

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації
(повна назва)

Кафедра Радіотехнологій інформаційно–комунікаційних систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

РОЗРОБКА ЦИФРОВОГО ЗВОЛЮЖУВАЧА ПОВІТРЯ З РЕЖИМОМ
ІНГАЛЯЦІЇ
(тема)

Виконав:

студент 4 курсу, групи ІТІР–20–1

Паненко Р.В.

(прізвище, ініціали)

Спеціальність **126 Інформаційні системи**
та технології

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо–професійна

Освітня програма **Інформаційні**

технології інтернету речей

(повна назва освітньої програми)

Керівник **ст. викл. Штих І.А.**

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

В.о.зав. кафедри

(підпис)

Зарудний О.А.

(прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації

Кафедра Радіотехнологій інформаційно–комунікаційних систем

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології
(код і повна назва)

Тип програми освітньо–професійна

Освітня програма інформаційні системи інтернету речей
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«_____» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові ПАНЕНКУ РОМАНУ ВАЛЕРІЙОВИЧУ
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка цифрового зволожувача повітря з режимом інгаляції

затверджена наказом університету від 27 травня 2024р. № 500 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 18 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи _____

3.1 Провести аналіз існуючих плат за допомогою яких можна буде зробити робочий прототип зволожувача повітря

3.2 Розібрати основні види плат, та їх характеристики, розробити можливість вирішення проблеми.

3.3 Написати код та розробити схему приладу

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____
Вступ.

1. Вологість у різних сферах життєдіяльності.

2. Варіанти реалізації ключових компонентів пристрою

3. Вибір технологій, компонентів та розробка схеми і коду керування для пристрою

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Слайди у форматі Power Point (назва та мета роботи, вступ, вологість у різних сферах

життєдіяльності, конфігурація)плати, порівняльна характеристика різних пристроїв для

схеми, принцип роботи, створення схеми зволожувача, демонстрація роботи

зволожувача у різних станах, висновки

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
	<u>ст. викл. Штих І.А.</u>		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ.	06.05.2024	виконано
2	Підбір літератури за темою роботи	06.05.–20.05.2024	виконано
3	Вибір технологій, компонентів та розробка схеми і коду керування для пристрою	20.05.–25.05.2024	виконано
4	Пошук варіантів реалізації ключових компонентів пристрою	25.05.–30.05.2024	виконано
5	Вибір технологій, компонентів та розробка схеми і коду керування для пристрою	30.05.–04.06.2024	виконано
6	Оформлення презентаційного матеріалу	04.06.–10.06.2024	виконано

Дата видачі завдання 6 травня 2024 р.

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

Паненко Р.В .

ст. викл. Штих І.А.
(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з пояснювальної записки, що містить 74 сторінок тексту, 24 рисунків, 4 таблиці, 9 джерел посилання і 3 додатка.

ЗВОЛОЖУВАЧ ПОВІТРЯ, ЦИФРОВИЙ КОНТРОЛЬ, ІНГАЛЯЦІЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ДАТЧИКИ ВОЛОГОСТІ, ARDUINO.

Об'єкт дослідження – цифровий зволожувач повітря з режимом інгаляції.

Предмет дослідження – розробка та впровадження цифрових технологій для зволоження повітря та інгаляції.

Мета роботи – розробка цифрового зволожувача повітря з можливістю інгаляції, що забезпечить ефективний контроль вологості повітря та створення оптимальних умов для інгаляцій.

Методи дослідження – теоретичний аналіз літератури та публічних статей, експериментальний аналіз результатів розробки пристрою.

У роботі детально описано процес розробки цифрового зволожувача повітря з режимом інгаляції та наведено результати виконаних досліджень, включаючи принципову схему пристрою та програмний код. Процес розробки представлено у кілька етапів. Висвітлено роль вологості та актуальність створення пристрою для її підвищення, а також ефективність парових інгаляцій для лікування захворювань дихальних шляхів. На основі цих даних було визначено загальний перелік компонентів, необхідних для реалізації приладу.

Для основних компонентів пристрою розглянуто різні варіанти реалізації, описано загальні принципи їх роботи, переваги та недоліки.

З урахуванням цих даних було обрано такі реалізації, які найбільш ефективно відповідають поставленим вимогам.

THE ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of an explanatory note containing 74 pages of text, 24 figures, 4 tables, 9 references and 3 appendices.

HUMIDIFIER, DIGITAL CONTROL, INHALATION,
MICROCONTROLLER, HUMIDITY SENSORS, ARDUINO.

The object of research is a digital humidifier with inhalation mode.

The subject of research is the development and implementation of digital technologies for air humidification and inhalation.

Purpose - to develop a digital humidifier with the possibility of inhalation, which will provide effective control of air humidity and create optimal conditions for inhalation.

Research methods: theoretical analysis of literature and public articles, experimental analysis of the results of the device development.

The paper describes in detail the process of developing a digital humidifier with an inhalation mode and presents the results of the research, including the device's schematic diagram and program code. The development process is presented in several stages. The role of humidity and the relevance of creating a device to increase it, as well as the effectiveness of steam inhalation for the treatment of respiratory diseases are highlighted. Based on these data, a general list of components required for the realization of the device was determined.

For the main components of the device, various implementation options are considered, the general principles of their operation, advantages and disadvantages are described. Taking into account these data, the following implementations were selected that most effectively meet the requirements.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ВОЛОГІСТЬ У РІЗНИХ СФЕРАХ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	10
1.1 Роль вологості в природі та повсякденному житті.....	10
1.2 Контроль вологості в електроніці.....	11
1.3 Важливість інгаляційної терапії для лікування респіраторних захворювань.....	13
2 ВАРІАНТИ РЕАЛІЗАЦІЇ КЛЮЧОВИХ КОМПОНЕНТІВ ПРИСТРОЮ.....	15
2.1 Контролер Arduino.....	15
2.2 Моделі Arduino.....	17
2.2.1 Arduino LilyPad.....	17
2.2.2 Arduino Mini.....	18
2.2.3 Arduino Mega.....	20
2.2.4 Arduino Nano.....	22
2.3 Датчики та зволожувачі повітря.....	24
2.3.1 Датчики температури.....	24
2.3.2 Термoeлектричні термометри.....	25
2.3.3 Терморезистивні датчики.....	26
2.3.4 Кварцові датчики.....	27
2.3.5 Датчики вологості.....	29
2.3.6 Випарники гарячої пари.....	31
2.3.7 Випарники холодної пари.....	32
3 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ, КОМПОНЕНТІВ ТА РОЗРОБКА СХЕМИ І КОДУ КЕРУВАННЯДЛЯПРИСТРОЮ.....	34
3.1 Вибір плати Arduino.....	34
3.2 Використання широтно-імпульсної модуляції.....	35

	10
3.3 Вибір екрану для виводу даних.....	38
3.4 Вибір датчика температури та датчика вологості.....	41
3.5 Вибір пристрою для випарювання.....	43
3.6 Вибір среди програмування.....	44
3.7 Розробка схеми приладу, та налаштування системи.....	46
3.7.1 Підключення температурного і вологісного датчика.....	46
3.7.2 Взаємодія з дисплеєм.....	48
3.7.3 Програмне підключення дисплею та відображення інформації...	50
3.7.4 Налаштування підсвічування.....	52
3.7.5 Підключення та керування випаровувачем.....	54
3.7.6 Проектування схеми живлення пристрою.....	56
3.7.7 Розробка схеми підключення Arduino.....	57
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	61
ДОДАТОК А – ПУБЛІКАЦІЯ ЗА ТЕМОЮ РОБОТИ.....	63
ДОДАТОК Б – СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ.....	67
ДОДАТОК В – ВІДОМІСТЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	73

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

GND – (скорочення від ground - "земля") – використовується спеціально для позначення заземлення;

LCD – (liquid crystal display) – електронний пристрій візуального відображення інформації (дисплей);

MOSFET – (англ. metal-oxide-semiconductor field-effect transistor) – польовий транзистор (MuGFET) або мультизатворний MOSFET відноситься до МДН транзисторів (польовий транзистор метал-оксид-напівпровідник);

PCB – (printed circuit board) – пластина, виконана з діелектрика (склотекстоліт, текстоліт, гетинакс, ситал тощо);

SDA – (Serial Data) – шина послідовних даних;

SRAM – (static random access memory) – Статична оперативна пам'ять з довільним доступом;

VCC – (C=цепь означає цепь, тобто напруга, підключене до цепи) – це аббревіатура, яка використовується для позначення напруги живлення в електронній схемі;

VIN –пін живлення електронного компонента;

е.р.с. – електрорушійна сила;

МГц – одиниця вимірювання в системі SI частоти періодичних процесів;

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція.

ВСТУП

Кількість водяної пари в повітрі суттєво впливає не лише на особистий комфорт, але й на різні промислові процеси. Наприклад, у напівпровідниковій промисловості підтримка точного рівня вологості має вирішальне значення для належної обробки пластин. Так само контроль вологості необхідний в інкубаторах, дихальному обладнанні, стерилізаторах і виробництві біологічних продуктів. Крім того, наявність водяної пари впливає на численні хімічні, біологічні та фізичні процеси. Точне вимірювання вологості є життєво важливим у багатьох галузях промисловості, оскільки воно впливає як на здоров'я і безпеку персоналу, так і на економічну ефективність продукції.

У метеорології рівень вологості є важливим компонентом прогнозів погоди, оскільки вказує на ймовірність випадання роси, туману або опадів. Підвищена відносна вологість знижує здатність організму охолоджувати себе, оскільки швидкість випаровування зі шкіри зменшується. Отже, влітку висока вологість може призвести до того, що однакова температура повітря може здаватися спекотнішою порівняно з місцевістю з нижчим рівнем вологості.

Крім того, в текстильній промисловості контроль вологості необхідний для запобігання виникненню статичної електрики та підтримки якості тканини. У харчовій промисловості належний рівень вологості необхідний для збереження свіжості продуктів і запобігання їх псуванню. У музеях та архівних сховищах контроль вологості є життєво важливим для збереження артефактів і документів від пошкоджень. Тому розуміння та управління рівнем вологості є фундаментальним для широкого спектру застосувань, щоб забезпечити оптимальну продуктивність, безпеку та збереження.

1 ВОЛОГІСТЬ У РІЗНИХ СФЕРАХ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

1.1 Роль вологості в природі та повсякденному житті

Кількість водяної пари, необхідної для насичення повітря, зростає з підвищенням температури. І навпаки, при охолодженні повітря може досягти насичення без зміни маси води. Вміст водяної пари в повітрі значно варіюється.

Існує два основних методи вимірювання вологості: абсолютний і відносний. Абсолютна вологість вимірює вміст води в повітрі, виражений у грамах на кубічний метр або грамах на кілограм. Відносна вологість, виражена у відсотках, відображає поточну абсолютну вологість по відношенню до максимально можливої вологості при тій же температурі [1].

Абсолютна вологість - це загальна маса водяної пари, що міститься в одиниці об'єму повітря, незалежно від температури. В атмосфері вона може коливатися від нуля до приблизно 30 грамів на кубічний метр, коли повітря насичене при 30 °C (86 °F). Абсолютна вологість змінюється зі зміною температури або тиску повітря при фіксованому об'ємі, що робить її непридатною для певних хіміко-технологічних розрахунків, таких як процеси сушіння, де температура значно коливається. Тому абсолютну вологість визначають діленням маси водяної пари в певному об'ємі повітря за певної температури на цей об'єм, що дає змогу виміряти її в грамах на кубічний метр або грамах на кілограм, придатних для практичних розрахунків [1].

Відносна вологість визначається як відношення поточної маси водяної пари у водно-повітряній суміші до максимальної маси водяної пари, яка може утримуватися при даній температурі в одиниці об'єму. Цей параметр має вирішальне значення для прогнозування погоди, оскільки він вказує на ймовірність випадання опадів, роси або туману. У спекотну літню погоду

висока відносна вологість підвищує відчуття температури повітря, оскільки вона перешкоджає випаровуванню поту зі шкіри, тим самим знижуючи ефективність охолодження організму [2].

Вологість суттєво впливає на життя організмів. Для тварин, які регулюють температуру тіла за допомогою потовиділення, висока вологість знижує ефективність теплообміну, сповільнюючи випаровування вологи зі шкіри. Люди особливо чутливі до вологого повітря, оскільки випарне охолодження є основним механізмом регуляції температури. У вологих умовах швидкість випаровування зі шкіри зменшується, через що повітря здається теплішим, ніж є насправді [2].

Кондиціонер зменшує дискомфорт, знижуючи як температуру, так і вологість. І навпаки, нагрівання холодного зовнішнього повітря може знизити рівень відносної вологості в приміщенні нижче 30%, що призводить до таких неприємних відчуттів, як сухість шкіри, потріскані губи, сухість очей і надмірна спрага.

Розуміння та управління рівнями вологості має важливе значення в різних середовищах для забезпечення комфорту, безпеки та ефективності як у повсякденному житті, так і в промислових умовах.

1.2 Контроль вологості в електроніці

Електронні пристрої часто призначені для роботи в певних діапазонах вологості, як правило, від 5% до 95%. Коли рівень вологості наближається до верхньої межі цього діапазону, підвищена вологість може підвищити провідність ізоляційних матеріалів, що потенційно може спричинити несправність пристрою. І навпаки, низький рівень вологості може зробити матеріали крихкими і сприяти накопиченню статичної електрики. Таке накопичення статичної електрики може призвести до електростатичних розрядів, які можуть стати причиною несподіваного вимкнення комп'ютерів.

Крім того, ці розряди можуть викликати пробій діелектрика в твердотільних компонентах, що призводить до незворотних пошкоджень [2].

Підтримка оптимального рівня вологості в центрах обробки даних має вирішальне значення з кількох причин. По-перше, контроль вологості мінімізує ризик виникнення електростатичних розрядів, які можуть порушити цілісність даних і пошкодити чутливе електронне обладнання. По-друге, належний рівень вологості допомагає забезпечити надійність і довговічність обладнання, запобігаючи несправностям, пов'язаним з вологістю, і деградації матеріалів.

Крім того, постійний контроль вологості підвищує ефективність охолодження. Належний рівень вологості зменшує навантаження на системи охолодження, тим самим знижуючи споживання енергії та експлуатаційні витрати. Це особливо важливо, оскільки надмірна вологість може призвести до утворення конденсату на системах охолодження, що погіршує їх ефективність і призводить до потенційного пошкодження водою [2].

Для моніторингу та регулювання рівня вологості в центрах обробки даних використовуються складні системи клімат-контролю. Ці системи включають датчики та осушувачі, які працюють в тандемі, щоб підтримувати ідеальне середовище для електронного обладнання. Забезпечуючи підтримання рівня вологості в оптимальному діапазоні, центри обробки даних можуть захистити свою інфраструктуру та підвищити продуктивність і надійність своїх операцій [3].

Крім того, в середовищах з підвищеною вологістю часто використовуються захисні покриття та корпуси, щоб захистити електронні компоненти від вологи. Ці захисні заходи необхідні для запобігання корозії та коротких замикань, які можуть виникнути в результаті тривалого впливу високої вологості [3].

У побутовій електроніці контроль вологості не менш важливий. Такі пристрої, як смартфони, планшети та ноутбуки, особливо схильні до пошкоджень через вологість і вологу. Виробники часто включають

рекомендації щодо впливу вологості, щоб допомогти користувачам захистити свої пристрої. Наприклад, пакети з силікагелем зазвичай включають в упаковку для поглинання надлишкової вологи під час транспортування та зберігання.

1.3 Важливість інгаляційної терапії для лікування респіраторних захворювань

У лікуванні гострих респіраторних захворювань широко застосовують інгаляції тепла і вологи. Зазвичай це досягається за допомогою спеціалізованих парових інгаляторів або різних домашніх засобів. Однак ефективність і терапевтичні переваги таких методів часто обмежені. Були проведені широкі дослідження методів інгаляцій, зокрема, зосереджені на розмірах частинок, необхідних для ефективного доставки до певних частин дихальної системи. Частинки розміром більше 10 мікрон, як правило, осідають в ротоглотці, від 5 до 10 мікрон - у глотці, гортані та трахеї, від 1 до 5 мікрон - у нижніх дихальних шляхах, від 0,5 до 1 мікрон - в альвеолах, а частинки розміром менше 0,5 мікрон не осідають і видихаються на видиху [4].

Переваги інгаляційної терапії включають можливість доставки високої концентрації ліків безпосередньо в легені, мінаючи процеси біологічної трансформації, такі як зв'язування з білками крові або модифікація в печінці. Ця система прямої доставки вимагає меншої дози для досягнення бажаного терапевтичного ефекту, таким чином мінімізуючи потенційний негативний вплив деяких ліків, таких як антибіотики, на інші органи.

Інгаляційна терапія особливо вигідна при лікуванні обструктивних захворювань дихальних шляхів. Небулайзери, які перетворюють рідкі ліки в аерозоль, широко використовуються при таких станах, як важка бронхіальна астма та інші хронічні обструктивні захворювання легень (ХОЗЛ), включаючи професійні захворювання легень, бронхіт, бронхоектази та

хронічний обструктивний бронхіт. Для деяких ліків, таких як муколітики та антибіотики, небулізація є єдиним ефективним методом, який гарантує, що вони досягнуть цільового органу. Інгаляційна терапія також має вирішальне значення для лікування дітей віком до одного року та пацієнтів, які сильно ослаблені або перебувають у критичному стані [5].

Крім того, інгаляційна терапія дозволяє вводити бронходилататори, протизапальні засоби та інші терапевтичні сполуки, які допомагають полегшити симптоми та покращити функцію легень. Інгалатори та небулайзери сприяють ефективній доставці цих ліків, зменшуючи запалення та відкриваючи дихальні шляхи, що дуже важливо для пацієнтів з такими захворюваннями, як астма та бронхіт [5].

Окрім медичного застосування, інгаляційна терапія може бути корисною для оздоровлення та профілактики. Регулярне використання парових інгаляцій може допомогти підтримувати здоров'я дихальних шляхів, зберігаючи дихальні шляхи вологими і очищеними від слизу та інших подразників. Ця практика може бути особливо корисною в умовах сухого повітря або високого рівня забруднення [6].

Загалом, інгаляційна терапія є важливим компонентом у лікуванні респіраторних захворювань, пропонуючи цілеспрямовану доставку, швидкий початок дії та покращення результатів лікування. Її застосування варіюється від невідкладної допомоги до лікування хронічних захворювань, що підкреслює її універсальність і важливість в охороні здоров'я дихальних шляхів.

2 ВАРІАНТИ РЕАЛІЗАЦІЇ КЛЮЧОВИХ КОМПОНЕНТІВ ПРИСТРОЮ

2.1 Контролер Arduino

Поява мікроконтролерів ознаменувала початок нової ери в мікропроцесорних технологіях. Мікроконтролери, з більшістю системних пристроїв, інтегрованих в одному корпусі, схожі на сучасні комп'ютери. Arduino та подібні набори складаються з попередньо зібраного електронного блоку та відповідного програмного забезпечення. Електронний блок - це, по суті, друкована плата (PCB), оснащена мікроконтролером і необхідними для його роботи електронними компонентами. Цю друковану плату можна порівняти з материнською платою сучасного комп'ютера. Вона має роз'єми для підключення зовнішніх пристроїв і часто включає порт для зв'язку з комп'ютером, який використовується для програмування пам'яті мікроконтролера [8].

Однією з важливих особливостей мікроконтролерів Atmel ATmega є можливість їх програмування без спеціалізованих програматорів. Отже, для створення нового електронного пристрою достатньо мати плату Arduino, комунікаційний кабель та комп'ютер. Розробники можуть використовувати готові плати розширення або підключати необхідні компоненти безпосередньо до Arduino. Це дозволяє зосередитися на розробці та налагодженні керуючої програми на мові програмування високого рівня. Застосування Arduino обмежується лише можливостями мікроконтролера та доступними реалізаціями платформи [8].

Сімейство Arduino налічує більше десятка варіантів плат, кожна з яких має свої технічні характеристики. Таке розмаїття дозволяє розробникам вибрати найбільш підходящу плату для свого конкретного проекту, гарантуючи, що можливості обраної плати ідеально відповідають вимогам

проекту. Деякі з моделей, що входять до сімейства апаратної платформи Arduino, включають:

- Due: Заснована на 32-бітному мікропроцесорі Cortex-M3 ARM SAM3U4E;
- Leonardo: Використовує мікроконтролер ATmega32U4;
- Ні: Використовує мікроконтролер ATmega328, одну з найпоширеніших моделей;
- Diecimila: Побудована на мікроконтролері ATmega168;
- Nano: Компактна платформа з мікроконтролером ATmega168 або ATmega328, підходить для невеликих проектів;
- Mega2560: Використовує мікроконтролер ATmega2560 та мікросхему ATmega8U2 для послідовного зв'язку через порт USB;
- Mega ADK: Розширення Mega2560, підтримує інтерфейс USB-host для підключення телефонів Android та інших USB-пристроїв;
- Mega: На базі мікроконтролера ATmega1280;
- Arduino Bluetooth: Має мікроконтролер ATmega328 і включає модуль Bluetooth BT-V06 для бездротового зв'язку та програмування;
- LilyPad: Розроблений для проектів, що носяться, використовує мікроконтролер ATmega168V або ATmega328V і може бути інтегрований в тканину;
- Fio: Використовує мікроконтролер ATmega328 для бездротових додатків, з роз'ємом для радіомодуля XBee, роз'ємом для LiPo акумулятора та вбудованою схемою зарядки;
- Pro: На базі мікроконтролера ATmega168 або ATmega328, підходить для великих проектів як невід'ємний компонент;
- Pro Mini: Подібний до Pro, але більш компактний та економічний, призначений для великих проектів, що потребують мінімальних розмірів, низької вартості та високої функціональності.

Враховуючи, що в даному проекті не передбачається використання інтерфейсів Bluetooth, Ethernet, Wi-Fi або USB для взаємодії пристроїв,

доцільно розглянути найпростіші та найкомпактніші моделі Arduino, щоб вибрати найбільш підходящий варіант для поточних потреб розробки.

2.2 Моделі Arduino

2.2.1 Arduino LilyPad

Платформа Arduino LilyPad спеціально розроблена для натільної електроніки, що дозволяє легко інтегрувати її в одяг. Вона може бути вшита безпосередньо в тканину, включаючи вбудовані джерела живлення, датчики, індикатори та інші пристрої. LilyPad використовує мікроконтролери ATmega168V або ATmega328V, які є менш продуктивними, малопотужними версіями ATmega168 або ATmega328. Ці мікроконтролери оптимізовані для тривалої роботи від автономних джерел живлення, що робить їх ідеальними для носячих пристроїв [8].

Одним з важливих аспектів LilyPad є відсутність вбудованої схеми для програмування мікроконтролера. Отже, програмування необхідно проводити за допомогою зовнішнього програматора для запису потрібного коду в пам'ять мікроконтролера. Такий вибір конструкції дозволяє LilyPad зберігати компактний форм-фактор, придатний для вбудовування в різні текстильні проекти (рисунок 2.1) [8].

Універсальність LilyPad виходить за рамки простої електроніки, що носить. Її використовують у різноманітних інноваційних проектах, зокрема в інтерактивному одязі, системах моніторингу здоров'я та розумних аксесуарах. Можливість інтегрувати датчики та індикатори дозволяє створювати чутливий одяг, який може реагувати на зміни навколишнього середовища або дії користувача. Наприклад, куртка на основі LilyPad може засвітитися у відповідь на звук або коливання температури, підвищуючи як функціональність, так і естетичну привабливість. Низьке енергоспоживання платформи особливо корисне для натільних технологій, оскільки забезпечує довший термін служби акумулятора і рідше заряджати його, що є критично

важливим для зручності користувача. Характеристики Arduino LilyPad (таблиця 2.1) [8].

Таблиця 2.1 – Характеристики Arduino LilyPad

Мікроконтролер	ATmega168V або ATmega328V
Робоча напруга	2,7 – 5,5 В
Рекомендована вхідна напруга	2,7 – 5,5 В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть бути виводами для ШІМ)
Аналогові входи	8
Максимальний постійний струм входів/виходів	40 мА
Розмір флеш-пам'яті	16 кілобайт (ATmega168) або 32 кілобайти (ATmega328), з них 2 кілобайти використовує завантажувач
Розмір ОЗП	1 кілобайт (ATmega168) або 2 кілобайти (ATmega328)
Розмір EEPROM	512 байтів (ATmega168) або 1024 байти (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц

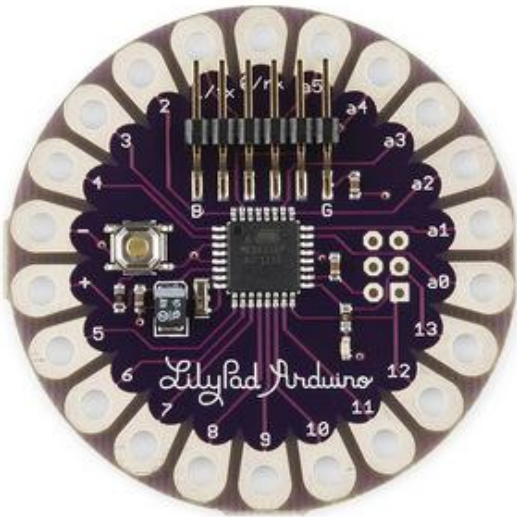


Рисунок 2.1 – Arduino LilyPad

2.2.2 Arduino Mini

Платформа Arduino Mini побудована на базі мікроконтролера ATmega328. Ця компактна плата може житися кількома способами: через кабель FTDI, плату перетворювача або безпосередньо через вивід VCC з джерелом живлення 5 В. Крім того, її можна живити від джерела живлення 7-9 В через вивід +9 В. Подібно до LilyPad, Arduino Mini не має вбудованої схеми програмування. Тому для запису програм в пам'ять мікроконтролера необхідний зовнішній програматор [8].

Компактний розмір і універсальність Arduino Mini роблять його ідеальним для проектів, де простір має першочергове значення. Незважаючи на малий розмір, вона зберігає повну функціональність більших плат Arduino, пропонуючи цифрові та аналогові контакти вводу/виводу, які можна використовувати для підключення різних датчиків і виконавчих механізмів. Така гнучкість робить її придатною для широкого спектру застосувань, від вбудованих систем до натільних пристроїв і компактної робототехніки.

Малий форм-фактор Arduino Mini (рисунок 2.2) також робить його чудовим вибором для освітніх цілей, особливо в умовах, коли студентам потрібно працювати в обмеженому просторі або інтегрувати електроніку в невеликі проекти. Здатність отримувати живлення від декількох джерел додає йому універсальності, дозволяючи використовувати його в портативних проектах, що живляться від батарейок, а також в стаціонарних проектах, підключених до стабільного джерела живлення [8].

Крім того, сумісність Arduino Mini з широким спектром плат і модулів Arduino розширює його можливості. Розробники можуть легко розширити його можливості, додавши модулі Bluetooth, Wi-Fi або різні сенсорні масиви, що робить його надійною платформою для створення прототипів та експериментів. Характеристики Arduino Mini (таблиця 2.2) [8].



Рисунок 2.2 – Arduino Mini

Таблиця 2.2 – Характеристики Arduino Mini

Мікроконтролер	Arduino Mini
Робоча напруга	5 В
Рекомендована вхідна напруга	7– 9 В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть бути виводами для ШІМ)
Аналогові входи	8
Максимальний постійний струм входів/виходів	40 мА
Розмір флеш-пам'яті	16 кілобайт, з них 2 кілобайти використовує завантажувач
Розмір ОЗП	1 кілобайт
Розмір EEPROM	512 байтів
Тактова частота	8 МГц або 16 МГц (залежить від моделі)

2.2.3 Arduino Mega

Платформа Arduino Mega базується на мікроконтролері ATmega2560 (рисунок 2.3), який забезпечує значний приріст пам'яті та обчислювальних можливостей у порівнянні з іншими платами Arduino. Це робить її особливо придатною для складних проектів, що вимагають великої кількості виводів вводу/виводу та значного простору для коду. Arduino Mega можна живити різними способами: через USB-роз'єм, роз'єм живлення або безпосередньо через вивід VIN, використовуючи зовнішнє джерело живлення 7-12 В [8].

Однією з ключових переваг Arduino Mega є широкий набір контактів вводу/виводу. Вона пропонує 54 цифрові виводи вводу/виводу, з яких 15 можуть використовуватися як ШІМ-виводи, і 16 аналогових входів, що забезпечує широкі можливості для взаємодії з датчиками, двигунами та іншими периферійними пристроями. Це робить її ідеальною для додатків, які вимагають великої кількості з'єднань, таких як сучасна робототехніка, розгалужені сенсорні мережі та великомасштабні проекти автоматизації.[8]



Рисунок 2.3 – Arduino Mega

Як і інші плати Arduino, Mega має вбудований перетворювач USB в послідовний інтерфейс, що забезпечує просте програмування та зв'язок з комп'ютером. Це спрощує процес розробки, усуваючи потребу в зовнішньому програмісті. Однак, для більш складних або критичних до продуктивності додатків, надійний набір функцій і можливості підключення Mega можуть бути повністю використані для реалізації складних систем управління і задач обробки даних [8].

Збільшений об'єм пам'яті Arduino Mega - 8 КБ SRAM, 4 КБ EEPROM і 256 КБ флеш-пам'яті - дозволяє працювати з більшими програмами і зберігати більше даних, ніж інші моделі Arduino. Це особливо корисно в додатках, які вимагають значної реєстрації даних, виконання складних алгоритмів або управління декількома завданнями одночасно [8].

Універсальність Arduino Mega поширюється на його сумісність з широким спектром плат і модулів. Незалежно від того, чи потрібне вам підключення до Wi-Fi, додаткові драйвери двигунів або спеціалізовані входи для датчиків, широка розводка і стандартні заголовки Arduino Mega забезпечують легке розширення та інтеграцію з іншими апаратними компонентами. Це робить його кращим вибором для розробників, які працюють над масштабованими та модернізованими проектами.

Крім того, надійні функції керування живленням і високий вихідний струм Mega дозволяють йому керувати більш вимогливими навантаженнями, такими як двигуни з високим крутним моментом і великі світлодіодні матриці, без потреби в додаткових схемах живлення. Ці можливості в поєднанні з широкими можливостями вводу/виводу роблять Arduino Mega чудовим вибором для створення складних і високопродуктивних електронних систем.

Таблиця 2.3 – Характеристики Arduino Mega

Мікроконтролер	ATmega2560
Робоча напруга	5 В
Рекомендована вхідна напруга	7– 12 В
Цифрові входи/виходи	54 (з них 15 можуть бути виводами для ШІМ)
Аналогові входи	16
Максимальний постійний струм входів/виходів	40 мА
Розмір флеш-пам'яті	256 кілобайт, з них 8 кілобайти використовує завантажувач
Розмір ОЗП	8 кілобайт
Розмір EEPROM	4 байтів
Тактова частота	16 МГц

2.2.4 Arduino Nano

Arduino Nano - це компактна плата мікроконтролера (рисунок 2.4), призначена для простих і зрозумілих електронних проектів. Ця платформа побудована на базі мікроконтролерів ATmega328 (у версії Arduino Nano 3.0) або ATmega168 (у версії Arduino Nano 2.x), що забезпечує гнучкість в залежності від вимог проекту.

Живлення Arduino Nano може бути досягнуто за допомогою декількох варіантів. Його можна підключити через порт USB Mini-B, який зручний як для живлення, так і для передачі даних. Крім того, його можна живити за допомогою зовнішнього джерела живлення, яке забезпечує напругу в діапазоні від 7 до 20 вольт через вивід 30. Для більш стабільного живлення можна підключити регульоване 5-ти вольтове джерело через вивід 27. При одночасному підключенні декількох джерел живлення Arduino Nano інтелектуально вибирає джерело з найвищою напругою для роботи.

У таблиці 2.4 наведено детальний огляд специфічних характеристик і специфікацій платформи Arduino Nano. Універсальність Arduino Nano, невелика площа та кілька варіантів живлення роблять її чудовим вибором для широкого спектру проектів, від базових експериментів до більш складних додатків.



Рисунок 2.4 – Arduino Nano

Таблиця 2.4. – Характеристики Arduino Nano

Мікроконтролер	ATmega168 або ATmega328
Робоча напруга	5 В
Рекомендована вхідна напруга	7-12 В
Максимальна вхідна напруга	6-20 В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть бути виводами для ШІМ)
Аналогові входи	8

Максимальний постійний струм вхідів/виходів	40 мА
Максимальний постійний струм виводу 3,3 В	50 мА
Розмір флеш-пам'яті	16 кілобайт (ATmega168) або 32 кілобайти (ATmega328), з них 2 кілобайти використовує завантажувач
Розмір ОЗП	1 кілобайт (ATmega168) або 2 кілобайти (ATmega328)
Розмір EEPROM	512 байтів (ATmega168) або 1024 байти (ATmega328)
Тактова частота	16 МГц

2.2 Датчики та зволожувачі повітря

2.2.1 Датчики температури

Сьогодні для вимірювання температури доступні різноманітні датчики, кожен з яких використовує різні принципи та технології:

- термоелектричні датчики (термопари);
- терморезистивні датчики;
- п'єзоелектричні датчики;
- акустичні датчики.

Для виконання поставленого завдання, а саме вимірювання температури води, датчик повинен ефективно працювати в діапазоні від 0 до 100 °С. Датчики, які використовують безконтактні методи вимірювання температури, не підходять для цього застосування. Ці датчики, як правило, значно дорожчі за контактні, і їх використання виправдане лише в тих випадках, коли контактні датчики не можуть бути використані, або коли критично важливо отримувати показники температури в реальному часі з мінімальною затримкою, яку контактні датчики можуть створювати через свою конструкцію.

У цьому конкретному випадку немає жорстких вимог до високої точності або мінімальної затримки. Тому доцільно використовувати більш економічно ефективні контактні датчики. Термопари, наприклад, широко використовуються в різних сферах завдяки своїй довговічності та широкому температурному діапазону. Вони працюють, генеруючи напругу у відповідь на різницю температур між двома різними металами. Терморезистивні датчики, такі як резистивні датчики температури (RTD) і термістори, змінюють свій електричний опір при зміні температури і відомі своєю точністю і стабільністю [7].

2.3.2 Термоелектричні термометри

Термоелектричні термометри, також відомі як термопари, використовують явище термоелектрорушійної сили (термоелектричної сили), що виникає на стику двох різних металів або сплавів. Ця сила залежить від температури на стику двох різнорідних провідників, які утворюють чутливий елемент датчика. Застосовуючи закон термоелектричної е.р.с. і вимірюючи цю напругу за допомогою відповідного вимірювального приладу, можна точно визначити температуру на місці з'єднання [7].

Типовий термоелектричний термометр, який можна побачити на (рисунок 2.5) складається з двох термоелектродів, з'єднаних на одному кінці, решта електродів ізольовані один від одного. Цей вузол поміщений в захисний кожух і підключений до вимірювальної лінії через головку з затискачами. Будучи первинним перетворювачем, термопара потребує вторинного перетворювача для перетворення згенерованої напруги в значення температури, яке можна зчитувати. Таким вторинним перетворювачем може бути мілівольтметр або цифровий пристрій, призначений для вимірювання температури [6].

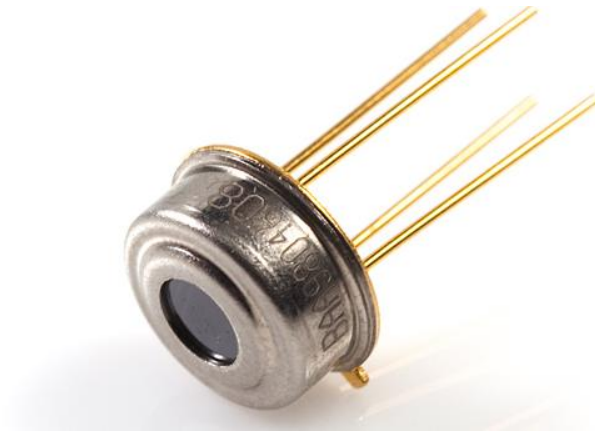


Рисунок 2.5 – Термоелектричні термометри MLX90614

Термопари здатні вимірювати широкий діапазон температур, від -200 до $2500\text{ }^{\circ}\text{C}$, що робить їх надзвичайно універсальними. Їх основне застосування - вимірювання високих температур, особливо в умовах, де інші типи датчиків були б непрактичними або неефективними. Наприклад, вони широко використовуються в промислових умовах для моніторингу печей, обпалювальних печей та інших високотемпературних процесів [6].

2.3.3 Терморезистивні датчики

Терморезистивні датчики, або термістори, працюють на основі принципу, що електричний опір матеріалу змінюється зі зміною температури. Ці датчики можуть вимірювати температуру від -260 до 750°C , а деякі з них здатні короткочасно вимірювати температуру до 1000°C . Більшість металів мають позитивний температурний коефіцієнт опору, тобто їхній опір збільшується при нагріванні. Це пов'язано з підвищеним розсіюванням електронів, спричиненим посиленням теплових коливань іонів поблизу їхніх положень рівноваги. Напівпровідники, навпаки, мають від'ємний температурний коефіцієнт; при нагріванні кількість електронів провідності збільшується, що зменшує їхній електричний опір. Температурний коефіцієнт опору у напівпровідників вищий, ніж у чистих металів, що робить їх більш чутливими до змін температури [7].

Вимірювання термометрами опору проводяться при безпосередньому контакті з вимірюваним середовищем. Температуру середовища можна визначити за графіками, які відображають залежність опору термометра від температури. Металеві термометри опору мають кілька переваг, серед яких:

- Можливість виготовлення приладів для широкого діапазону температур;
- висока точність вимірювання;
- можливість підключення декількох датчиків до одного вимірювального пристрою за допомогою комутаційної системи;
- сумісність з цифровими пристроями.

Однак основним недоліком є необхідність підключення цих термометрів до джерела постійного струму. Враховуючи відносно низький опір датчика і високу напругу живлення, це може потенційно спотворювати результати вимірювань. Приклад одного з терморезисторів можна подивитися на рисунку 2.6.

Напівпровідникові терморезистори, з іншого боку, набагато чутливіші за металеві. Ця висока чутливість є перевагою, але також обмежує діапазон вимірювання температури. Опір напівпровідникових терморезисторів може змінюватися в десятки і навіть тисячі разів у межах діапазону вимірювання, що ускладнює розробку вимірювальних схем. Напівпровідникові термометри зазвичай використовуються для температур від -80 до 150°C .



Рисунок 2.6 – Терморезистивні датчики THERMAL-SENSOR-MODULE

Підвищена чутливість напівпровідникових терморезисторів робить їх ідеальними для застосувань, що вимагають точного моніторингу температури в більш вузькому діапазоні. Їх здатність швидко і точно виявляти невеликі зміни температури корисна в різних галузях, таких як медична діагностика, моніторинг навколишнього середовища і побутова електроніка. Незважаючи на обмежений температурний діапазон, висока чутливість і швидка реакція напівпровідникових термісторів забезпечують їх постійну актуальність в сучасних технологіях вимірювання температури.

2.3.3 Кварцові датчики

Кварцовий термометр працює на основі температурної залежності резонансної частоти п'єзоелектричного елемента. Частота п'єзоелектричного кристала кварцу відома своєю винятковою стабільністю. Однак кварцові термометри не є ідеальними для застосувань, що вимагають надзвичайно високої точності, через їхній ефект гістерезису. Незважаючи на це обмеження, вони демонструють дуже низький дрейф з часом, зазвичай менше 0,005 K на місяць. Типовий кварцовий датчик продемонстрований на рисунку 2.7.



Рисунок 2.7 – Кварцові датчики для Arduino YL-63

Кварцові термометри ідеально підходять для застосувань, де висока температурна роздільна здатність є критично важливою. Їх здатність зберігати стабільність у часі робить їх придатними для відносних вимірювань, де стабільність і точність важливіші, ніж абсолютна точність.

Частотний вихід кварцових термометрів особливо вигідний для інтеграції в системи автоматичного керування. Ці системи можуть використовувати частотні дані для незалежного регулювання теплового режиму різних об'єктів, покращуючи автоматизацію та контроль.

Крім того, надійність і стабільність кварцових термометрів роблять їх цінними в промислових і лабораторних умовах, де необхідний довготривалий моніторинг. Їх низькі характеристики дрейфу забезпечують надійну роботу протягом тривалих періодів, зменшуючи потребу в частому перекалібруванні. Можливість підключення до цифрових систем і надання даних у режимі реального часу ще більше підвищує їхню корисність у сучасних технологічних середовищах.

Також, кварцові термометри можуть бути розроблені для різних температурних діапазонів, що розширює їх застосування в різних галузях. Їх інтеграція в електронні схеми дозволяє здійснювати точний контроль і моніторинг, що має вирішальне значення в процесах, які вимагають суворого дотримання температурного режиму. Прикладом може стати напівпровідникова промисловість, а саме підтримка певних температур є життєво важливою для цілісності виробничих процесів, і кварцові термометри можуть відігравати ключову роль у забезпеченні постійного дотримання цих умов.

2.3.4 Датчики вологості

Датчики вологості можуть поділятися за принципом роботи на ємністі та резистивні.

Ємнісні гігрометри використовують принцип зміни ємності для вимірювання рівня вологості. У базовій конфігурації ці датчики складаються з конденсаторів з повітряним діелектриком між пластинами. Діелектрична проникність повітря залежить від вологості, що спричиняє зміну ємності при зміні рівня вологості.

У більш досконалому варіанті використовується датчик з діелектричним матеріалом, константа якого значно змінюється залежно від вологості. Цей матеріал вставляється між пластинами конденсатора, а конденсатор з'єднується з коливальним контуром і генератором частоти. Спочатку вимірюється власна частота контуру, а потім частота з діелектриком на місці. Різниця частот дозволяє розрахувати ємність датчика після введення зразка для тестування.

Ємнісні гігрометри мають ряд переваг, серед яких лінійна залежність між ємністю і вологістю, низька інерційність, економічність і висока точність вимірювання. Однак вони мають обмеження. Ці датчики намагаються вимірювати вологість нижче 0,5% з помітними похибками. Крім того, матеріали з високою діелектричною проникністю у тестовому зразку можуть значно спотворювати результати вимірювань. Збереження форми досліджуваного зразка також має вирішальне значення для отримання точних показань.

Незважаючи на ці недоліки, ємнісні гігрометри залишаються популярними завдяки своїй надійності, доступності та точності вимірювання вологості. Їх універсальність робить їх придатними для різних застосувань, включаючи моніторинг погоди, промислові процеси та контроль клімату в приміщеннях. Завдяки постійному вдосконаленню сенсорних технологій, зусилля, спрямовані на усунення цих обмежень, продовжуються, забезпечуючи постійне вдосконалення та покращення ємнісних гігрометрів.

Резистивні гігрометри складаються з простої структурної конфігурації, що складається з двох електродів, розташованих на підкладці. Ці електроди покриті шаром матеріалу з низьким опором, як правило, оксиду алюмінію, обраного через його доступність і широку поширеність. Оксид алюмінію має здатність адсорбувати значну кількість вологи, що призводить до помітних змін опору датчика при коливаннях рівня вологості. Вимірювання опору зазвичай виконується за допомогою закону Ома, твердження про пропорційність сили струму в провіднику прикладеній напрузі, справедливе

для металів і напівпровідників за не надто великих прикладених напругах. Якщо для елемента електричного кола справедливий закон Ома, то цей елемент має лінійну вольт-амперну характеристику. Шляхом кількісного визначення прикладеної напруги і струму, що проходить через датчик.

Резистивні гігрометри мають ряд переваг. Вони економічно вигідні, мають просту конструкцію і логарифмічну залежність між опором і вологістю. Ця логарифмічна залежність полегшує перетворення між показниками опору і вологості. Крім того, ці датчики компактні за розміром і демонструють стабільні характеристики в часі, забезпечуючи надійну та стабільну роботу.

Незважаючи на свою простоту, яку демонструю рисунком 2.8, резистивні гігрометри забезпечують точні вимірювання вологості, що робить їх придатними для різних застосувань. Їх малий форм-фактор дозволяє інтегрувати в компактні пристрої та системи з обмеженим простором. Крім того, їх стабільність у часі покращує довгостроковий моніторинг і контроль рівня вологості в різних середовищах.



Рисунок 2.8 – Резистивний датчик HR31

Доступність, простота і надійність резистивних гігрометрів роблять їх незамінними інструментами для вимірювання вологості в різних галузях - від сільського господарства до виробництва. Постійний розвиток матеріалів і сенсорних технологій продовжує покращувати їхні характеристики і розширювати сферу застосування, забезпечуючи їхню постійну актуальність у застосуванні для вимірювання вологості.

2.3.6 Випарники гарячої пари

Випарники гарячої пари працюють, використовуючи процес кипіння води для виробництва пари, яка потім насичує повітря вологою. Цей простий механізм передбачає нагрівання води до температури кипіння, після чого вона перетворюється на пару, яка виділяється для зволоження повітря. Вироблена пара стерилізується, що підвищує гігієнічну якість процесу зволоження. Принцип роботи цих пристроїв нагадує принцип роботи електричного чайника: на електроди подається напруга, яка нагріває воду до тих пір, поки вона не закипить і не випарується. Як тільки вся вода випаровується, ланцюг розривається, і пристрій автоматично вимикається, забезпечуючи безпечну роботу.

З точки зору безпеки, ці парові зволожувачі так само безпечні, як і звичайні побутові чайники, і не становлять значної пожежної небезпеки. Вони розроблені з функціями безпеки, які запобігають перегріванню і забезпечують автоматичне вимкнення, коли рівень води стає занадто низьким. Проста конструкція та відносно низька вартість роблять їх привабливим варіантом для споживачів. Однак початкова низька вартість дещо компенсується високим енергоспоживанням.

Незважаючи на енергоспоживання, випарники гарячої пари дуже ефективно підвищують вологість повітря. Вони можуть відносно швидко досягти рівня вологості 80-100%, що робить їх ефективними для швидкого зволоження повітря. Крім того, вони працюють з мінімальним рівнем шуму, оскільки основним джерелом звуку є кипіння води. Додаткова перевага обігріву приміщення гарячою парою може бути корисною в холодному кліматі, забезпечуючи і вологість, і тепло. Однак у теплішому кліматі це додаткове тепло може розглядатися як недолік, оскільки потенційно може зробити температуру в приміщенні некомфортно високою.

2.3.7 Випарники холодної пари

Ультразвукові випарники є вершиною ефективності серед сучасних пристроїв для зволоження. Ці пристрої працюють, спрямовуючи воду з резервуара на вібруючу пластину, що коливається на ультразвукових частотах. Ця вібрація розбиває воду на найдрібніші частинки, створюючи дрібний туман, який потім подається в навколишнє повітря за допомогою вбудованого вентилятора.

Туман, вироблений ультразвуковим випарником, візуально схожий на пару, але прохолодний на дотик, що забезпечує безпеку як для здоров'я людини, так і для рослин. На відміну від традиційних парових випарників, ультразвукові варіанти забезпечують точний контроль вологості, підтримують низьку температуру пари на виході (залежно від температури води) і працюють з мінімальним рівнем шуму.

Для оптимальної продуктивності та довговічності ультразвукових випарників рекомендується використовувати демінералізовану або дистильовану воду. Ці пристрої можуть похвалитися вражаючою потужністю, здатні зволожувати приміщення з добовою продуктивністю від 7 до 12 літрів, споживаючи при цьому менше 15 Вт енергії. Одну із частин ультразвукового випарника, що використано у роботі є на рисунку 2.9.



Рисунок 2.9 – Елемент ультразвукового розпилювача туману

Ультразвукові випарники використовують енергію високочастотних коливань, що генеруються п'єзоелектричним кристалом, завдяки чому вони працюють майже безшумно і скорочують час вдихання. Частота коливань зазвичай перевищує кілька сотень кілогерц, що знаходиться за межами чутного діапазону людського вуха. Ця безшумна робота в поєднанні з виробництвом дрібнодисперсних аерозолів з розміром частинок в середньому від 2 до 3 мікрон робить ультразвукові випарники придатними для інгаляційної терапії.

Висока концентрація аерозолів, що досягають нижніх дихальних шляхів, підвищує терапевтичну ефективність цих пристроїв. Крім того, мінімальний залишковий об'єм частинок ліків після інгаляції (менше 0,5 мл) забезпечує ефективну доставку ліків з мінімальними втратами.

3 ВИБІР ТЕХНОЛОГІЙ, КОМПОНЕНТІВ ТА РОЗРОБКА СХЕМИ І КОДУ КЕРУВАННЯ ДЛЯ ПРИСТРОЮ

3.1. Вибір плати Arduino

Поточний проект розробки не потребує бездротових інтерфейсів, зв'язку з телефонами або інших периферійних пристроїв USB. Немає вимог до автономності або високої продуктивності, що робить прості реалізації Arduino ідеальними. Ми обрали платформу Arduino Nano через її унікальні переваги серед базових варіантів Arduino. Nano має схему програмування пам'яті мікроконтролера на основній платі і може підключатися до персонального комп'ютера через USB, що полегшує розробку і налагодження без необхідності використання зовнішніх програмістів. Її 14 цифрових входів/виходів достатньо для керування всіма підключеними електронними компонентами та пристроями. Ці входи/виходи можна побачити на рисунку 3.1. Крім того, плата може підключатися до зовнішнього джерела живлення з напругою до 20 вольт, що усуває необхідність у додатковому перетворювачі напруги для забезпечення виходу 5 В для Arduino. Це особливо корисно,

коли схема включає пристрої з напругою живлення вище 5 В, такі як вентилятори, лампи і світлодіодні стрічки [8].

Використання платформи Arduino Nano пропонує кілька практичних переваг для нашого процесу розробки. Однією з ключових переваг є її компактний розмір, що робить її придатною для проектів з обмеженим простором. Вбудований USB-роз'єм не тільки спрощує програмування та налагодження, але й полегшує завантаження нових ітерацій коду. Ця функція особливо корисна на етапі створення прототипів, де часто відбуваються оновлення та зміни [8].

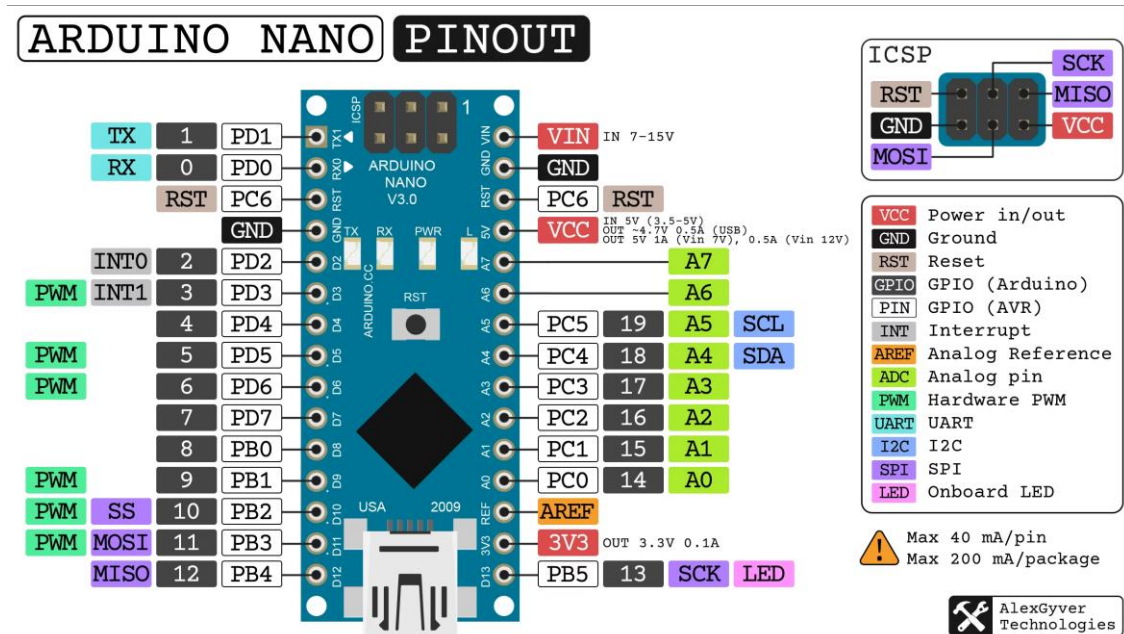


Рисунок 3.1 – Детальна плата Arduino Nano

3.2 Використання широтно-імпульсної модуляції

Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) - це метод, який використовується для регулювання потужності, що подається на навантаження, без втрат, пов'язаних з резистивними методами управління (рисунок 3.2). Хоча ШІМ призводить до переривчастої подачі потужності на навантаження, а не до постійного потоку, нею можна ефективно керувати. Для індуктивних навантажень і при досить високій частоті ШІМ-імпульси

можуть бути згладжені за допомогою додаткових пасивних електронних фільтрів для отримання безперервної аналогової форми сигналу [8].

Високочастотні ШІМ-системи керування потужністю зазвичай реалізуються за допомогою напівпровідникових перемикачів. Ключова перевага полягає в тому, що ці перемикачі розсіюють мінімальну потужність, коли вони повністю увімкнені або вимкнені. Однак під час переходів між цими станами відбувається розсіювання певної потужності через ненульові напругу та струм. Завдяки швидкому перемиканню станів, зазвичай менш ніж за 100 наносекунд, потужність розсіювання залишається низькою порівняно з потужністю, що подається на навантаження.

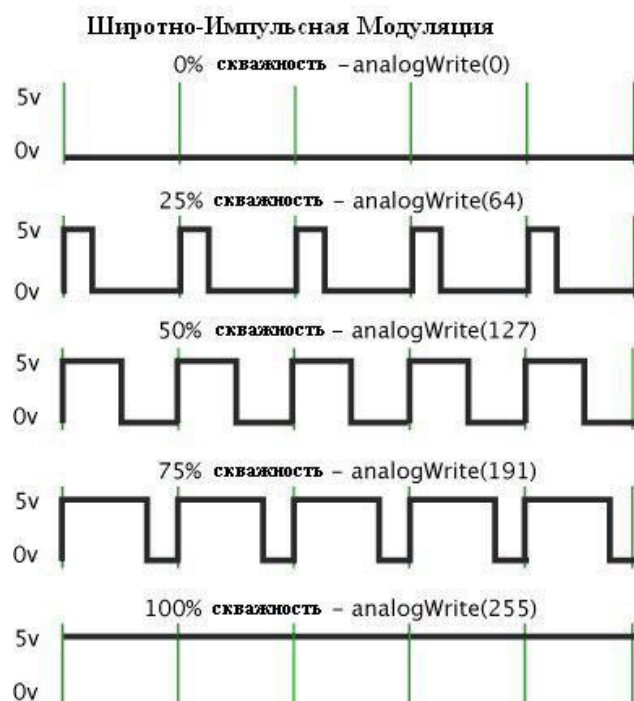


Рисунок 3.2 – Принцип роботи ШІМ

Сучасні напівпровідникові перемикачі, такі як MOSFET або біполярні транзистори з ізольованим затвором (IGBT), ідеально підходять для високоефективних контролерів. Перетворювачі частоти, що керують двигунами змінного струму, можуть досягати ККД понад 98%. ШІМ також широко використовується в контролерах вентиляторів зі змінною швидкістю завдяки своїй вищій ефективності порівняно зі змінними резисторами. Світлорегулятори для домашнього використання часто використовують

ШИМ, зменшуючи потужність під час окремих частин кожного циклу змінного струму для керування яскравістю. Прості диммери добре працюють з лампами розжарювання, спричиняючи лише незначні коливання освітленості. Однак світлодіоди можуть мерехтіти на низьких частотах. Збільшення частоти ШИМ може пом'якшити це явище, зробивши мерехтіння непомітним для людського ока [8].

Всі контролери Arduino постачаються з вбудованими апаратними модулями ШИМ. Щоб використовувати ШИМ з Arduino, підключіть навантаження до виходу, що підтримує ШИМ, і налаштуйте програму відповідним чином. Arduino Nano, оснащена мікроконтролером ATmega328, підтримує ШИМ на цифрових виходах 3, 5, 6, 9, 10 і 11 з роздільною здатністю 8 біт. Це означає, що на виході можна отримати 256 рівнів напруги від нуля до напруги логічної одиниці, зазвичай 5 В, що достатньо для більшості застосувань. Таким чином, крок зміни напруги протягом періоду ШИМ точно налаштований для забезпечення безперебійної роботи [9].

Ефективність ШИМ робить її кращим методом у різних сферах застосування, окрім керування двигунами та освітлення. У джерелах живлення ШИМ використовується для ефективного регулювання напруги та струму, що є критично важливим для пристроїв, які живляться від батареї. Технологія також відіграє важливу роль у системах зв'язку, де ШИМ-сигнали можуть використовуватися для кодування даних [8].

У робототехніці ШИМ має вирішальне значення для керування серводвигунами, які потребують точного контролю положення. Можливість точного налаштування робочого циклу ШИМ-сигналу дозволяє здійснювати плавні і точні рухи, підвищуючи продуктивність роботизованих систем. Крім того, ШИМ використовується в аудіо- та відеоапаратурі для модуляції рівня сигналу, що сприяє підвищенню якості та чіткості вихідного сигналу [9].

Загалом, універсальність та ефективність ШИМ роблять її безцінним інструментом у сучасній електроніці. Інтеграція ШИМ в мікроконтролери, такі як Arduino, спрощує її застосування, дозволяючи розробникам відносно

легко впроваджувати передові методи управління. Будь то промислова автоматизація, побутова електроніка або аматорські проекти, ШІМ залишається фундаментальною технологією, що стимулює інновації та ефективність.

Щоб глибше зрозуміти значення ШІМ у сучасній електроніці, важливо відзначити її роль в енергоефективності та управлінні тепловим режимом. Керуючи подачею живлення з точною синхронізацією, ШІМ зменшує втрати енергії та мінімізує тепловиділення в електронних компонентах. Це особливо важливо для застосувань, де енергоспоживання та керування тепловиділенням є критично важливими, наприклад, у пристроях, що працюють від батарейок, та високопродуктивних обчислювальних системах.

Крім того, ШІМ знаходить широке застосування в системах відновлюваної енергетики, де вона оптимізує передачу енергії між джерелами, такими як сонячні панелі або вітрогенератори, і електромережею. Регулюючи робочий цикл ШІМ-сигналів, ці системи можуть ефективно використовувати відновлювані джерела енергії, сприяючи зусиллям зі сталого розвитку та зменшуючи залежність від традиційних викопних видів палива.

До того ж, ШІМ є невід'ємною частиною сучасних систем керування, що використовуються в робототехніці, автоматизації та аерокосмічній галузі. Можливість точного регулювання вихідної потужності забезпечує плавну і швидку роботу виконавчих механізмів, що гарантує точне керування рухом і маневреність роботизованих платформ і безпілотних літальних апаратів (БПЛА).

По суті, універсальність ШІМ виходить далеко за межі її застосування в базовому управлінні двигунами і регулюванні яскравості освітлення. Її вплив поширюється на різні галузі промисловості та технології, стимулюючи інновації, підвищуючи енергоефективність та уможливлюючи розробку складних електронних систем. З розвитком напівпровідникових технологій

ШІМ залишається фундаментальним будівельним матеріалом для проектування та оптимізації сучасних електронних схем і систем.

3.3. Вибір екрану для виводу даних

Коли йдеться про відображення інформації в електронних пристроях, вибір між різними типами дисплеїв може суттєво вплинути на функціональність і зручність користування. Один з популярних варіантів - OLED дисплеї, зокрема OLED Display Board 0.96 (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – OLED Display Board 0.96

Розглянемо його переваги та недоліки.

OLED дисплеї, або дисплеї на органічних світлодіодах, пропонують чудову контрастність і насиченість кольорів завдяки здатності кожного пікселя самостійно випромінювати світло. Це дозволяє отримати яскраві та чіткі зображення навіть при низькому освітленні. Крім того, OLED дисплеї забезпечують ширші кути огляду і швидший час відгуку в порівнянні з традиційними LCD-дисплеями.

Однією з головних переваг OLED Display Board 0.96 є його компактність і низьке споживання енергії. Завдяки своїм розмірам він легко інтегрується в різні портативні пристрої, такі як смарт-годинники, фітнестрекери або невеликі сенсорні панелі. Вбудований контролер SSD1306 дозволяє спростити схему підключення, забезпечуючи надійність і стабільність відображення інформації.

OLED Display Board 0.96 також має високу роздільну здатність (128x64 пікселів), що дозволяє відображати як текстову інформацію, так і прості графічні елементи. Це робить його ідеальним для використання в пристроях, де потрібне компактне та ефективне рішення для відображення даних [9].

У порівнянні з іншими типами дисплеїв, OLED дисплеї мають ряд значних переваг. Відсутність підсвічування, оскільки кожен піксель самостійно випромінює світло, знижує споживання енергії і дозволяє зменшити товщину дисплея. Яскравість і кольори залишаються стабільними під різними кутами огляду, що підвищує зручність користування. Висока контрастність досягається завдяки тому, що чорний колір на OLED дисплеї дійсно чорний.

OLED дисплеї можуть бути гнучкими, що відкриває нові можливості для дизайну електронних пристроїв, таких як зігнуті або складні екрани. Це дозволяє виробникам створювати інноваційні продукти, які не тільки привабливі зовні, але й функціонально багаті. Завдяки цьому, OLED дисплеї знайшли широке застосування у сучасних смартфонах, телевізорах та інших передових гаджетах.

Проте, OLED дисплеї також мають певні недоліки. Одним з головних є обмежений термін служби органічних матеріалів, що з часом може призвести до вигорання пікселів. Крім того, вони можуть бути більш чутливими до вологи та інших зовнішніх факторів, що потребує додаткового захисту в деяких умовах експлуатації.

Використання OLED Display Board 0.96 у наших проектах дозволяє знизити складність схемотехнічного рішення завдяки вбудованому

контролеру і високій ефективності відображення. Це забезпечує високу точність та стабільність роботи в різних умовах, що є важливим для створення надійних і функціональних електронних пристроїв.

Таким чином, OLED Display Board 0.96 є чудовим вибором для багатьох електронних проектів завдяки своїй компактності, низькому споживанню енергії, високій якості зображення та простоті інтеграції. Він ідеально підходить для пристроїв, де важливі якості зображення і енергоефективність, забезпечуючи при цьому надійність і довговічність роботи. Завдяки відображенню анімованих графічних елементів, цей дисплей відкриває нові можливості для інтерфейсу користувача в різних додатках.

3.4 Вибір датчика температури та датчика вологості

Вибираючи датчики температури для нашого застосування, ми повинні враховувати різні фактори, щоб забезпечити оптимальну продуктивність і економічну ефективність. Термоелектричні датчики, хоча і пропонують широкий діапазон вимірювань, не підходять через їх надмірний діапазон і вищу ціну. Аналогічно, кварцові датчики, з їхньою високою температурною роздільною здатністю, є надто кваліфікованими для наших потреб, що призводить до неефективного використання ресурсів [5].

Резистивні датчики стають ідеальним вибором, оскільки ефективно відповідають нашим вимогам до вимірювань. Хоча існують як металеві, так і напівпровідникові варіанти, напівпровідникові датчики мають переваги в необхідному нам діапазоні завдяки вужчому температурному діапазону. Однак напівпровідникові датчики часто не мають захисту від суворих умов експлуатації, що робить металеві резистивні датчики, розміщені в захисних металевих корпусах, таких як капсули з нержавіючої сталі, більш практичним вибором.

Серед металорезистивних датчиків температури виділяється датчик RT100. Виготовлений з платини, він підтримує опір 100 Ом при 0 °C і працює в діапазоні від -20 °C до +500 °C з мінімальним допуском. Його позитивний

коефіцієнт опору дозволяє точно вимірювати температуру, причому кожне збільшення на 0,39 Ом вказує на відповідне підвищення температури. Завдяки розмірам 4 мм в діаметрі і 30 мм у висоту, укладений в сталевий корпус, датчик PT100 забезпечує надійність і точність для нашого застосування [5].

До того ж, для вимірювання вологості популярним вибором є датчик DHT22 показано на рисунку 3.4. Він поєднує в собі можливості вимірювання температури та вологості в одному корпусі, що спрощує інтеграцію та зменшує кількість компонентів у нашій конструкції. Датчик DHT22 забезпечує точні показники при низькому енергоспоживанні, що робить його придатним для різних застосувань моніторингу навколишнього середовища. Завдяки цифровому виходу і простому інтерфейсу датчик DHT22 розширює функціональність і універсальність нашого пристрою, забезпечуючи комплексні можливості моніторингу навколишнього середовища.

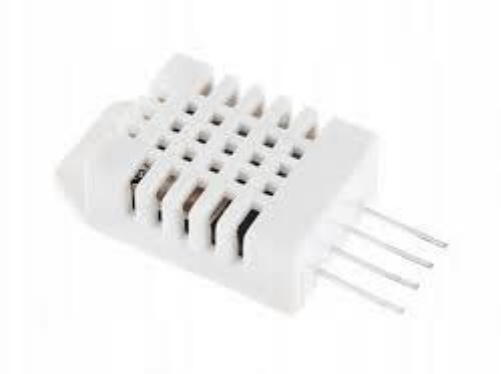


Рисунок 3.4 – Датчик DHT22

Датчик DHT22 використовує ємнісний елемент для вимірювання вологості та термістор для вимірювання температури. Ця конструкція з двома датчиками забезпечує точні та стабільні показники в широкому діапазоні умов навколишнього середовища. Діапазон вимірювання вологості зазвичай охоплює від 0% до 100% відносної вологості (RH) з точністю близько $\pm 2-5\%$ RH. Що стосується температури, то датчик DHT22 зазвичай працює в діапазоні від -40°C до 80°C з точністю приблизно $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$.

Ще однією важливою особливістю датчика DHT22 є його низьке енергоспоживання, що робить його придатним для застосування в системах з живленням від батарей, де енергоефективність має вирішальне значення. Крім того, компактний розмір і міцна конструкція датчика забезпечують його довготривалу надійність у різних умовах експлуатації.

Однак варто зазначити, що датчик DHT22 може потребувати періодичного калібрування для підтримки точності з часом, особливо в критично важливих додатках, де точні вимірювання мають вирішальне значення.

В цілому, датчик вологості DHT22 пропонує економічно ефективне рішення для точного вимірювання вологості і температури, що робить його цінним компонентом в широкому спектрі електронних проектів і застосувань. Простота використання, надійність і універсальність роблять його популярним вибором як серед любителів, так і серед професіоналів.

3.5 Вибір пристрою для випарювання

Обраний пристрій для випаровування повинен відповідати подвійним вимогам: ефективному зволоженню та сумісності з інгаляційними засобами. Хоча випарник гарячої пари ефективно зволожує, його недоліком є нагрівання повітря, що створює ризик опіків при неправильному використанні. Крім того, висока температура на виході робить його непридатним для інгаляцій. Таким чином, фокус зміщується на холодні випарники.

Серед холодних випарників компресорний випарник слугує виключно як інгалятор завдяки своїй потужності та сумісності з різними лікарськими засобами. Однак його галаслива робота робить його непридатним для зволоження повітря, що потенційно створює ризики для здоров'я при тривалому впливі. На відміну від нього, ультразвуковий випарник комплексно відповідає всім критеріям. Працюючи з мінімальним рівнем

шуму, він ефективно зволожує невеликі приміщення, одночасно виконуючи функцію інгалятора. Його розпилені частинки розміром 2-3 мкм полегшують доставку ліків до нижніх дихальних шляхів.

Для цього проекту було використано ультразвуковий генератор туману з напругою живлення 5 В, потужністю 15 Вт. Цей вибір забезпечує ефективну та безпечну роботу, безперешкодно задовольняючи потреби як у зволоженні, так і в інгаляції. Зразок пристрої демонструється на рисунку 3.5.

Універсальність ультразвукового генератора туману поширюється на його сумісність з різними лікарськими засобами, що робить його ідеальним вибором для медичних застосувань, які вимагають точної і контрольованої доставки ліків. Компактний дизайн і низьке енергоспоживання ще більше підвищують його придатність для портативної і безперервної роботи в різних умовах, починаючи від домашнього використання і закінчуючи медичними установами.

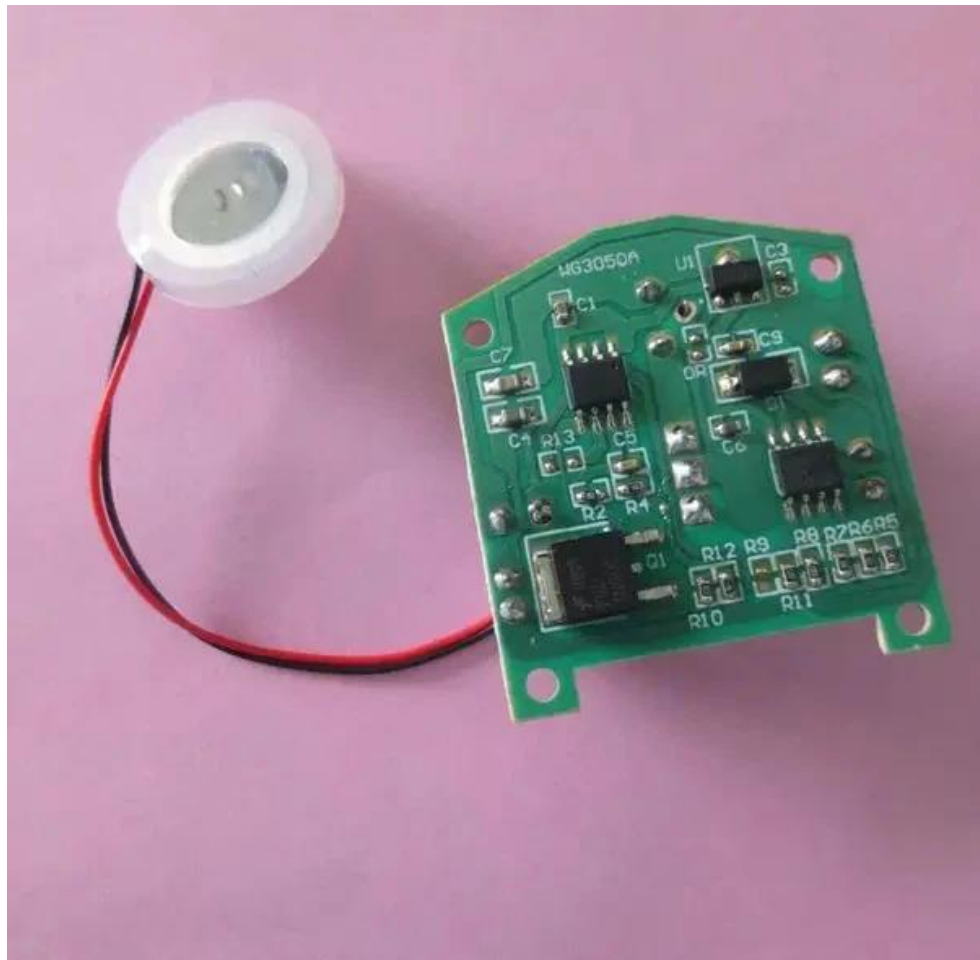


Рисунок 3.5 – Ультразвукові випарники KS-16-108KHZ

3.6 Вибір середовища програмування

Розробка схеми підключення на веб-платформі wokwi.com виявляється ключовим кроком у процесі створення електронного пристрою. Враховуючи специфіку даного проекту, вибір платформи wokwi.com став обґрунтованим через її зручний та потужний інтерфейс, що спрощує розробку та налагодження схем. Вигляд інтерфейсу середу показано на рисунку 3.6.

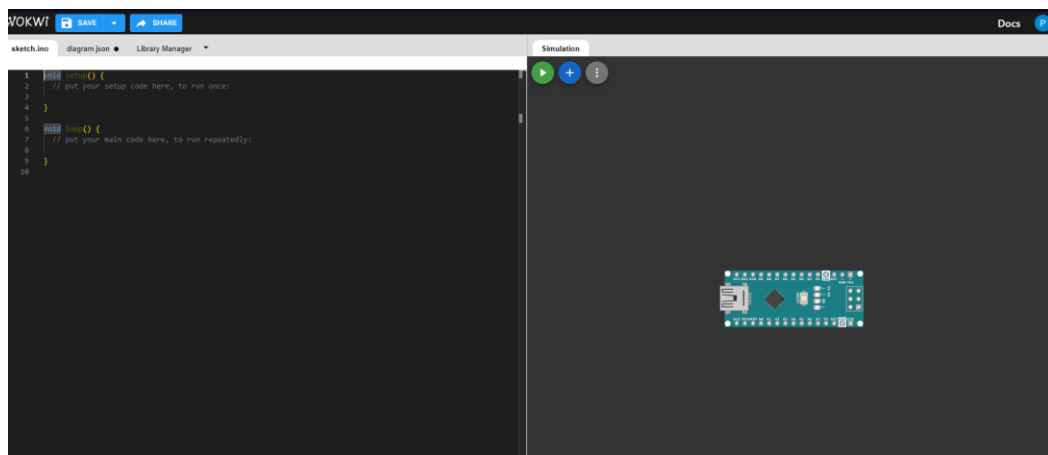


Рисунок 3.6 – Інтерфейс wokwi.com

Платформа wokwi.com надає доступ до широкого асортименту віртуальних компонентів, що дозволяє вірно моделювати функціонал пристрою перед фізичною реалізацією. Наприклад, у розглянутому коді використовуються такі елементи як Arduino Nano, OLED дисплей, датчик DHT22 та інші, всі доступні на платформі wokwi.com, що робить її ідеальним вибором для цього проекту.

Окрім того, на wokwi.com можна відтворити взаємодію між різними компонентами та перевірити правильність їх підключення. Це дозволяє виявити можливі проблеми та конфлікти ще до того, як приступити до фізичної збирання схеми, що зекономить час і ресурси.

Крім того, платформа wokwi.com має зручний інтерфейс для взаємодії з схемою: можливість змінювати параметри компонентів, спостерігати за

їхньою роботою в режимі реального часу та відлагоджувати код прямо у віртуальному середовищі.

Платформа `wokwi.com` пропонує доступ до широкої колекції різноманітних бібліотек, які охоплюють багато компонентів та пристроїв. Це включає в себе не лише стандартні бібліотеки для мікроконтролерів Arduino, такі як `Wire.h` для роботи з I2C, але й спеціалізовані бібліотеки для різних сенсорів, дисплеїв, модулів зв'язку та інших пристроїв. Наявність такого розмаїття бібліотек дозволяє розробникам швидко та ефективно взаємодіяти з різними компонентами, а також розширює можливості їхнього використання у проектах.

Крім того, спільнота користувачів `wokwi.com` постійно активна в створенні та підтримці нових бібліотек, які відображають поточні технологічні тенденції та потреби спільноти. Це забезпечує актуальність та розширення функціональності платформи, що є важливим для забезпечення її конкурентоспроможності та реалізації новаторських ідей

3.7 Розробка схеми приладу, та налаштування системи

3.7.1 Підключення температурного і вологісного датчика

Датчик DHT22 є популярним вибором для вимірювання температури і вологості завдяки своїй точності та простоті використання. Для правильного функціонування цього датчика необхідно правильно підключити його до мікроконтролера, забезпечивши стабільне електроживлення та коректну передачу даних.

Для початку потрібно забезпечити датчик живленням. Пін живлення (VCC) датчика DHT22 підключається до виходу 3.3 V на платі Arduino. Це важливо, оскільки датчик потребує стабільного електричного живлення для коректної роботи. Треба переконатися, що використовуються правильне

джерело живлення, оскільки підключення до неправильного виходу може призвести до пошкодження датчика або неправильного зчитування даних.

Наступним кроком є підключення піна заземлення (GND) датчика до піна GND на платі Arduino на рисунку 3.7. Це необхідно для забезпечення спільного заземлення між датчиком та мікроконтролером. Спільне заземлення є критично важливим для забезпечення стабільної та надійної роботи всієї системи, оскільки воно дозволяє уникнути потенційних перешкод і помилок при передачі даних.

```
// Оголошення для дисплея SSD1306, підключеного до I2C (пін SDA, SCL)
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

#define DHTPIN 2      // Цифровий пін, підключений до сенсора DHT

// Розкоментуйте тип сенсора, який використовується:
// #define DHTTYPE DHT11    // DHT 11
#define DHTTYPE DHT22    // DHT 22 (AM2302)
// #define DHTTYPE DHT21    // DHT 21 (AM2301)

int RelayPin1 = 4 ;
int RelayPin2 = 5 ;

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  pinMode(RelayPin1, OUTPUT);
  pinMode(RelayPin2, OUTPUT);
}
```

Рисунок 3.7 – Підключення датчика DHT22

Після того, як живлення і заземлення підключено, потрібно підключити пін даних (SDA) датчика до цифрового піна 2 на платі Arduino. Це з'єднання дозволяє мікроконтролеру зчитувати дані, що надходять з датчика DHT22. Важливо переконатися, що з'єднання надійне, оскільки будь-який збій у передачі даних може призвести до помилок у вимірюваннях.

Після підключення всіх необхідних пінів, можна переходити до програмної частини налаштування датчика. Для цього потрібно використовувати бібліотеку DHT, яка дозволяє легко взаємодіяти з датчиком та зчитувати дані температури і вологості. Важливо правильно ініціалізувати

датчик у коді та налаштувати відповідні параметри для забезпечення коректної роботи.

Загалом, процес підключення датчика DHT22 до Arduino є відносно простим, але потребує уважності і точності. Забезпечивши правильне підключення живлення, заземлення та передаючого піна, можна гарантувати стабільну роботу системи та точні вимірювання температури і вологості. Це є ключовим кроком у створенні надійного і функціонального пристрою для моніторингу кліматичних умов.

Додатково, варто зазначити, що після фізичного підключення датчика до Arduino важливо протестувати систему, щоб переконатися у правильності з'єднань та коректності зчитуваних даних. Це можна зробити за допомогою простого скетчу, який буде виводити показники температури і вологості в серійний монітор Arduino IDE. Таке тестування дозволить виявити можливі помилки на ранньому етапі та уникнути проблем у подальшій експлуатації пристрою.

3.7.2 Взаємодія з дисплеєм

Розглянемо процес підключення та налаштування OLED дисплея SSD1306 для взаємодії з мікроконтролером Arduino. OLED дисплей SSD1306 є чудовим вибором для відображення різної інформації завдяки високій контрастності, низькому енергоспоживанню та підтримці протоколу I2C, що спрощує його підключення до мікроконтролера.

Для початку необхідно підключити дисплей до Arduino. OLED дисплей SSD1306 використовує інтерфейс I2C для зв'язку з мікроконтролером. Це означає, що для передачі даних і керування дисплеєм використовуються лише два проводи, що значно спрощує підключення. Пін SDA дисплея підключається до піна A4 на платі Arduino, а пін SCL дисплея підключається до піна A5 на Arduino. Таке підключення забезпечує необхідний обмін даними між дисплеєм та мікроконтролером.

Після фізичного підключення дисплея необхідно налаштувати його в програмному забезпеченні. Підключення дисплею до Arduino вказано на рисунку 3.8. Для цього зазвичай використовують бібліотеки Adafruit GFX та Adafruit SSD1306, які надають зручні функції для роботи з дисплеєм. Ці бібліотеки потрібно встановити через Arduino IDE, скориставшись менеджером бібліотек. Після встановлення бібліотек необхідно імпортувати їх у скетч Arduino, додавши відповідні рядки на початку програми.

```
dht.begin();

if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for(;;);
}
delay(2000);
display.clearDisplay();
display.setTextColor(WHITE);
}

void loop() {
    delay(1000);

    // Зчитування температури та вологості
    float t = dht.readTemperature();
    float h = dht.readHumidity();
    if (isnan(h) || isnan(t)) {
        Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");
    }
}
```

Рисунок 3.8 – Підключення дисплею до Arduino

Далі слід ініціалізувати дисплей у функції `setup()`. Це робиться за допомогою функції `display.begin()`, яка перевіряє наявність дисплея на шині I2C та налаштовує його для подальшої роботи. Якщо дисплей не буде виявлено, програма може вивести відповідне повідомлення про помилку через серійний монітор, щоб користувач міг вчасно вжити заходів.

Після ініціалізації дисплея можна починати відображати інформацію. Для цього використовуються функції з бібліотеки Adafruit GFX, які дозволяють малювати текст, геометричні фігури та зображення на дисплеї. Наприклад, для виведення тексту використовується функція `display.print()`,

яка виводить вказаний текст у заданій позиції на екрані. Можна змінювати розмір тексту за допомогою функції `display.setTextSize()` та колір тексту за допомогою `display.setTextColor()`.

Особливо корисно використовувати дисплей для виведення даних з різних датчиків, підключених до Arduino. У нашому випадку це можуть бути дані про температуру і вологість, зчитані з датчика DHT22. Для відображення цих даних можна створити функцію, яка зчитує значення з датчика і виводить їх на дисплей у зручному для користувача форматі. Це дозволить візуально контролювати показники і швидко реагувати на зміну умов.

Також варто врахувати можливість оновлення інформації на дисплеї. Для цього використовуються функції `display.clearDisplay()` і `display.display()`. Перша функція очищує дисплей, видаляючи всю попередню інформацію, а друга – оновлює дисплей, відображаючи нові дані. Це дозволяє регулярно оновлювати показники на екрані, забезпечуючи актуальну інформацію для користувача.

Завдяки простоті підключення та потужним можливостям бібліотек, взаємодія з дисплеєм SSD1306 є зручною та ефективною. Використовуючи цей дисплей, можна легко реалізувати відображення різних даних і покращити користувацький інтерфейс вашого проекту на базі Arduino.

3.7.3 Програмне підключення дисплею та відображення інформації

Зробемо програмне підключення OLED дисплея SSD1306 до Arduino, а також налаштування параметрів виведення інформації на екран. Ініціалізація дисплея в коді є ключовим етапом для забезпечення його коректної роботи та відображення даних.

Початок роботи з дисплеєм включає встановлення необхідних бібліотек. Бібліотеки Adafruit GFX та Adafruit SSD1306 забезпечують необхідні функції для роботи з дисплеєм. Після їх встановлення через Arduino IDE, їх потрібно імпортувати в скетч. Це робиться шляхом додавання

рядків `#include <Adafruit_GFX.h>` та `#include <Adafruit_SSD1306.h>` на початку коду. Далі необхідно створити об'єкт дисплея, наприклад, `Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);`, де `SCREEN_WIDTH` та `SCREEN_HEIGHT` визначають розмір дисплея. Ініціалізацію дисплею продемонстровано на рисунку 3.9.

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <DHT.h>

#define SCREEN_WIDTH 128 // Ширина OLED дисплея в пікселях
#define SCREEN_HEIGHT 64 // Висота OLED дисплея в пікселях

// Оголошення для дисплея SSD1306, підключеного до I2C (пін SDA, SCL)
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, -1);

#define DHTPIN 2 // Цифровий пін, підключений до сенсора DHT
```

Рисунок 3.9 – Підключення бібліотек, та встановлення розмірів

Ініціалізація дисплея відбувається у функції `setup()`. Використовуючи функцію `display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C)`, ми запускаємо дисплей і перевіряємо його наявність на шині I2C за адресою 0x3C. Якщо дисплей не буде виявлено, програма виведе повідомлення про помилку через серійний монітор. Це дозволяє швидко діагностувати проблеми з підключенням на ранньому етапі.

Після успішної ініціалізації дисплея можна налаштувати параметри відображення інформації. Одним з основних параметрів є розмір шрифту. Функція `display.setTextSize(size)` дозволяє встановити бажаний розмір шрифту, де `size` - це числове значення, що визначає масштаб тексту. Для виведення тексту можна використовувати різні розміри шрифтів, щоб акцентувати увагу на важливих даних. Наприклад, для відображення

температури і вологості можна використовувати більший шрифт, щоб ці значення були добре видимі.

Колір тексту задається за допомогою функції `display.setTextColor(color)`. Для монохромного дисплея SSD1306 колір може бути або білим (WHITE), або чорним (BLACK). Зазвичай використовується білий колір на чорному фоні для забезпечення високого контрасту і зручності читання.

Позиція курсора визначається функцією `display.setCursor(x, y)`, де `x` і `y` - координати в пікселях на екрані. Це дозволяє точно розмістити текст на дисплеї. Наприклад, для виведення значення температури курсор можна встановити у верхній частині дисплея, а для виведення вологості - нижче. Це дозволяє організувати інформацію на екрані в логічному та зручному для користувача порядку.

При кожному оновленні даних дисплей слід очистити, щоб уникнути накладання старих значень на нові. Для цього використовується функція `display.clearDisplay()`, яка видаляє всю інформацію з екрану. Після цього можна заново вивести нові значення за допомогою функцій `print` або `draw` з бібліотеки Adafruit GFX.

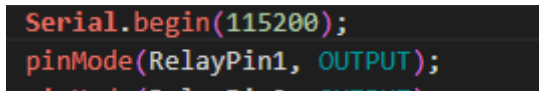
Для відображення значень температури та вологості потрібно зчитати ці дані з датчика та передати їх на дисплей. Наприклад, використовуючи функцію `display.print()`, можна вивести текст "Temperature: " та значення температури, а потім аналогічно для вологості. Це забезпечить постійне оновлення актуальної інформації на екрані, що є особливо важливим для моніторингу кліматичних умов у реальному часі.

3.7.4 Налаштування підсвічування

У цьому розділі розглянемо налаштування підсвічування світлодіода, який використовується у системі для індикації різних станів або умов. Підсвічування світлодіода є важливим елементом системи, що дозволяє

забезпечити візуальний зворотній зв'язок для користувача, вказуючи на поточний стан пристрою або наявність певних умов, наприклад, високої вологості чи низької температури.

Перший етап налаштування підсвічування світлодіода полягає у правильному підключенні світлодіода до мікроконтролера Arduino. Для цього анод (довга ніжка) світлодіода підключається до одного з цифрових виходів Arduino, а катод (коротка ніжка) підключається до заземлення (GND) через резистор для обмеження струму на рисунку 3.10. Резистор зазвичай має значення від 220 до 330 Ом, що допомагає запобігти перенавантаженню світлодіода і збільшує його термін служби.



```
Serial.begin(115200);  
pinMode(RelayPin1, OUTPUT);
```

Рисунок 3.10 – Світлодіод

Після підключення світлодіода необхідно налаштувати його в програмному забезпеченні. У функції `setup()` потрібно задати режим роботи відповідного цифрового піна як вихідний за допомогою функції `pinMode()`. Наприклад, якщо світлодіод підключений до піна 9, то у функції `setup()` додається рядок `pinMode(9, OUTPUT);`. Це дозволяє мікроконтролеру керувати станом світлодіода, вмикаючи і вимикаючи його.

Для управління світлодіодом в основному циклі програми `loop()` можна використовувати функції `digitalWrite()`, які задають високий (HIGH) або низький (LOW) рівень сигналу на відповідному піні. Наприклад, для ввімкнення світлодіода використовується `digitalWrite(9, HIGH);`, а для вимкнення - `digitalWrite(9, LOW);`. Ці команди можуть бути інтегровані в логіку програми, щоб світлодіод реагував на зміну умов, таких як температура чи вологість.

Крім простого вмикання і вимикання, можна реалізувати різні режими роботи світлодіода, такі як мерехтіння або плавна зміна яскравості. Для реалізації мерехтіння використовується функція `delay()`, яка створює паузи

між ввімкненням і вимкненням світлодіода. Наприклад, щоб світлодіод мерехтів кожну секунду, можна додати в цикл `digitalWrite(9, HIGH); delay(1000); digitalWrite(9, LOW); delay(1000)` (рисунок 3.11).

```
if (h >= 73){  
    digitalWrite(RelayPin1, HIGH);  
} else {  
    digitalWrite(RelayPin1, LOW);  
}  
  
if (t <= 27.2){  
    digitalWrite(RelayPin2, HIGH);  
} else {  
    digitalWrite(RelayPin2, LOW);  
}
```

Рисунок 3.11 – Реалізація вмикання і вимикання світлодіода

Для плавного регулювання яскравості використовується ШІМ (широтно-імпульсна модуляція), яка дозволяє задавати аналоговий вихідний сигнал на піні. Це реалізується за допомогою функції `analogWrite()`, яка приймає значення від 0 до 255, де 0 відповідає повному вимкненню, а 255 - максимальній яскравості. Наприклад, для поступового збільшення яскравості світлодіода можна використовувати цикл, який поступово збільшує значення від 0 до 255, передаючи його функції `analogWrite()`.

Загалом, налаштування підсвічування світлодіода включає правильне підключення, конфігурацію вихідного піна, а також реалізацію логіки управління в програмному забезпеченні. Світлодіоди можуть надавати корисний зворотний зв'язок для користувача, забезпечуючи індикацію різних станів системи, що підвищує зручність використання і функціональність пристрою. Використання світлодіодів в поєднанні з можливостями Arduino дозволяє створювати інтуїтивно зрозумілі та ефективні інтерфейси.

3.7.5 Підключення та керування випаровувачем

У цьому розділі розглядається процес підключення та керування випаровувачем за допомогою мікроконтролера Arduino. Випаровувачі використовуються для регулювання вологості повітря в приміщенні, що є важливим аспектом для забезпечення комфортних умов, особливо в кліматично вологих або сухих регіонах.

Перший крок - це підключення випаровувача до мікроконтролера показаний на рисунку 3.12 . Для цього випаровувач може мати свої власні клеми для живлення та керування, які підключаються до відповідних виходів Arduino. Живлення може здійснюватися через адаптер живлення або вбудований акумулятор, а керування - через цифрові піни Arduino.

```
float t = dht.readTemperature();  
float h = dht.readHumidity();  
if (isnan(h) || isnan(t)) {  
  Serial.println("Failed to read from DHT sensor!");  
}
```

Рисунок 3.12 – Зчитування температури та вологості

Далі важливо реалізувати логіку керування випаровувачем в програмному коді Arduino. Це може включати в себе встановлення рівня вологості, за якого випаровувач має ввімкнутися або вимкнутися. Для цього можна використовувати датчики вологості, які зчитують поточні показники вологості повітря і передають їх до мікроконтролера.

Після отримання показників від датчика вологості мікроконтролер може приймати рішення щодо включення або вимкнення випаровувача в залежності від поточної вологості. Наприклад, якщо вологість перевищує задане порогове значення, мікроконтролер може включити випаровувач, а коли вологість стане нижче цього значення - вимкнути його.

Крім того, можливо реалізувати додаткові функції керування, такі як регулювання потужності випаровувача в залежності від поточних умов або наявності користувача. Наприклад, випаровувач може автоматично

регулювати інтенсивність випару в залежності від часу доби або зовнішніх температурних умов.

У цілому, підключення та керування випаровувачем за допомогою мікроконтролера Arduino дозволяє автоматизувати і оптимізувати процес збереження оптимальних умов в приміщенні щодо вологості повітря. Це дозволяє підтримувати комфортні умови для проживання або роботи і зменшує навантаження на користувача у відношенні до регулювання вологості вручну.

3.7.6 Проектування схеми живлення пристрою

У цьому розділі буде розглянуто процес проектування схеми живлення пристрою, який є критичним етапом у розробці будь-якого електронного пристрою. Схема живлення визначає, як енергія буде постачатися до пристрою з джерела живлення та розподілятися серед його складових частин.

Спочатку необхідно визначити вимоги до живлення пристрою, такі як напруга та струм живлення. Ці вимоги можуть визначатися характеристиками компонентів пристрою, наприклад, мікроконтролера, сенсорів чи інших електронних блоків. На основі цих вимог вибирається джерело живлення, яке може бути батареєю, адаптером живлення або іншим джерелом енергії.

Після вибору джерела живлення потрібно розробити схему живлення, яка включає в себе елементи, необхідні для забезпечення стабільного та безперебійного живлення пристрою. Ця схема може включати в себе регулятори напруги, фільтри, захист від перенапруги та інші компоненти для забезпечення якісного живлення.

У процесі проектування схеми живлення важливо врахувати також енергоефективність пристрою, особливо якщо він працює від батареї. Це може включати в себе використання енергозберігаючих компонентів, оптимізацію алгоритмів роботи та вибір енергоефективного режиму роботи.

У зазначеному коді Arduino використовуються різні компоненти, які потребують правильного живлення для коректної роботи. Наприклад, для датчика температури та вологості DHT22 потрібна напруга живлення 3.3V, тоді як OLED дисплей SSD1306 працює з напругою 5V.

При проектуванні схеми живлення для цього пристрою потрібно врахувати ці вимоги. Живлення кожного компонента має бути належним чином забезпечене, щоб уникнути можливих проблем з функціонуванням. Наприклад, для датчика DHT22 можна використати стабілізатор напруги для забезпечення стабільної 3.3 V, тоді як для OLED дисплея SSD1306 може знадобитися регулятор напруги для перетворення 5V на необхідні 3.3 V.

Правильно спроектована схема живлення дозволить забезпечити надійну та ефективну роботу пристрою. Також важливо врахувати аспекти енергоефективності та електричної безпеки під час розробки схеми живлення. Оптимізація живлення може зменшити споживання енергії пристроєм та продовжити час його автономної роботи, що є важливим аспектом для пристроїв, що працюють від батарей або акумуляторів.

3.7.7 Розробка схеми підключення Arduino

У контексті коду, розробка схеми підключення Arduino відіграє ключову роль у забезпеченні правильної роботи всіх компонентів пристрою. У наведеному коді використовуються різні компоненти, такі як датчик температури та вологості DHT22, OLED дисплей SSD1306, реле та інші.

Першим кроком у розробці схеми підключення є визначення потрібних пінів на Arduino для підключення кожного компонента. Наприклад, для датчика DHT22 необхідно призначити цифровий пін для передачі даних, відповідно до налаштувань у коді. Також потрібно врахувати живлення кожного компонента та вибрати відповідні піни на Arduino для підключення. Схему пристрою можна побачити на рисунку 3.13.

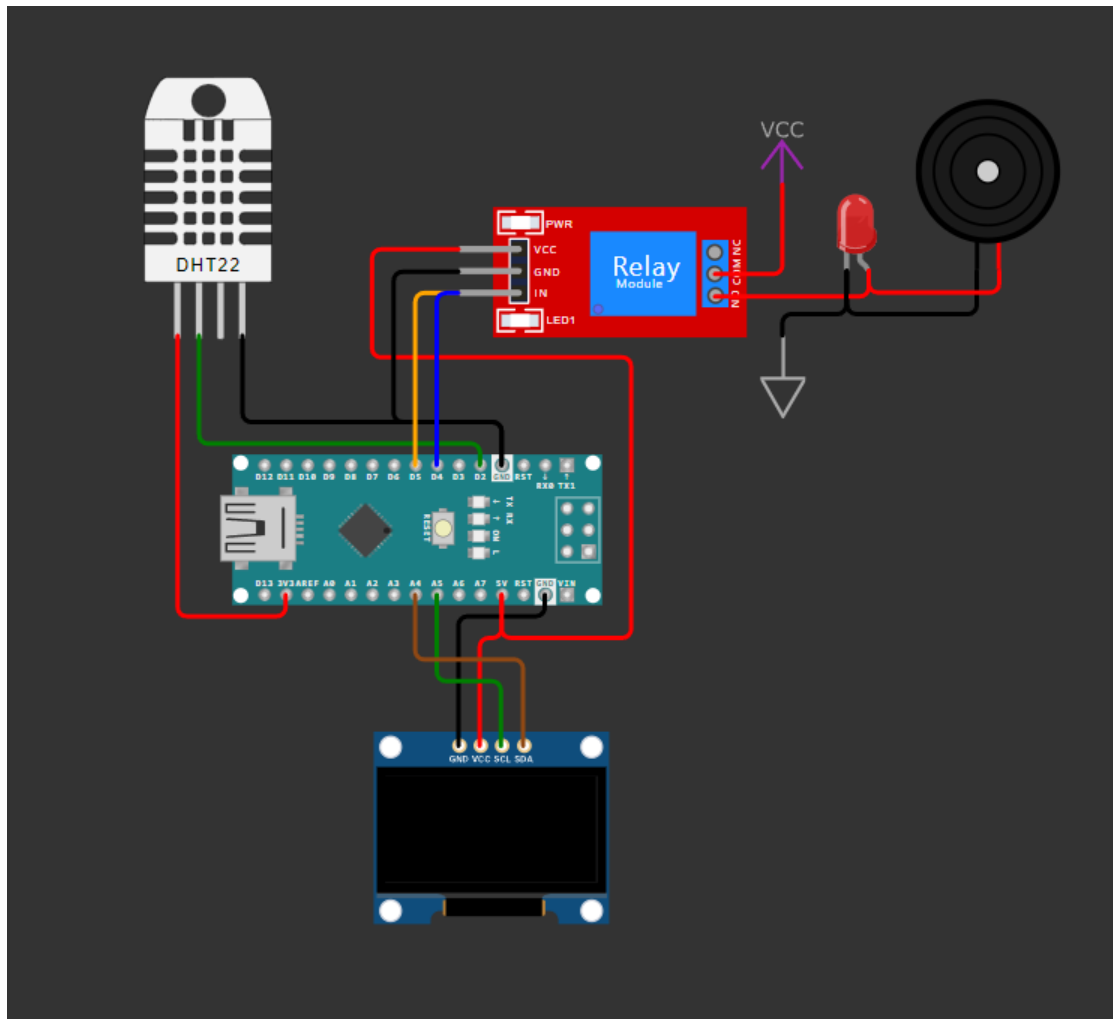


Рисунок 3.13 – Схема пристрою у неактивному стані

Після визначення необхідних пінів необхідно налаштувати з'єднання між Arduino та кожним компонентом. Наприклад, OLED дисплей підключається за допомогою протоколу I2C, тому необхідно підключити піни SDA та SCL дисплея до відповідних пінів на Arduino.

Для показу робочого стану схему буде наведено декілька рисунків, які будуть показувати положення програми, а саме рисунки 3.14 – 3.15.

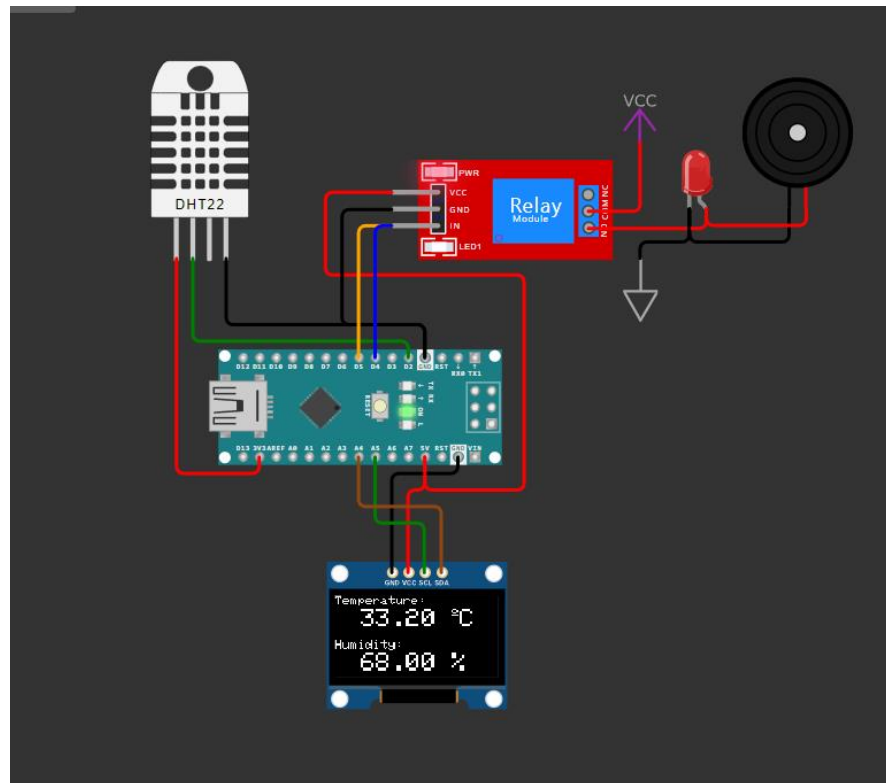


Рисунок 3.14 – Активний процес зволожувача

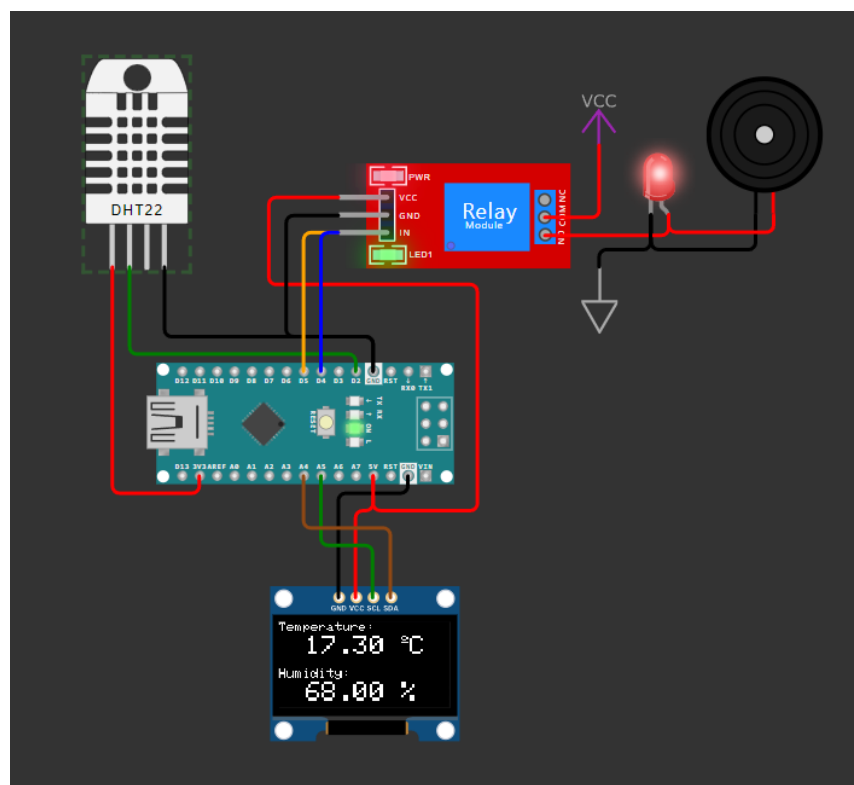


Рисунок 3.15 – Реакція приладу на зміну зволожувача

ВИСНОВОКИ

Отже, дослідження вологості в різних сферах життя, від природи до електроніки та охорони здоров'я, розкриває її багатогранний вплив і значення. Розуміння ролі вологості в природі прояснює її вплив на комфорт людини, промислові процеси і навіть прогнози погоди. У розділі, присвяченому вологості в електроніці, підкреслюється її критична роль у роботі пристроїв, наголошується на необхідності ретельного контролю для запобігання несправностей і забезпечення ефективності роботи.

Зміщуючи фокус на технічну сферу, контролери Arduino окреслюють їхні різноманітні функціональні можливості та застосування. Детальний розгляд моделей Arduino, зокрема LilyPad, Mini та Mega, демонструє їхні унікальні характеристики та придатність для різних проєктів. Платформи Arduino пропонують універсальні рішення для творців та інноваторів у різних галузях - від компактних пристроїв для носіння до надійних систем автоматизації.

У роботі було проведено ретельний аналіз потенційних варіантів реалізації кожного компонента пристрою, з ретельним процесом відбору, спрямованим на визначення оптимальних варіантів, пристосованих до конкретних цілей і умов експлуатації кожного пристрою. Ключовим аспектом, що визначав вибір компонентів, було забезпечення мінімального виконання вимог до утилізації, тим самим наголошуючи на ефективному розподілі та використанні ресурсів. Цей критерій відіграв вирішальну роль у забезпеченні того, щоб обрані компоненти не лише відповідали функціональним потребам пристрою, але й оптимізували використання ресурсів, сприяючи економічній ефективності та сталості його експлуатації.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Перрі, Р.Х. і Грін, Д.В. (2007) "Довідник інженера-хіміка Перрі" (8-е видання), розділ 12-3, "Психрометрія", McGraw-Hill. URL: https://www.academia.edu/34738909/Perrys_Chemical_Engineers_Handbook_8th Ред. (дата звернення 16.05.2024).
2. "Клімат - Індекси вологості". Британська енциклопедія. URL: <https://www.britannica.com/science/climate-meteorology/Humidity-indexes>. (дата звернення 16.05.2024).
3. "Клімат/вологість таблиця". Служба транспортної інформації Німецької асоціації страхування. URL: http://www.tis-gdv.de/tis_e/misc/klima.htm/. (дата звернення 16.05.2024).
4. "Оптимальний рівень вологості для дому". URL: <https://www.airbetter.org/optimum-humidity-levels-home/>
5. Вплив вологості та конденсації на системи силової електроніки. URL: <https://www.semikron.com/dl/service-support/downloads/download/semikron-application-note-effect-of-humidity-and-condensation-on-power-electronics-systems-en-2016-07-15-rev-00/>. (дата звернення 16.05.2024).
6. Вайсала. (2022). Методи вимірювання вологості. URL: https://www.vaisala.com/sites/default/files/documents/Humidity_measurement_techniques.pdf (дата звернення 16.05.2024).
7. Національний інститут стандартів і технологій (NIST). (2020). Вимірювання вологості. URL: <https://www.nist.gov/publications/humidity-measurement> (дата звернення 16.05.2024).
8. Arduino в Україні. . URL: <https://doc.arduino.ua> (дата звернення 16.05.2024).
9. Arduino – Products. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/Products>(дата звернення 16.05.2024).