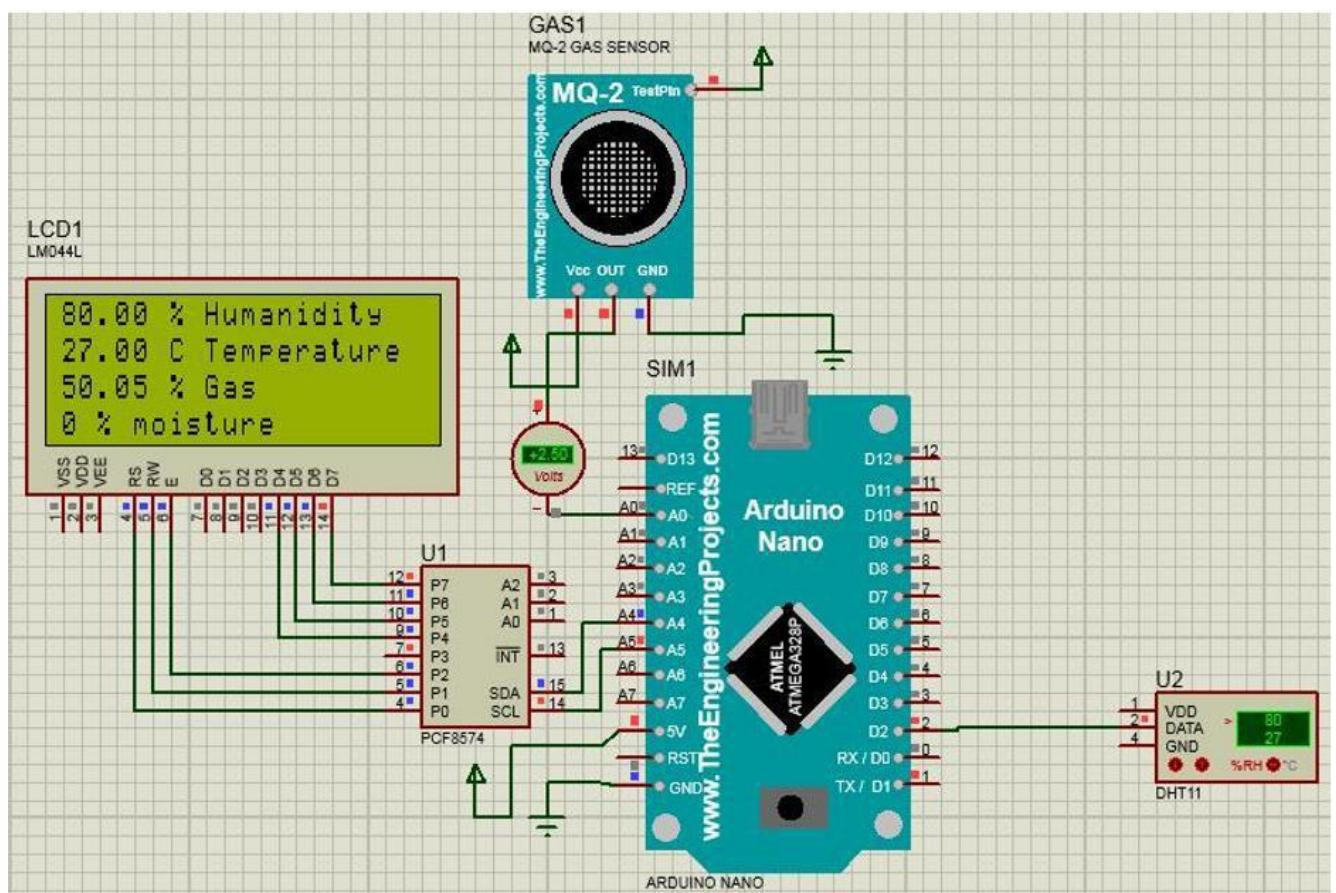
Оскільки описувалося раніше, для підключення LCD 2004 по шині I2C необхідний конвертер. Оскільки ID конвертера записано всередині конвертера, виробника спеціально записують фіксовані адреси. У разі емуляції в програмі Proteus 8.5 ID конвертера (PCF8574) є 0x20. Для складання реально системи необхідно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

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

Підключити датчик можна до плати Arduino або безпосередньо до модуля реле.

У першому випадку використовується аналоговий вихід A0 датчика, який підключають до аналогового входу на платі Arduino. У випадку з реле використовують цифровий вихід датчика.

Спочатку опишемо директиву SmokePin A0, потім зчитуємо аналогові значення з датчика. Значення датчика від 0 до 1023 де максимальне значення відповідає максимальній концентрації вибухонебезпечних речовин у повітрі. Для зручності читання показників переведемо значення в процентне співвідношення. У програмі Proteus у датчика MQ-2 є контакт TEST. Цей контакт призначений для тестування роботи програми обробки аналогового сигналу. Принципово, у ПЗ Proteus, датчик MQ-2 є дільником сигналу TestPin. Рисунок 2.13 демонструє роботу датчика газу.



згідно з формулою точності АЦП, дає змогу відстежувати різницю напруги в 5 мілівольт. Згідно з раніше зазначеним, будь-який датчик можна замінити змінним резистором. Головна умова - вихідна напруга не повинна перевищувати опорну. У зв'язку з відсутністю аналогового датчика вологості ґрунту і датчика рівня рідини в доступних бібліотеках, для повноцінного моделювання системи необхідно вдаватися до використання змінного резистора.

Для обробки вихідних сигналів з резисторів використовується аналогічна конструкція формування АЦП як для будь-якого аналогового датчика. Оскільки екран підтримує лише 4 рядки, відповідно вивести можна тільки 4 параметри, однак відображення рівня рідини в піддоні не потрібно, у зв'язку з чим показання датчика рівня води використовуються тільки для запуску відкачувальної помпи. Рисунок 2.14 демонструє повністю 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.

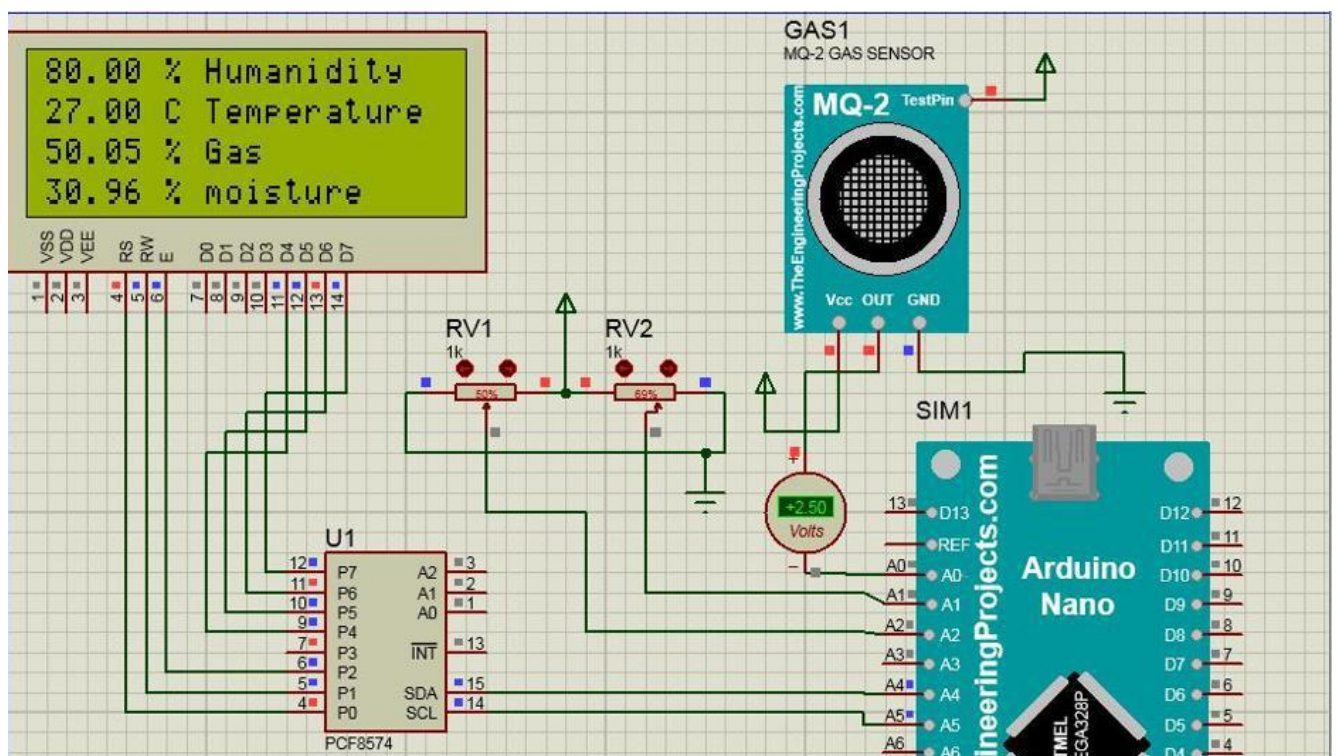


Рисунок 2.14 - Система підключення до всіх використовуваних датчиків

Наступним етапом проєктування системи автоматизованого керування теплицею є створення коду керування виконавчими механізмами. Позначимо директиви контактів виведення зрозумілими словами.

У разі цієї системи необхідно 5 портів на виведення:

- лампа;
- вентилятор;
- помпа системи автоматичного поливу;
- помпа для відкачування зайвої води з піддону;
- клапан системи поливу.

Розглянемо умови управління каналами. Для стабільного росту рослин потрібен строго нормований день. Як таймер будемо використовувати оператор `millis()`; [13, С 288]. Цей оператор повертає кількість минулих мілісекунд від увімкнення мікропроцесора. Алгоритмом таймера є виконання необхідної дії за умови, якщо різниця результату `millis()`; перевищує задане значення. Розрахунок значення періоду можна проводити безпосередньо в момент створення змінної. Тип змінної необхідно використовувати `long`, оскільки значення в мілісекундах дуже велике.

У нашій системі передбачено два механізми, що працюють за тимчасовим таймером, а саме лампа і насос системи поливу. Лампа має горіти 12 годин на добу, а насос необхідно вмикати на 10 секунд один раз на добу. Отже, нам необхідно задати дві директиви, одна відповідає за час роботи лампи, друга за періодичність увімкнення насоса. Оскільки насос вмикається на короткий проміжок часу, з метою оптимізації коду і ресурсів ухвалено рішення використовувати функцію `delay()`; для реалізації 10 секундної роботи насоса в той момент, коли лампа вимикається.

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

У даній системі так само використовується витяжний вентилятор, основним завданням якого є оновлення повітря всередині теплиці для уникнення виникнення надмірно високої температури повітря. Доцільно задати умовою увімкнення вентилятора умову увімкнення лампи, оскільки джерелом підвищеної температури

може бути тільки лампа. На рисунку 2.15 зображено ділянку коду, що відповідає за періодичність увімкнення 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 2.15 - Код, що відповідає за періодичність увімкнення лампи

3 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ СИСТЕМИ

3.1 Інструкції, налаштування, застосування

Для демонстрації роботи представлено серію зображень. Кожне реле підписано відповідно до виконуваної функції. Особливістю моделювання схем з використанням декількох джерел живлення є підключення до загального проводу GND. Для моделювання мережі змінної напруги 220 вольт використано генератор синуса. Як параметри вказано частоту 60 герц, амплітуду 310 вольт. Необхідно зазначити, що в емуляторі використано реле з контактами, що замикаються, однак у реальному використанні таких реле небезпечно. Для комутації ланцюгів змінного струму використовуються твердотільні реле з детектором переходу через нуль. Ці реле працюють абсолютно безшумно, у зв'язку з відсутністю контактних майданчиків унеможлиблюється зменшення прохідного перерізу, унаслідок чого гарантується триваліший і безпечніший термін служби таких реле і системи загалом.

З метою зменшення кількості провідників, що відображаються на схемі емулятора, використовується посилавний метод з'єднання контактів. Посилання являє собою елемент з'єднання контактів усередині ПЗ Proteus, обов'язково має пару на ім'я. Зовнішній вигляд посилавного контакту описується колом діаметром з'єднувальної точки, що має схожість із контактним отвором на реальній платі.

Серію зображень, що демонструють роботу силової частини системи, зображено на рисунку 3.1.

- демонструє систему в стані спокою, освітлення вимкнене;
- демонструє роботу системи освітлення та вентиляції;
- демонструє роботу системи протягом заданого часу `delay()`; після вимкнення освітлення. Увімкнено помпу і клапан. Клапан схематично зображений у вигляді світлодіода, для демонстрації положення соленоїда всередині клапана. Діод світиться - клапан відкритий.

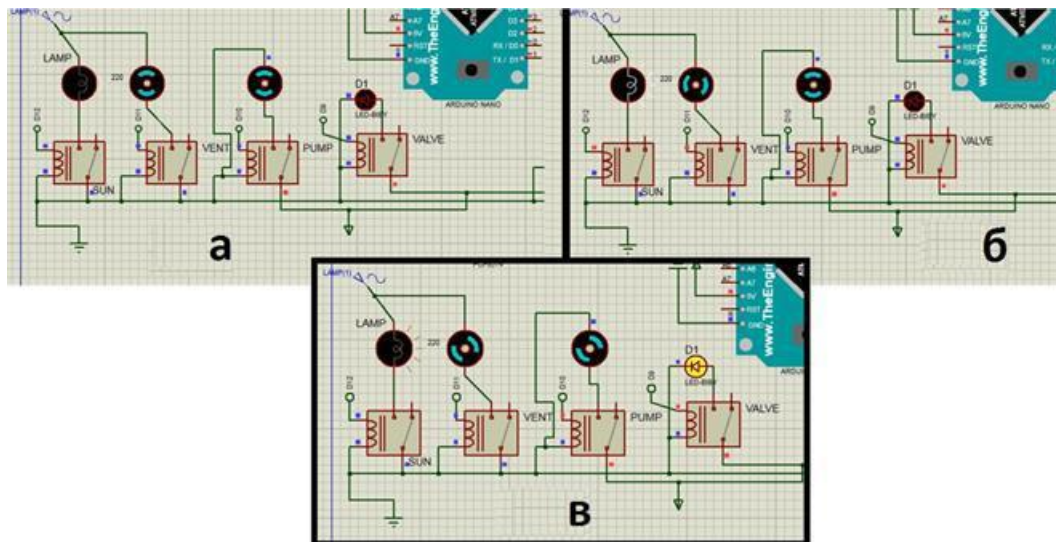


Рисунок 3.1 - Демонстрація роботи силової частини системи

Наступний етап розробки включає в себе додавання функції примусового ввімкнення вентилятора, у разі перевищення заданого значення вологості та температури повітря. У момент виявлення підвищеного вмісту газу в повітрі необхідно вимкнути всі споживачі, під'єднані до сигнальних виводів із плати Arduino, крім вентилятора, і, якщо потрібно, увімкнути його. Якщо вологість повітря перебуває на мінімальному рівні, а температура висока, потрібно вимкнути всі споживачі та вивести на дисплей сповіщення про підозру на пожежу. Так само, ґрунтуючись на зниженні показника датчика рівня води нижче порогового, увімкнути відкачувальний насос.

Використовуючи умовний оператор `if` було внесено всі додаткові умови в код програми. Для очищення екрана використовувалася функція `object.clear()`; з бібліотеки `LiquidCrystal_I2C`. Для коректного відображення інформаційних повідомлень, необхідно використовувати дану функцію перед циклом з передумовою `while`, в якому відбувається порівняння показників датчиків із пороговими значеннями. Ділянка коду, що відповідає за виконання цих умов, наведена на рисунку 3.2

```

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 3.2 - Ділянка коду, що відповідає за виконання умов

Цей алгоритм передбачає повернення в початковий стан системи. Стан зберігається у змінній lamp типу Boolean, де true освітлення увімкнене, false вимкнене. Змінна dang може використовуватися для фіксації не штатної ситуації.

3.2 Алгоритм роботи системи

Увімкнення відкачувальної помпи ґрунтується на датчику рівня рідини, досвідченим шляхом встановлено граничне значення, при досягненні якого необхідно увімкнути помпу. Також на дисплей виводиться повідомлення про те,

що працює помпа. Тривалість роботи залежить від об'єму піддону і швидкості зміни рівня води. Пороговим значенням для ввімкнення помпи встановлено 700, для вимкнення 500.

Тестування системи здійснюватиметься шляхом активації пристроїв, створенням умов для активації тих чи інших приладів. При зниженні температури датчик DHT11 повинен передати відповідні дані мікроконтролеру, який зі свого боку має їх обробити, ґрунтуючись на опрацьованих показаннях задіяти алгоритми ввімкнення або вимкнення виконавчих механізмів.

Датчик рівня води повинен виявити наповнення піддону горщика зайвою водою, подати керуючий сигнал на реле, яке зі свого боку замкне ланцюг живлення відкачувальним насосом. Ця ситуація винятково рідкісна, оскільки обсяг рідини в системі автоматичного поливу не може збільшитися без втручання людини.

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

Для того щоб знати значення, які видають датчики, в системі передбачено дисплей, що відображає всі параметри в режимі реального часу, з частотою оновлення 1 раз на 2 секунди. Так само дисплей служить для інформування про неполадки в системі, таких як підвищена температура, наявність газу в повітрі. У цій системі передбачено всі можливі свідчення 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.

Під час тестування системи було виявлено деякі недоліки, пов'язані зі складністю проектування системи, що здійснює автоматизований догляд за живою істотою. Так само однією з проблем тестування виявилася проблема моделювання,

оскільки датчики не часто використовуються, і їхні моделі відсутні в безлічі САПР, а деякі відсутні у всіх. Однією з основних проблем була реалізація таймера на увімкнення\вимкнення освітлення, проте було складено 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. Дослідним шляхом встановлено, що датчик можна опитувати раз на 2 години, що подовжує термін його служби в кілька десятків разів.

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

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

Однією з позитивних якостей у даній системі є простота складання, що полягає у відсутності необхідності точного встановлення і калібрування невеликої кількості датчиків. Алгоритми програми використовують прості алгоритми, що унеможливають помилки і не завантажують процесор, використання гальванічної розв'язки реле унеможливує перешкоди в роботі системи. Тестування було пройдено успішно і збіглося з очікуваними результатами. Система може бути введена в експлуатацію. Повністю зібрана система зображена на рисунку 3.3

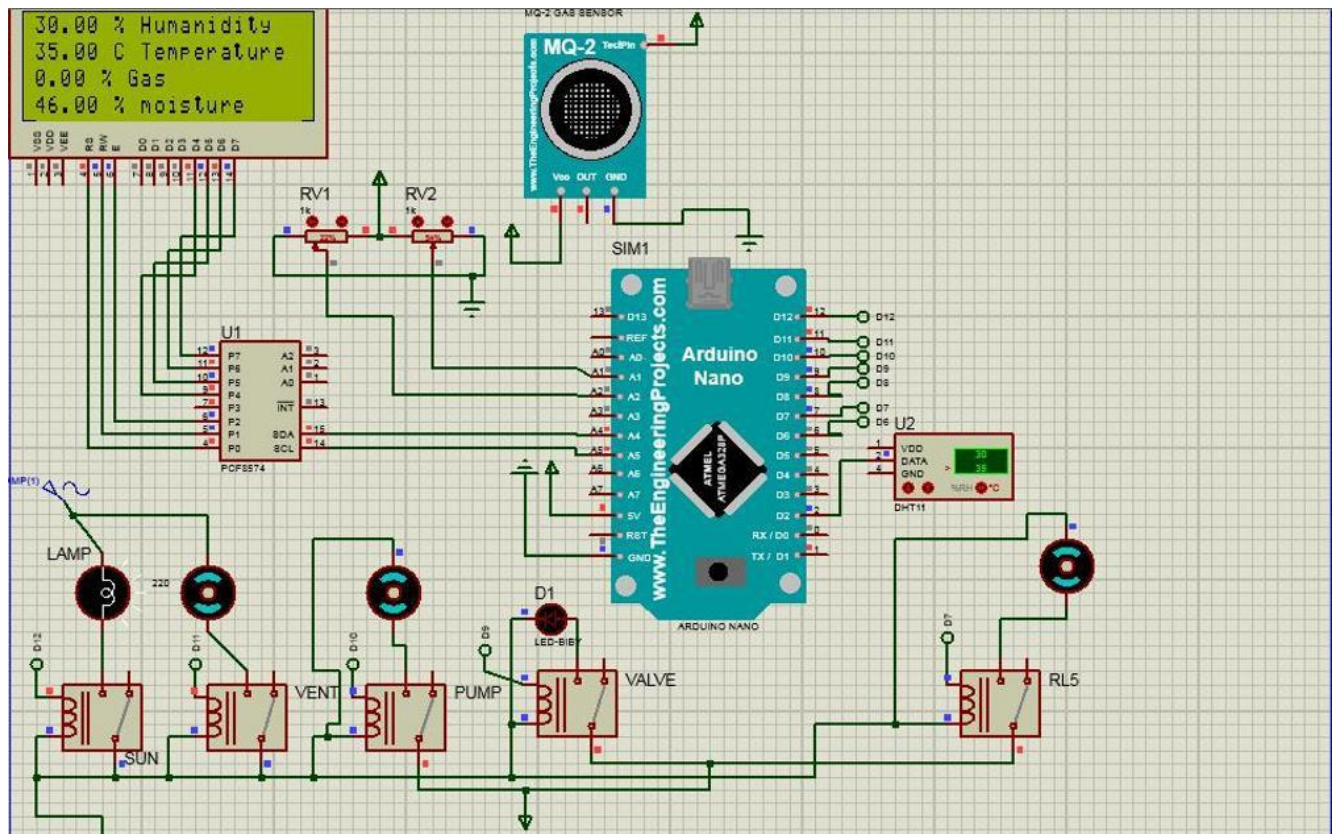


Рисунок 3.3 - Зібрана система

Система автоматизованого управління теплицею дає змогу залишати надто вибагливі до умов рослини без нагляду на невизначений термін. Система аналізує зміни в мікрокліматі всередині теплиці та реагує на них, активуючи ті чи інші компоненти системи, що дає змогу утримувати умови вирощування тривалий період часу.

Розроблена система незаперечно має невеликий список недоліків. Найбільшим і найсерйознішим із цього списку можна виділити енергозалежність. Відключення від живлення цієї системи обнулить лічильник поточного часу, і цикл дня і ночі почнеться заново. Можна під'єднати цю систему до джерела безперебійного живлення, однак енергоспоживання лампи досить високе і не передбачає використання

ВИСНОВКИ

У відповідність із поставленими завданнями було отримано такі результати:

- досліджено методи вирощування рослин;
- визначено доступні та прості методи, що реалізуються без великих витрат;
- відібрано найбільш підходящі компоненти для розроблення системи;
- розглянуто найбільш популярну платформу розробки - Arduino Nano;
- обґрунтовано вибір мікроконтролера Arduino Nano;
- вивчено способи підключення датчиків і модулів;
- детально розібрано Arduino Nano, а також описано її входи та виходи;
- розроблено програму, що обробляє цифрові сигнали, аналогові, а також сигнали, отримані по шині I2C;
- розглянуто деякі тонкощі підключення та емуляції датчиків і дисплея;
- спроектовано схеми в програмі Fritzing;
- спроектовано і запущено систему в САПР Proteus 8.5.

Система автоматизованого управління теплицею дає змогу залишати надто вибагливі до умов рослини без нагляду на невизначений термін. Система аналізує зміни в мікрокліматі всередині теплиці та реагує на них, активуючи ті чи інші компоненти системи, що дає змогу утримувати умови вирощування тривалий період часу.

Розроблена система незаперечно має невеликий список недоліків. Найбільшим і найсерйознішим із цього списку можна виділити енергозалежність. Відключення від живлення цієї системи обнулить лічильник поточного часу, і цикл дня і ночі почнеться заново. Можна під'єднати цю систему до джерела безперебійного живлення, однак енергоспоживання лампи досить високе і не передбачає використання

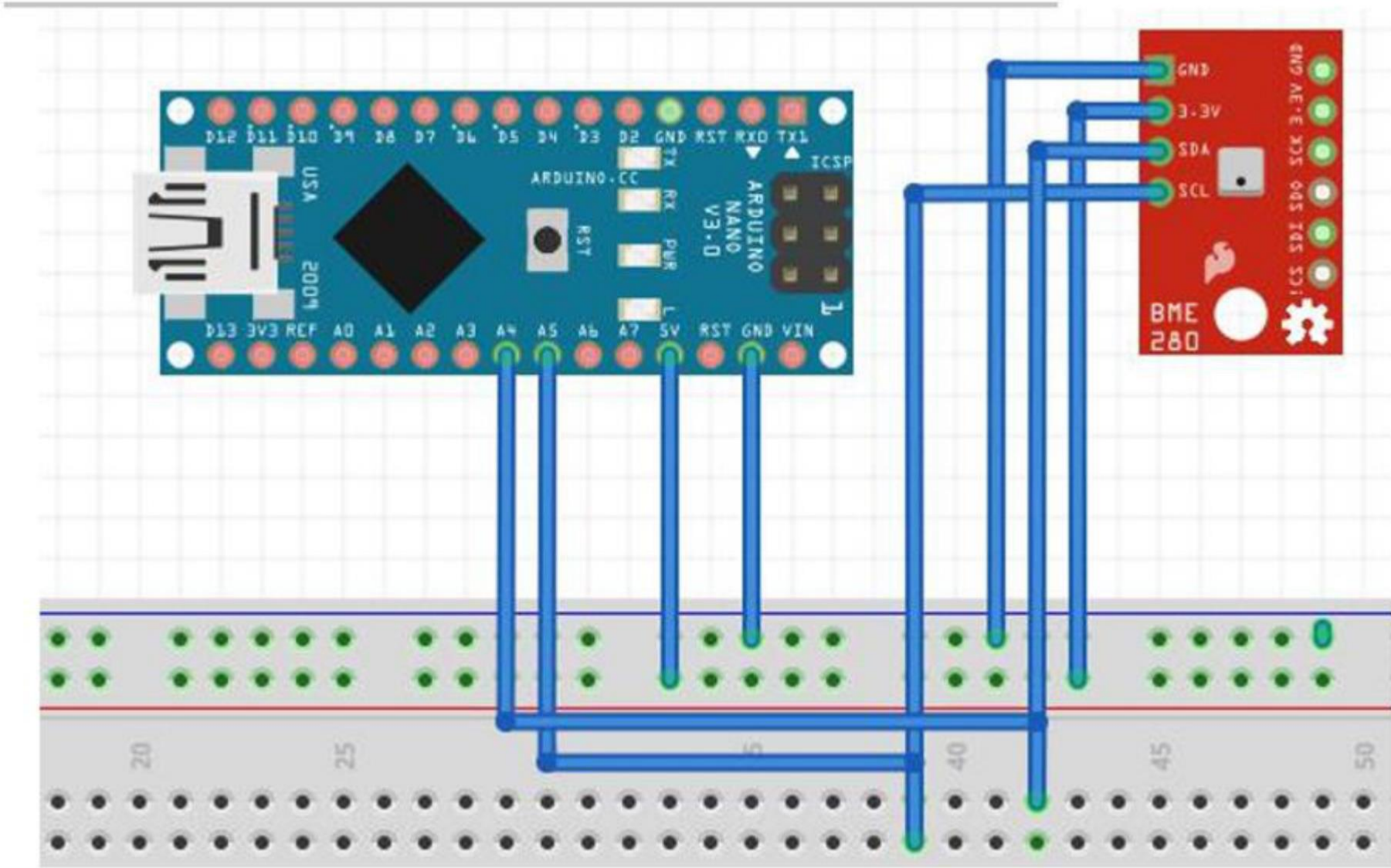
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

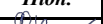
1. Arduino Software IDE // arduino.cc
URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/PortableIDE> (дата звернення: 15.04.2023)
2. Гуманітарний портал // gtmarket URL: <https://gtmarket.com/ratings/urbanization-index/info> (дата звернення 10.05.2023)
3. Arduino // arduino.cc URL : <https://www.arduino.cc> (дата звернення: 15.04.2023)
4. Вікіпедія - Рослинництво // Wikipedia.сщъ URL : <https://wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B2%D0%BE> (дата звернення 11.04.2023)
5. Microsoft Developer: Windows 10 IoT // Microsoft URL: <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/iot> (дата звернення: 16.04.2023)
6. Датчик температури та вологості // Arduino-diy URL: <http://arduino-diy.com/arduinoatchiki-temperature-i-vlazhnosti-DHT11-i-DHT22>. (Дата звернення - 16.04.2023)
7. ФреймворкArduino//platformioURL: <https://platformio.org/frameworks/arduino>. (Дата звернення - 16.04.2023)
8. Встановлення та налаштування Arduino IDE // All-arduino URL: <https://all-arduino.com/arduino-ide/> (Дата звернення - 16.04.2023)
9. Полякова Галина Вікторівна, Чудо-врожай. Велика енциклопедія саду та городу, <http://www.maxima-library.org/redkollegiya/editors/b/280761> (01.04.23)
10. Вирощування овочів у закритому ґрунті, <https://nashausadba.com.ua/ogorod/ovochi/423-zakrytyi-grunt.html> (02.04.23)
11. Arduino [Електронний ресурс] - Вільна енциклопедія - 2018р - Режим доступу: <https://wikipedia.org/wiki/Arduino>, (15.04.23)
12. Arduino Uno, <http://arduino.com/Hardware/ArduinoBoardUno> (10.04.23)
13. Arduino Ethernet Shield на базі W5100, <https://arduino-master.ru/datchiki-arduino/w5100-modul-arduino-ethernet/> (15.02.20)

14. Датчик вологості ґрунту, <https://3d-diy.com/wiki/arduino-datchiki/datchik-vlazhnosti-pochvy-arduino/> (15.04.23)
15. Датчик вологості ґрунту (гігрометр), <https://arduino.ua/prod521-datchik-vlazhnosti-pochvi-gigrometr> (15.04.23)
16. 1-канальний модуль реле (5 В) з кріпильними отворами, <https://ampermarket.kz/relay/1-kanalnyj-modul-rele-jqc-3ff-szs-krepezhnymi-otverstiyami/> (15.04.23)
17. Модуль Wi-Fi ESP8266 (ESP-01): підключення, розпинування, прошивка IDE, <http://wiki.esp8266-wifi-module.com> (20.04.23)
18. Мікроклімат виробничих приміщень. Нормовані параметри мікроклімату, http://ohrana-bgd.com/proizv_67.html (11.04.20)
19. Стаття головного футуролога компанії Cisco Дейва Еванса URL:<http://www.cisco.com/web/UA/about/news/2011/06262011.html>(датазвернення 28.04.2023).
20. Цикл популярних технологій 2011. URL:<https://www.postscapes.com/internet-of-things-added-to-the-2011-hype-cycle/> (дата звернення 28.04.2023).
21. Прогноз зростання IoT аналітичної групи Juniper Research 2016. URL:<https://www.juniperresearch.com/researchstore/key-vertical-markets/internet-of-things/consumer-industrial-public-services>. (дата звернення 01.05.2023).
22. Effects of Available Sugar on the Reproductive Fitness and Vectorial Capacity of the Malaria Vector *Anopheles gambiae* (Diptera: Culicidae) 2001Richard E. <https://academic.oup.com/jme/article/38/1/22/1004998/Effects-of-Available-Sugar-on-the-Reproductive> (датазвернення02.05.2023).
23. Consumers Want Healthy Foods - And Will Pay More For Them. Forbes. Nancy Gagliardi 2015. URL:<https://www.forbes.com/sites/nancygagliardi/2015/02/18/consumers-want-healthy-foods-and-will-pay-more-for-them/#68eaf0e875c5> (датазвернення03.05.2023)

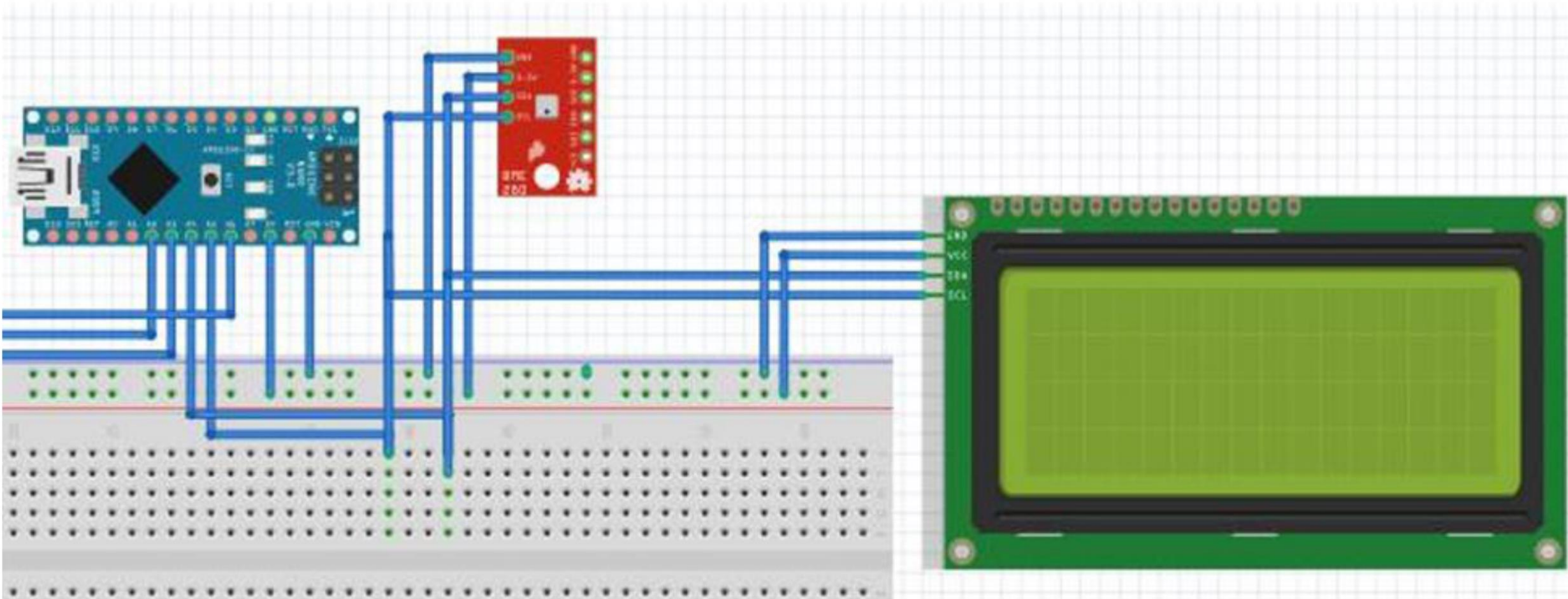
24. What Everyone Must Know About Industry 4.0. Bernard Marr. Forbes 2016 URL:<https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2016/06/20/what-everyone-must-know-about-industry-4-0/#b4c9ac7795f7>(дата звернення 03.05.2023).
25. Інфрачервоний датчик Sharp GP2Y0A21YK0F2019 URL:http://electromicro.com/market/datchiki_i_sensory/infrakrasnyj_datchik_gp2y0a21yk0f/(дата звернення 20.04.2023)
26. Round-robin (алгоритм) 2011 URL:<https://wikipedia.org/wiki/Round-robin> (дата звернення 21.05.2023)
27. Lora AT COMMANDGUIDE.REYAX TECHNOLOGY CO., LTD, 2018 року. Raspberry Pi Documentation. – Режим доступу:www.raspberrypi.org (дата звернення 21.04.2023)
28. Відкритий стандарт бездротової мережі передачі Weightless. доступу:www.weightless.org(дата звернення 21.04.2023)

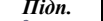
Діаграма варіантів використання



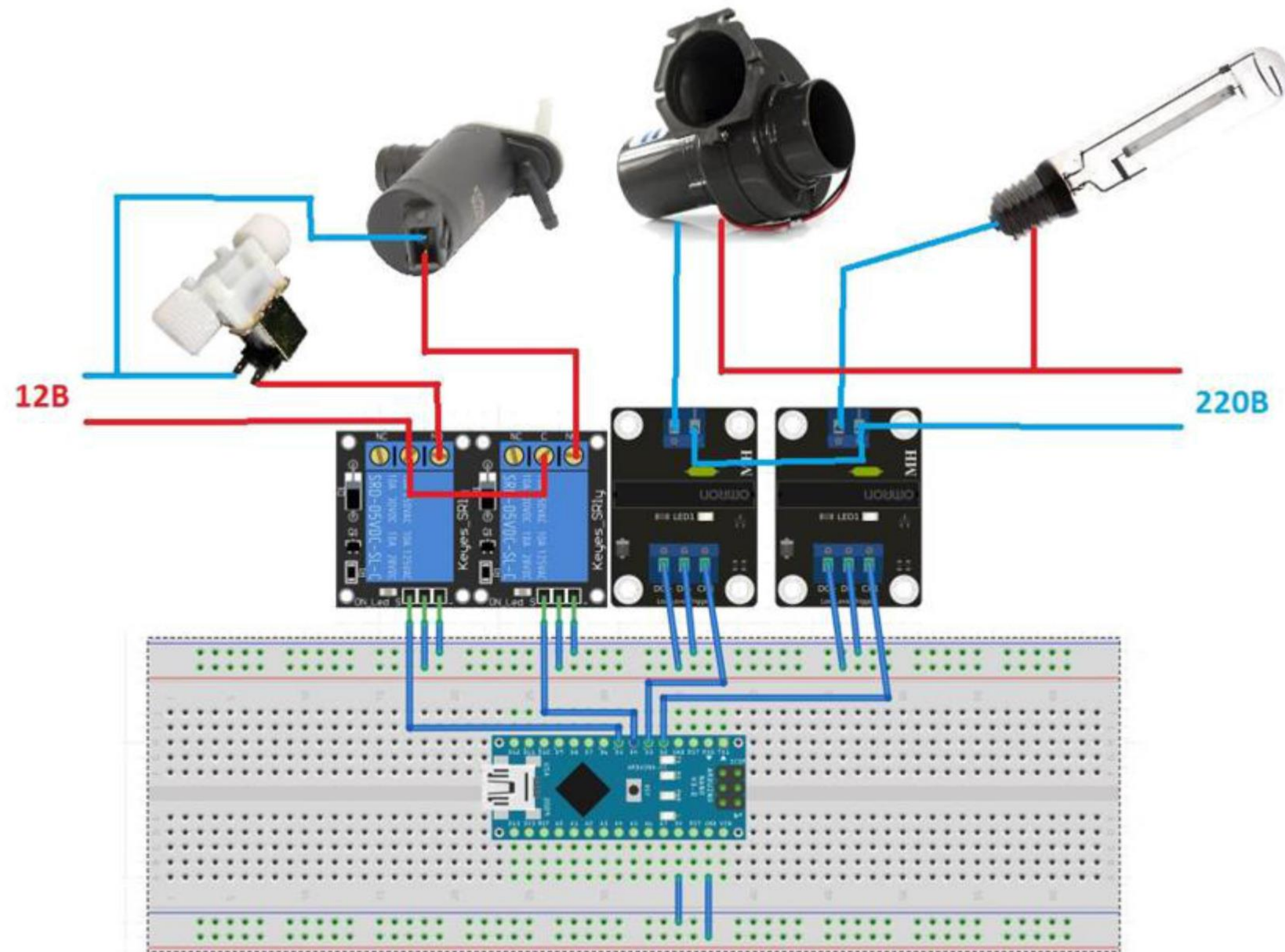
					13.02070849.51903 ПЛ1						
					Діаграма варіантів використання Розробка розумної теплиці з використанням мікроконтролера Arduino	Лист.		Маса		Масшт.	
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата							
Розроб.		Федоров В.А.									
Перев.		Ільшенко М.Б.									
Т.контр.											
						Лист 1		Листів 1			
Н.контр.		Щербак Н.В.			НУ «Запорізька політехніка»						
Затв.		Кудерметов Р.К.			КНТЗ-519						

Датчики, підключені до плати



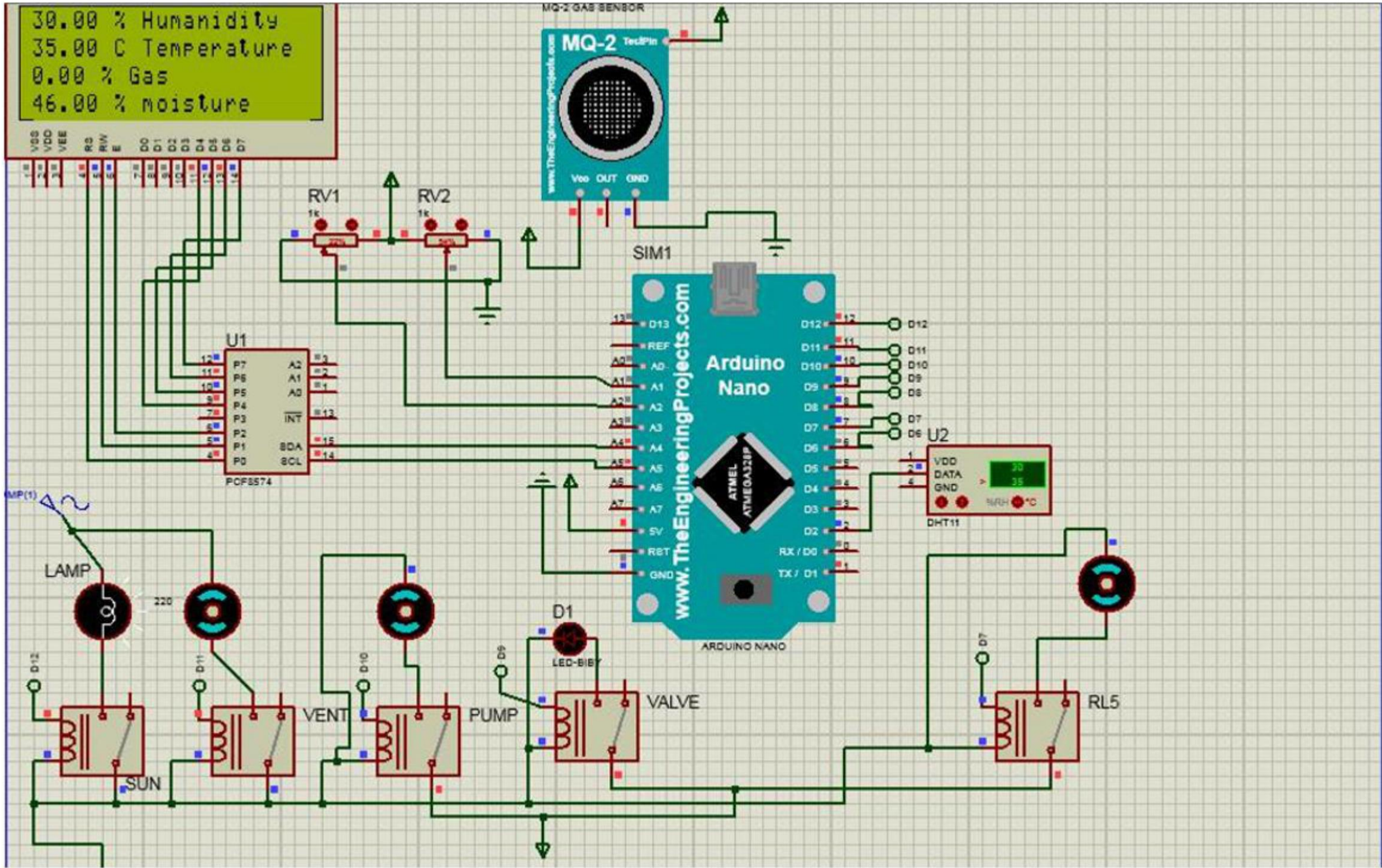
					13.02070849.51903 ПЛ2							
					Датчики, підключені до плати Розробка розумної теплиці з використанням мікроконтролера Arduino	Лист.			Маса		Масшт.	
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата								
Розроб.		Федоров В.А.										
Перев.		Ільяшенко М.Б.										
Т.контр.												
						Лист 1		Листів 1				
Н.контр.		Щербак Н.В.				НУ «Запорізька політехніка» КНТЗ-519						
Затв.		Кудерметов Р.К.										

Схематичне підключення реле до плати



					13.02070849.51903 ПЛЗ							
					Схематичне підключення реле до плати Розробка розумної теплиці з використанням мікроконтролера Arduino				Лист.		Маса	Масшт.
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата								
Розроб.		Федоров В.А.										
Перев.		Ілляшенко М.Б.										
Т.контр.					НУ «Запорізька політехніка» КНТЗ-519				Лист 1		Листів 1	
Н.контр.		Щербак Н.В.										
Затв.		Кудерметов Р.К.										

Зібрана система



					13.02070849.51903 ПЛ4								
					Зібрана система								
										Лит.		Маса	
Зам.	Лист.	№ докум.	Підп.	Дата	Розробка розумної теплиці з використанням мікроконтролера Arduino								
Розроб.		Федоров В.А.											
Перев.		Ільяхенко М.Б.											
Т.контр.													
										Лист 1		Листів 1	
Н.контр.		Щербак Н.В.								НУ «Запорізька політехніка»			
Затв.		Кудерметов Р.К.								КНТЗ-519			