

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
„ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА”

Навчально-науковий інститут фізики, математики та інформаційних
технологій

Кафедра інформаційних технологій та систем

Голоцван Іван Миколайович

**ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВЕРСІЇ ЛАБОРАТОРНИЙ
ДИСТИЛЯТОР НА БАЗІ ARDUINO**

кваліфікаційна робота

здобувача вищої освіти першого (бакалаврського) рівня

освітньої програми «Комп’ютерна інженерія»

за спеціальністю 123 Комп’ютерна інженерія

Особистий підпис _____ Іван ГОЛОЦВАН

Науковий керівник _____ Володимир ДОНЧЕНКО,
старший викладач
кафедри інформаційних технологій
та систем

Завідувач кафедри _____ Микола СЕМЕНОВ,
кандидат педагогічних наук, доцент
кафедри інформаційних технологій
та систем

Полтава – 2023

Міністерство освіти і науки України
Державний заклад «Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка»

Факультет (інститут)	Навчально-науковий інститут фізики, математики та інформаційних технологій
	(повна назва)
Кафедра	Інформаційних технологій та систем
	(повна назва)
Освітньо-кваліфікаційний рівень	Бакалавр
	(код, назва)
Напрямок підготовки	123 Комп'ютерна інженерія
	(код, назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ІТС

(підпис) **М.Семенов**
(ініціали, прізвище)
“ ” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Голоцван Іван Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА
ВЕРСІЇ «ЛАБОРАТОРНИЙ ДИСТИЛЯТОР» НА БАЗІ ARDUINO

Керівник кваліфікаційної роботи	Донченко В.Ю. старший викладач кафедри ІТС
	(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом по університету від _____

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до роботи (проекту) _____

(визначаються кількісні або (та) якісні показники, яким повинен відповідати об'єкт розробки)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

(визначаються назви розділів або (та) перелік питань, які повинні увійти до тексту ПЗ)

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) _____

6. Консультанти розділів проекту/роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання „_____” _____ 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Вибір теми роботи, вивчення наукової літератури, затвердження теми та керівника.	До 1 листопада	
2.	Аналіз літературних джерел за темою роботи. Подання структури теоретичної частини роботи та плану експериментальних досліджень.	Другий тиждень листопада (10 листопада)	
3.	Робота над теоретичною частиною. Подання теоретичної частини роботи для першого читання науковим керівником.	До 15 грудня	
4.	Усунення зауважень, урахування рекомендацій наукового керівника. Подання теоретичної частини роботи на друге читання.	До 28 січня	
5.	Проведення експериментальної роботи. Поетапний аналіз та обговорення її результатів. Перевірка стану виконання роботи.	Перший тиждень березня	
6.	Урахування рекомендацій наукового керівника, усунення недоліків, підготовка варіанта роботи до передзахисту. Розробка презентації.	До 31 березня	
7.	Попередній захист роботи на кафедрі	травень	
8.	Доопрацювання роботи з урахуванням рекомендацій після передзахисту. Подання роботи науковому керівникові та рецензентові на підготовку відгуку та рецензії	За 10 днів до державної атестації	
9.	Подання на кафедру остаточного варіанта роботи, переплетеного та підписаного автором, науковим керівником і рецензентом.	За 5 днів до державної атестації	

Студент

І.Голоцван

підпис

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

В.Донченко

підпис

(ініціали, прізвище)

АНОТАЦІЯ

Голоцван І.М.

Тема: Проєктування та розробка версії «лабораторний дистилятор» на базі Arduino

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Установа: ЛНУ імені Тараса Шевченка, 2023 р.

Бакалаврська робота містить: 66 с., 14 рис., 19 джерел, 1 додаток.

Об'єкт дослідження розробка автоматизованих систем на базі Arduino.

Предмет дослідження проєктування та розробка версії «лабораторний дистилятор» на базі Arduino

Мета дослідження – це досягнення точного контролю температури, надійне управління нагріванням та інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс для моніторингу та управління процесом дистиляції

Результати роботи.

Система використовує мікроконтролер Arduino Mega2560 в якості центрального процесора, який забезпечує збір даних, обробку сигналів та управління системою. Різні периферійні модулі, такі як модуль Bluetooth HM-10, звуковий п'єзоелемент BMT-1203UX, OLED-дисплей SSD1306, датчик температури DS18B20, реле SSR-25 DA та матрична клавіатура 4x4, інтегровані в систему для підвищення її функціональності.

Температурний датчик забезпечує показники температури в режимі реального часу, які відображаються на OLED-дисплеї для зручного моніторингу. Користувач може взаємодіяти з системою за допомогою матричної клавіатури 4x4 для запуску процесу дистиляції, встановлення параметрів та доступу до функцій системи. Реле SSR-25 DA забезпечує точний контроль нагріву протягом усього циклу дистиляції.

Висновки. Актуальність проєкту полягає в його здатності автоматизувати лабораторні процеси, забезпечуючи точний контроль температури і точну дистиляцію. Він задовольняє зростаючий попит на автоматизацію в лабораторіях, підвищуючи ефективність і забезпечуючи

стабільну якість продукції. Інтеграція системи з Arduino пропонує гнучку та доступну платформу для дослідників, науковців та ентузіастів для проведення експериментів, вдосконалення процедур та отримання високоякісних дистильованих продуктів.

Ключові слова: лабораторний дистилятор, Arduino, точний контроль температури, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача, процес дистиляції, мікроконтролер Arduino Mega2560,

ABSTRACT

Holotsvan I.

Topic: Design and development of the "laboratory distiller" version based on Arduino

Specialty: 123 "Computer Engineering"

Institution: Luhansk Taras Shevchenko National University, 2023.

Bachelor's thesis contains: 66 p., 14 figures, 19 sources, 1 appendix.

The object of research is the development of automated systems based on Arduino.

The subject of research is the design and development of the "laboratory distiller" version based on Arduino

The aim of the study is to achieve accurate temperature control, reliable heating control and an intuitive user interface for monitoring and controlling the distillation process

Results.

The system uses an Arduino Mega2560 microcontroller as the central processor, which provides data acquisition, signal processing, and system control. Various peripheral modules such as Bluetooth module HM-10, sound piezo element BMT-1203UX, OLED display SSD1306, temperature sensor DS18B20, relay SSR-25 DA and 4x4 matrix keyboard are integrated into the system to enhance its functionality.

The temperature sensor provides real-time temperature readings that are displayed on the OLED display for easy monitoring. The user can interact with the system via the 4x4 matrix keypad to start the distillation process, set parameters and access system functions. The SSR-25 DA relay provides precise heating control throughout the entire distillation cycle.

Conclusions. The relevance of the project lies in its ability to automate laboratory processes, providing precise temperature control and accurate distillation. It meets the growing demand for automation in laboratories, increasing efficiency

and ensuring consistent product quality. The system's integration with Arduino offers a flexible and affordable platform for researchers, scientists, and enthusiasts to conduct experiments, improve procedures, and produce high-quality distilled products.

Keywords: laboratory distiller, Arduino, accurate temperature control, reliable heating control, intuitive user interface, distillation process, Arduino Mega2560 microcontroller,

Міністерство освіти і науки України
Державний заклад «Луганський національний університет
імені Тараса Шевченка»

Факультет (інститут)

Навчально-науковий інститут фізики,
математики та інформаційних технологій

(повна назва)

Кафедра

Інформаційних технологій та систем

(повна назва)

(код, назва)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання програмної розробки (ПР):

**" ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВЕРСІЇ ЛАБОРАТОРНИЙ
ДИСТИЛЯТОР НА БАЗІ ARDUINO "**

ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ

ПОГОДЖЕНО

Керівник кваліфікаційної роботи

Володимир ДОНЧЕНКО

“ ” 2023р

ВИКОНАВЕЦЬ

Студентка групи 4КІ

Іван ГОЛОЦВАН

“ ” 2023р

Рубіжне – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1. ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ	3
2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	3
3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ	4
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ	5
5. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПЛЕКТУЮЧИХ.....	5
6. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПР.....	5
7. ПРИЙМАННЯ	6
8. ПОРЯДОК ВНЕСЕННЯ ЗМІН ДО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ, ЩО ЗАТВЕРДЖЕНО.....	7

					ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Розроб.		Голоцван І.М.									
Керівник		Донченко В.Ю.								2	5
Реценз.		Козуб Ю.Г.						ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.											
Зав. каф.		Семенов М.А..									

ВСТУП

- 1.1 **Найменування:** система контролю лабораторного листялтору на базі Arduino.
- 1.2 **Шифр ПР:** АДР-5
- 1.3 **Підстава до виконання ПР:** Підставою для виконання даної розробки є завдання на дипломний проект.
- 1.4 **Терміни розробки:**
- 1.4.1 Початок 30 жовтня 2022р.
- 1.4.2 Закінчення 20 березня 2023р.
- 1.5 **Фінансується** за рахунок коштів замовника.

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ

1.1. Призначення:

Цей пристрій призначений для контролю лабораторного дистилятора.

2. ТЕХНИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Основним компонентом складу схеми є плата Arduino Mega2560. Ця плата містить мікроконтролер, який виконує обробку даних, керує взаємодією з іншими компонентами та забезпечує управління дистиляційним процесом. Arduino Mega2560 має велику кількість цифрових та аналогових входів та виходів, що дозволяє підключати різноманітні датчики та елементи управління.

Для контролю та регулювання температури використовується герметичний датчик температури DS18B20, який забезпечує точне вимірювання температури у дистиляційній камері. Його вихід підключений до входу аналогового піна на Arduino Mega2560.

Додаткові елементи складу схеми включають годинник реального часу (RTC), який забезпечує точний відлік часу та дати, реле SSR-25 DA для керування нагрівальним елементом, реле SRD-5VDC-SL-C для керування управляючими елементами насоса та ТЕНа, кольоровий графічний екран для відображення даних та інтерфейсу користувача, тактову кнопку для керування певними функціями системи, звуковий п'єзoeлемент BMT-1203UX для

					ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сповіщення про перевищення меж температури та модуль Bluetooth HM-10 для можливості дистанційного керування та моніторингу.

3. АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Розроблена система охоплює в собі кілька етапів функціонування. На першому етапі система ініціалізується та готується до роботи. Проводиться ініціалізація різних компонентів системи. Ардуіно Mega2560 налаштовується для встановлення зв'язку з компонентами. Годинник реального часу налаштовується для вимірювання часу дистиляції. Модуль Bluetooth HM-10 ініціалізується для бездротового зв'язку. Звуковий п'єзоелемент BMT-1203UX налаштовується для відтворення звукових сигналів. Кольоровий графічний екран налаштовується для візуального виведення інформації. Датчик температури DS18B20 ініціалізується для вимірювання температури. Реле SSR-25 DA і SRD-5VDC-SL-C ініціалізуються для керування нагріванням та пристроями відповідно. Тактова кнопка ініціалізується для взаємодії з користувачем. Після цього відбувається основний цикл роботи системи. Спочатку зчитується значення температури з датчика DS18B20, яке потім відображається на кольоровому графічному екрані. Після цього перевіряється стан тактової кнопки. Якщо кнопка натиснута, виконуються наступні дії:

1. Вмикається реле SSR-25 DA для початку процесу дистиляції
2. Запускається годинник реального часу для відліку часу дистиляції.

Якщо кнопка не натиснута, продовжується відображення значення температури.

Перевірка часу дистиляції: на цьому етапі перевіряється, чи досягнуто заданого часу дистиляції. Якщо час дистиляції досягнуто, виконуються наступні дії: вимикається реле SSR-25 DA для зупинки процесу дистиляції, відтворюється звуковий сигнал на п'єзоелементі BMT-1203UX та відображається повідомлення про завершення дистиляції на графічному екрані. Якщо час дистиляції не досягнуто, продовжується відображення значення температури.

Після цього система повертається до початку циклу роботи та повторює процес до зупинки програми. Це забезпечує безперервну роботу системи протягом тривалості процесу дистиляції.

Після завершення процесу дистиляції або при зупинці програми, виконується повне завершення роботи програми.

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ВИМОГИ ДО КІНЦЕВОГО ПРОДУКТУ

Вартість робіт по розробці даної ПР визначається згідно договору на розробку. Вартість запропонованих аналогів повинна забезпечити економічну доцільність їх застосування.

4. ВИМОГИ ДО МАТЕРІАЛІВ ТА КОМПЛЕКТУЮЧИХ

4.1. Вимоги до екологічної безпечності під час експлуатації.

Не пред'являються.

4.2. Спеціальні вимоги до кінцевого продукту.

Не пред'являються.

4.3. Вимоги до безпеки для населення під час експлуатації продукції.

Не пред'являються.

5. ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ПР.

Етапи виконання ПР можуть уточнювати згідно календарного плану робіт по узгодженню між замовником та виконавцем

№	Етапи виконання роботи	Термін виконання та обсяг робіт	звітні матеріали
1	Аналіз розробки програмного комплексу та розробка першої версії. Аналіз вимог. Розробка структури. Попереднє тестування		Частковий програмний комплекс на ЕОМ замовника, що виконує всі основні функції та звітна документація п.8.2
2	Коректування структури. Розробка допоміжних функцій. Розробка остаточної версії програмного		Готовий програмний комплекс на ЕОМ

№	Етапи виконання роботи	Термін виконання та обсяг робіт	звітні матеріали
	комплексу та його опрацювання. Тестування		замовника та звітна документація п.8.2
3	Доопрацювання окремих модулів та навчання користувачів. Розробка звітних матеріалів згідно п.8 цього ТЗ		звітні матеріали згідно пункту 8

6. ПРИЙМАННЯ

7.1. Необхідні вимоги для впровадження ПР та завершення робіт.

Оцінка результатів розробки і доцільність її продовження здійснюється замовником по представленню наступних матеріалів:

- встановлений програмний комплекс на ЕОМ замовника;
- перелік файлів на резервному носії;
- стислий опис роботи ПР та опис всіх файлів, які необхідні для роботи ПР.
- перелік документів
 - Технічне завдання
 - Пояснювальна записка

7.2. Перелік звітних документів, необхідних для прийняття етапів роботи:

- стислий опис результатів етапу у вигляді анотованого звіту(для 1 та 2 етапів);
- частковий програмний комплекс на ЕОМ замовника згідно календарного плану робіт;
- акт приймання продукції.

Звітні матеріали подаються у вигляді звітів на папері по ГОСТ 7.32-91

7.3. Загальний перелік до приймання звітних документів, макетів, експериментальних зразків.

До приймання пред'являються: акт здачі-приймання продукції, акт впровадження ПР.

					<i>ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.4. Тестування ПР

Тестування виконується до "Програми та методики тестування", яка розробляється виконавцем та затверджується замовником

7. ПОРЯДОК ВНЕСЕННЯ ЗМІН ДО ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ, ЩО ЗАТВЕРДЖЕНО.

Дане технічне завдання може уточнюватися в процесі розробки ПР при узгодженні сторін з оформленням доповнень до ТЗ.

					<i>ІТС.4КІ.0323.02-ТЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЗ «ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»**

**Навчально-науковий інститут фізики, математики та
інформаційних технологій**

(назва факультету, інституту)

Інформаційних технологій та систем

(назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

БАКАЛАВРА

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему:

**ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ВЕРСІЇ ЛАБОРАТОРНИЙ
ДИСТИЛЯТОР НА БАЗІ ARDUINO**

Виконав: студент 4 курсу, групи ____
напряму підготовки (спеціальності)

123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Голоцван І.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Донченко В.Ю.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Козуб Ю.Г.

(прізвище та ініціали)

Полтава – 2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1.1. Характеристика об'єкта розробки	14
1.2. Загальні відомості.....	18
1.3. Аналіз існуючих аналогів	22
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА	27
2.1. Склад схеми проекту.....	27
2.2 Характеристика Arduino Mega2560	28
2.3. Характеристика додаткових елементів схеми.....	31
2.4. Взаємодія компонентів схеми БК.....	42
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СХЕМИ	44
3.1. Проектування схеми	44
3.2. Збірка елементів керування для взаємодії з GUI	45
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТКИ	61

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Зміст</i>		
Розроб.		Голоцван І.М.					
Керівник		Донченко В.Ю.					
Реценз.		Козуб Ю.Г.					
Н. Контр.							
Зав. каф.		Семенов М.А.					
					Літ.	Арк.	Аргувів
						10	1
					ЛНУ		
					Кафедра ІТС, Гр.4КІ		

ВСТУП

Актуальність роботи

У сфері наукових досліджень та експериментів потреба в точному і надійному обладнанні є першочерговою. Одним з таких важливих приладів є лабораторний дистилятор, який використовується для розділення та очищення рідин за допомогою процесу дистиляції. Традиційно лабораторні дистилятори були дорогим і складним обладнанням, що обмежувало їхню доступність для великих дослідницьких установ.

Однак з появою апаратних платформ з відкритим вихідним кодом, таких як Arduino, відбулася революція в галузі електроніки. Arduino, мікроконтролерна платформа з відкритим вихідним кодом, пропонує економічно ефективне та універсальне рішення для розробки різноманітних проектів, включаючи лабораторне обладнання. Платформа Arduino забезпечує гнучку і доступну основу для проектування і реалізації складних систем. Її відкритий характер, широка підтримка спільноти та великий спектр сумісних модулів роблять її ідеальним вибором для розробки проекту лабораторного дистилятора. Інтеграція Arduino в процес дистиляції дає можливість дослідникам, науковцям та ентузіастам з легкістю проводити експерименти, вдосконалювати процедури та отримувати високоякісні дистильовані продукти.

Так, використовуючи можливості Arduino, стає можливим інтегрувати в дистилятор точний контроль температури, системи моніторингу та автоматизоване управління процесом. Поєднання доступності, простоти та розширених функцій робить лабораторний дистилятор на базі Arduino привабливим варіантом як для навчальних закладів, так і для невеликих лабораторій.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Голоцван І.М.			Вступ		Літ.	Арк.	Акрушів
Керівник		Донченко В.Ю.						11	3
Реценз.		Козуб Ю.Г.					ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ		
Н. Контр.									
Зав. каф.		Семенов М.А.							

Мета роботи

Досягнення точного контролю температури, надійне управління нагріванням та інтуїтивно зрозумілий користувацький інтерфейс для моніторингу та управління процесом дистиляції

Досягнення поставленої мети передбачає поступове розв'язання таких завдань:

- висвітлення основних атрибутів та типів лабораторних дистиляторів;
- аналіз існуючих аналогів;
- надання характеристики Arduino Mega2560 як основи для розробки;
- огляд додаткових елементів системи;
- розробка блок-схеми та принципова схемі підключення модулів.

Об'єктом дослідження є розробка автоматизованих систем на базі Arduino.

Предметом дослідження є проектування та розробка версії «лабораторний дистилятор» на базі Arduino.

Практичне значення отриманих результатів

Практичне значення результатів полягає у тому, розроблена система на базі Arduino надає зручну та точну автоматизовану систему контролю температури та процесу дистиляції. Це сприяє підвищенню ефективності роботи лабораторій, скороченню людського впливу та забезпеченню однакової якості продукту. Крім того, такі елементи як 4x4 матрична клавіатура та SSD1306 OLED дисплею слугують інструменти дослідження розробки зручного та інтуїтивного зрозумілого інтерфейсу та взаємодії з системою. Це дозволяє дослідникам легко налаштовувати параметри процесу, виконувати вимірювання та контролювати хід дистиляції.

Апробація результатів бакалаврської роботи

Основні положення і результати роботи були апробовані на базі Arduino.

Структура і обсяг роботи

Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків списку використаних джерел, додатків. Обсяг роботи становить 66 сторінок, обсяг використаної літератури – 19 джерел.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перший розділ містить опис особливостей сучасних лабораторних дистиляторів, їх типологія та аналіз існуючих аналогів.

У другому розділі проводиться дослідження проектної частини системи, характеристика основних та додаткових модулів.

Третій розділ охоплює опис загального процесу роботи системи та особливості підключення та взаємодії модулів між собою.

Додатки включають програмні модулі системи.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Характеристика об'єкта розробки

Лабораторні дистилятори – це незамінні інструменти для науковців і дослідників, які займаються очищенням, розділенням і аналізом речовин. Вони призначені для полегшення розділення летких компонентів на основі їх різниці в температурах кипіння. Цей процес дозволяє виділяти потрібні сполуки, очищати домішки та аналізувати складні суміші [3].

Принципи дистиляції:

Дистиляція – це популярний метод розділення в різних галузях промисловості, включаючи хімічну, фармацевтичну та нафтову. Він полягає у виділенні летких компонентів із суміші на основі різниці їхніх температур кипіння. Принцип дистиляції ґрунтується на тому, що при нагріванні суміші компонент з найнижчою температурою кипіння випаровується першим, утворюючи парову фазу. Потім цю пару конденсують і збирають, в результаті чого з суміші виділяють потрібну сполуку [3].

Ключові принципи, що лежать в основі дистиляції, такі [16]:

1. Точка кипіння:

Кожен компонент суміші має певну температуру кипіння, тобто температуру, при якій він переходить з рідкого стану в пароподібний. Температура кипіння визначається тиском пари, який чинить компонент при даній температурі. Компоненти з нижчими температурами кипіння випаровуються легше, ніж компоненти з вищими температурами кипіння.

2. Випаровування:

Коли суміш нагрівається, компонент з найнижчою температурою кипіння починає випаровуватися. Під час нагрівання енергія, що надається суміші, збільшує кінетичну енергію молекул, що призводить до розриву

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ I АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Голоцван І.М.						
Керівник		Донченко В.Ю.					14	13
Реценз.		Козуб Ю.Г.				ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ		
Н. Контр.								
Зав. каф.		Семенов М.А.						

міжмолекулярних сил і переходу з рідкої фази в парову.

3. Конденсація:

Після випаровування парова фаза, що містить летючий компонент, проходить через конденсатор. Конденсатор охолоджує пару, змушуючи її конденсуватися і перетворюватися назад у рідку фазу. Потім цю рідину збирають і відокремлюють від нелетких компонентів.

4. Фракційна дистиляція:

У випадках, коли температури кипіння компонентів суміші відносно близькі, простої дистиляції може бути недостатньо для ефективного розділення. У таких випадках для досягнення кращого розділення застосовують фракційну дистиляцію. Вона передбачає використання фракційної колони, яка забезпечує кілька циклів випаровування-конденсації в дистиляційному апараті. Фракційна колона містить поверхні або пакувальні матеріали, які збільшують площу поверхні, доступну для конденсації, що полегшує розділення компонентів з близькими температурами кипіння.

5. Градієнт температури:

Для забезпечення ефективного розділення в перегінному апараті створюється температурний градієнт. Суміш нагрівається внизу, де температура найвища, тоді як конденсація відбувається вгорі, де температура найнижча. Цей температурний градієнт забезпечує переважне випаровування і подальшу конденсацію компонентів, виходячи з їхніх температур кипіння.

6. Відносна летючість:

Відносна летючість між двома компонентами в суміші визначає легкість їх розділення шляхом дистиляції. Відносна летючість визначається як відношення тисків парів двох компонентів при певній температурі. Компоненти з вищою відносною летючістю легше розділяються, оскільки їх тиски парів значно відрізняються при певній температурі.

7. Теоретичні пластини:

У фракційної дистиляції ефективність розділення часто вимірюється в теоретичних тарілках. Теоретична тарілка являє собою ідеалізовану стадію

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

всередині фракційної колони, де відбувається випаровування і конденсація. Чим більше теоретичних тарілок, тим більший ступінь розділення досягається. На кількість теоретичних тарілок і, відповідно, на ефективність процесу дистиляції впливають різні фактори, такі як конструкція фракційної колони і вибір матеріалів тарілок.

Розуміння принципів дистиляції необхідне для оптимізації процесу розділення, вибору відповідного обладнання та досягнення бажаних результатів з точки зору чистоти і виходу. Ретельно контролюючи такі фактори, як температура, тиск і відносна летючість, дослідники можуть ефективно розділяти і очищати компоненти в сумішах за допомогою методів дистиляції.

Таким чином, лабораторні дистилятори є важливими інструментами в наукових лабораторіях, що полегшують розділення і очищення речовин за допомогою методів дистиляції. Різні типи лабораторних дистиляторів призначені для різних експериментальних сценаріїв, враховуючи такі фактори, як складність суміші, бажана чистота та ефективність розділення.



Рис. 1.1. Зовнішній вигляд та компоненти лабораторного дистилятора

Джерело: [3].

Простий перегінний апарат складається з круглодонної колби, перегінної головки, конденсатора і збірника. Проста перегонка ефективна для сумішей, що містять компоненти з великою різницею температур кипіння, але може бути непридатною для розділення компонентів з близькими температурами кипіння рис. 1.1).

Апарати для фракційної дистиляції включають в себе колонку для фракціонування на додаток до компонентів, присутніх в простій установці для дистиляції. Фракційна колона містить поверхні або пакувальні матеріали, які сприяють численним циклам випаровування-конденсації, що дозволяє розділяти компоненти з близькими температурами кипіння. Цей тип дистилятора підвищує ефективність розділення і ідеально підходить для сумішей з близькими температурами кипіння.

Апарати для вакуумної дистиляції працюють в умовах зниженого тиску, що знижує температуру кипіння компонентів і дозволяє відокремлювати термочутливі речовини. Завдяки зниженню тиску процес дистиляції можна проводити при більш низьких температурах, мінімізуючи термічну деградацію цільових сполук. Вакуумна дистиляція широко застосовується для очищення летких сполук і виділення речовин з низькою температурою кипіння.

Апарати для парової дистиляції спеціально розроблені для вилучення летких сполук з рослинної сировини або інших органічних речовин. Він передбачає введення пари в суміш, що сприяє випаровуванню летких компонентів. Потім пару конденсують і збирають окремо. Парова дистиляція часто використовується у виробництві ефірних олій, оскільки дозволяє виділити ароматичні сполуки, не піддаючи їх впливу високих температур.

Дистилятор Кугельрора – це спеціалізований тип дистилятора, який працює в умовах високого вакууму. Він складається з обертової скляної трубки, що нагрівається зовнішнім джерелом тепла. Обертання і вакуумне середовище полегшують дистиляцію чутливих до температури речовин.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дистиляція Кугельрора зазвичай використовується в дослідницьких умовах, де потрібен точний контроль над температурою і тиском [1].

Також виділяють апарати для дистиляції на спінінговій стрічці включають в себе спінінгову стрічку всередині фракційної колони для підвищення ефективності розділення. Обертальна стрічка створює тонку плівку на стінках колони, збільшуючи площу поверхні для випаровування і конденсації. Цей тип дистиляторів особливо корисний для розділення компонентів з дуже близькими температурами кипіння, що дозволяє досягти високого рівня чистоти.

Апарати для молекулярної дистиляції використовуються для дистиляції речовин з високою молекулярною масою або термочутливих сполук. Він працює в умовах високого вакууму і короткого часу перебування, мінімізуючи вплив високих температур на зразок. Молекулярна дистиляція широко використовується в таких галузях, як фармацевтика, де очищення цінних сполук має вирішальне значення.

Таким чином, різні типи лабораторних дистиляторів знаходять різноманітне застосування в наукових дослідженнях і різних галузях промисловості. Вони використовуються для очищення хімічних речовин, розділення складних сумішей, регенерації розчинників, виробництва ефірних олій та виділення термочутливих сполук.

Отже, лабораторні дистилятори охоплюють цілий ряд типів апаратів, призначених для задоволення конкретних потреб у розділенні в наукових дослідженнях. Кожен тип має унікальні особливості та переваги, що дозволяє дослідникам вибрати найбільш підходящий метод дистиляції для своїх завдань. Розуміючи принципи роботи і застосування різних типів лабораторних дистиляторів, дослідники можуть оптимізувати свої експериментальні процеси, досягти ефективного розділення і отримати речовини високої чистоти для подальшого аналізу і застосування.

1.2. Загальні відомості

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Дистиляція є фундаментальним процесом в різних галузях, включаючи хімію, біохімію і фармацевтику, де розділення і очищення рідин має першорядне значення. Досягнення точного контролю температури і автоматизація процесів дистиляції мають вирішальне значення для забезпечення точності та ефективності процесу розділення. Традиційно дистиляція покладається на ручне управління і моніторинг, що може займати багато часу і бути вразливим до людських помилок процесом [16].

Поява систем на базі мікроконтролерів зробила революцію в способах проведення процесів дистиляції в лабораторних умовах. Ці системи дають можливість точно вимірювати і контролювати температуру, автоматизувати процес дистиляції та пропонують розширені можливості, такі як взаємодія з користувачем, бездротовий зв'язок і моніторинг у реальному часі. Однією з таких систем може стати лабораторний дистилятор, який інтегрує різні апаратні модулі з мікроконтролером Arduino Mega2560 для забезпечення точного контролю температури та полегшення процесів дистиляції [8].

Метою цього проекту є розробка та впровадження лабораторної дистиляторної системи, яка підвищує точність, ефективність та автоматизацію процесів дистиляції. Система складається з декількох апаратних модулів, з'єднаних між собою мікроконтролером Arduino Mega2560, кожен з яких виконує певну функцію в процесі дистиляції. Ці модулі включають датчик температури DS18B20 для вимірювання температури, OLED-дисплей SSD1306 для візуального виводу, 4-контактну кнопку 6х6 для взаємодії з користувачем, модуль Bluetooth HM-10 для бездротового зв'язку, звуковий п'єзoeлемент BMT-1203UX для відтворення звуку та реле SRD-5VDC-SL-C для керування пристроєм [14].

Завдяки інтеграції цих компонентів лабораторна дистиляторна система забезпечує точне вимірювання температури, відображення значень температури в режимі реального часу, запуск процесу дистиляції за допомогою взаємодії з користувачем, бездротовий зв'язок для віддаленого моніторингу та управління, звуковий зворотний зв'язок для сповіщень користувача і контроль над підключеними пристроями. Ця система пропонує

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підвищену точність, ефективність і зручність у порівнянні з традиційними методами дистиляції, що робить її цінним інструментом в лабораторних умовах.

Крім того, лабораторна дистиляторна система пропонує ряд переваг та інноваційних функцій, які покращують процес дистиляції. Однією з ключових переваг є точний контроль температури, що досягається за допомогою датчика температури DS18B20. Цей датчик забезпечує точні температурні показники, що дозволяє дослідникам підтримувати оптимальні умови для випаровування і конденсації. Ретельно відстежуючи і контролюючи температуру, система забезпечує розділення летких компонентів при необхідних температурах, підвищуючи чистоту і вихід дистиляту [2].

Інтеграція OLED-дисплея SSD1306 в лабораторну дистиляторну систему забезпечує візуалізацію значень температури в режимі реального часу. Ця функція дозволяє дослідникам відстежувати хід процесу дистиляції з одного погляду, надаючи цінну інформацію про температурні тенденції і допомагаючи в прийнятті рішень. Візуальний зворотний зв'язок, що надається OLED-дисплеєм, покращує досвід користувача і полегшує швидке коригування або втручання в разі необхідності.

Взаємодія з користувачем – ще один важливий аспект лабораторної дистиляторної системи. Включення 4-контактної кнопки 6x6 дозволяє дослідникам з легкістю запускати і контролювати процес дистиляції. За допомогою інтерфейсу користувача, дослідники можуть відрегулювати температурні параметри або отримати доступ до різних функцій системи. Зручний інтерфейс підвищує ефективність і знижує ймовірність помилок, оскільки дослідники мають прямий контроль над процесом дистиляції [6].

Можливості бездротового зв'язку, пропоновані модулем Bluetooth HM-10, надають додаткову зручність і гнучкість лабораторній дистиляторній системі. Дослідники можуть встановити з'єднання між системою і мобільним пристроєм або комп'ютером, що дозволяє здійснювати віддалений моніторинг і контроль. Ця функція також дозволяє дослідникам стежити за процесом дистиляції на відстані, забезпечуючи свободу багатозадачності або

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

одночасного моніторингу декількох експериментів. Передача даних в режимі реального часу через Bluetooth забезпечує оперативне інформування дослідників про будь-які відхилення або критичні події під час процесу дистиляції [4].

Звуковий зворотний зв'язок – це додаткова функція, вбудована в лабораторну дистиляторну систему. Звуковий п'єзoeлемент BMT-1203UX служить в якості звукового індикатора, генеруючи звукові сигнали або сповіщення під час певних подій або при виконанні заданих умов. Ця функція допомагає дослідникам залишатися в курсі подій, навіть якщо вони не здійснюють активний моніторинг OLED-дисплея або підключених пристроїв. Звукові сигнали можуть вказувати на завершення циклу дистиляції, аномальні коливання температури або будь-які визначені користувачем порогові значення, підвищуючи загальну безпеку та ефективність процесу дистиляції [11].

Керування пристроєм полегшує реле SRD-5VDC-SL-C, інтегроване в лабораторну дистиляторну систему. Це реле дозволяє дослідникам підключати і керувати зовнішніми пристроями, такими як нагрівальні елементи або системи охолодження, забезпечуючи точне регулювання температури під час процесу дистиляції. Функціональність реле може бути налаштована відповідно до конкретних експериментальних вимог, що дозволяє дослідникам адаптувати систему до різних типів дистиляційних установок [14].

Лабораторна дистиляторна система являє собою значне покращення порівняно з традиційними ручними методами дистиляції. Завдяки інтеграції технологій на основі мікроконтролерів, система спрощує та автоматизує процес дистиляції, зменшуючи кількість людських помилок та підвищуючи ефективність. Точний контроль температури, моніторинг в режимі реального часу, взаємодія з користувачем, бездротовий зв'язок, звуковий зворотний зв'язок і функції управління пристроєм - все це разом створює надійну і зручну платформу для лабораторної дистиляції.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Отже, подібна система пропонує комплексне рішення для точних, ефективних і автоматизованих процесів дистиляції в науково-дослідних умовах. Інтеграція різних апаратних модулів з мікроконтролером Arduino Mega2560 забезпечує точне регулювання температури, моніторинг в режимі реального часу, взаємодію з користувачем, бездротовий зв'язок, звуковий зворотній зв'язок і керування пристроєм. Ця система революціонізує традиційні ручні методи дистиляції, надаючи дослідникам розширені можливості, підвищену точність і зручні функції. Лабораторна дистиляторна система служить цінним інструментом в лабораторіях, дозволяючи дослідникам досягати надійних і відтворюваних результатів дистиляції для різних застосувань в хімії, біохімії та фармацевтиці.

1.3. Аналіз існуючих аналогів

Лабораторна дистиляція відіграє важливу роль у багатьох наукових дисциплінах, вимагаючи точного та ефективного розділення рідких компонентів. Для підвищення точності та надійності процесів дистиляції дослідники активно розробляють автоматизовані лабораторні дистилятори. Цей аналіз зосереджений на вивченні існуючих проектів, які намагаються інтегрувати передові технології та інноваційні методології для покращення продуктивності та функціональності лабораторних дистиляторів.

Було проведено систематичний огляд наукової літератури, дослідницьких робіт та відповідних онлайн-ресурсів для виявлення та аналізу існуючих проектів лабораторних дистиляторів. Проекти були відібрані на основі їхньої актуальності для галузі, новизни підходів та наявності детальної інформації про апаратні компоненти, механізми управління, інтерфейси користувача та оцінки продуктивності.

Наприклад, проект автоматизованої система дистиляції з ПІД-регулюванням для фармацевтичних застосувань був спрямований на розробку

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

автоматизованої лабораторної системи дистиляції, спеціально розробленої для фармацевтичних застосувань. Завдяки використанню пропорційно-інтегрально-похідного (ПІД) алгоритму керування, система мала на меті регулювати температуру під час процесу дистиляції, тим самим підвищуючи точність та ефективність очищення фармацевтичних сполук [1].

Основними завданнями проекту були наступні

1. Розробити автоматизовану лабораторну дистиляторну систему, спеціально розроблену для фармацевтичних застосувань.
2. Реалізувати алгоритм ПІД-регулювання для регулювання та підтримання точних температурних умов під час процесу дистиляції.
3. Підвищення точності та ефективності очищення фармацевтичних сполук.
4. Підвищити загальний контроль і можливості моніторингу системи дистиляції.

Проектування системи включало визначення необхідних апаратних компонентів, таких як датчики температури, нагрівальні елементи та схеми управління, для побудови автоматизованої системи дистиляції. Ретельна увага була приділена інтеграції алгоритму ПІД-регулювання в архітектуру системи.

Алгоритм PID-регулювання, широко використовуваний механізм управління зі зворотним зв'язком, був запрограмований і інтегрований в систему. Алгоритм безперервно контролював температуру і регулював нагрівальні елементи для підтримки оптимальних температурних умов для процесу дистиляції.

Крім того: автоматизована система дистиляції складалася з декількох ключових компонентів:

1. Датчики температури: високоточні датчики температури були інтегровані в систему для вимірювання та моніторингу температури в різних точках процесу дистиляції. Ці датчики забезпечували зворотний зв'язок в реальному часі з алгоритмом ПІД-регулювання для точного регулювання температури.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Нагрівальні елементи: система включала електричні нагрівальні елементи, що відповідають за нагрівання дистиляційного апарату. Алгоритм ПД-регулювання регулював потужність, що подається на ці елементи, для підтримання необхідного температурного режиму.

3. ПД-регулятор – це серце системи, який отримував показники температури від датчиків і розраховував необхідні налаштування нагрівальних елементів. Він використовував пропорційне, інтегральне та похідне регулювання, щоб мінімізувати відхилення температури та підтримувати стабільність.

Крім того, був розроблений зручний інтерфейс користувача для того, щоб надати дослідникам можливості контролю та моніторингу. Це дозволило користувачам встановлювати бажані температурні параметри, відстежувати значення температури в реальному часі та переглядати стан системи.

Ще один проект вартий уваги, це розробка бездротового моніторингу і контролю лабораторних процесів дистиляції, який був спрямований на усунення цих обмежень шляхом розробки системи дистиляції з можливостями бездротового зв'язку [10]. Ця система дозволила дослідникам дистанційно контролювати процес дистиляції, підвищуючи зручність і гнучкість роботи.

Основними завданнями проекту були наступні:

1. Розробити лабораторну дистиляторну систему з можливістю бездротового зв'язку.
2. Встановити надійний бездротовий зв'язок між системою дистиляції та центральною станцією моніторингу (комп'ютером).
3. Увімкніть дистанційний моніторинг критичних параметрів, таких як температура, тиск і хід дистиляції.
4. Спрощення дистанційного керування процесом дистиляції, включаючи регулювання налаштувань і запуск або зупинку процесу.

Для забезпечення безпечної та надійної передачі даних були використані відповідні бездротові протоколи та методи шифрування. У цій схемі мікроконтролер слугував центральним процесорним блоком, полегшуючи збір даних, алгоритми управління та бездротовий зв'язок. В той час як бездротові

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

модулі забезпечили зв'язок між системою дистиляції та центральною станцією моніторингу. Для безперебійного з'єднання використовувалися поширені бездротові протоколи Wi-Fi.

Крім того, приводами, такими як нагрівальні елементи або клапани, можливо було керували дистанційно через бездротове з'єднання. Дослідники могли налаштовувати ці приводи для модифікації процесу дистиляції за потреби.

Таким чином, в рамках цього проекту було успішно розроблено систему дистиляції з можливостями бездротового зв'язку, що дозволяє дослідникам дистанційно контролювати процес дистиляції та керувати ним. Впровадження мікроконтролера та бездротових модулів забезпечило безперебійне підключення та передачу даних в режимі реального часу на центральну станцію моніторингу. Ця бездротова система моніторингу та управління забезпечує зручність, гнучкість і підвищену ефективність лабораторних процесів дистиляції, сприяючи розширенню дослідницьких можливостей і підвищенню продуктивності.

Ще один проект вартий уваги – це розумна система дистиляції з аналізом даних у режимі реального часу, яка мала на меті підвищити ефективність і чистоту процесу дистиляції шляхом інтеграції сучасних датчиків, зокрема газової хроматографії, в лабораторну дистиляційну систему [12]. Ця система дозволила проводити аналіз складу дистиляту в режимі реального часу, надаючи цінну інформацію про процес розділення. Дослідники можуть контролювати та оптимізувати процес дистиляції на основі результатів аналізу, що призводить до підвищення ефективності та чистоти.

Збір даних здійснювався в режимі реального часу, фіксуючи склад дистиляту під час процесу дистиляції. Отримані дані були оброблені та проаналізовані з використанням відповідних алгоритмів і методів для отримання відповідної інформації. Дослідники використали результати аналізу для оптимізації параметрів процесу дистиляції. Були внесені корективи в температуру, тиск, швидкість потоку та інші відповідні змінні для підвищення ефективності та чистоти.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для аналізу складу дистиляту в режимі реального часу в систему дистиляції був інтегрований сучасний датчик газової хроматографії. Цей датчик надавав точну і детальну інформацію про компоненти суміші та їх концентрацію.

Централізована система збору даних полегшила збір даних з датчика газової хроматографії в режимі реального часу. Вона включала відповідні схеми формування сигналу та перетворювачі даних для забезпечення надійного збору даних.

Водночас, блок аналізу та обробки даних обробляв і аналізував отримані дані, використовуючи відповідні алгоритми і методи. Було отримано ключову інформацію про склад дистиляту, таку як ідентифікація компонентів, концентрація та чистота.

Отже, як можна побачити з прикладів наведених раніше, багато проектів у цій сфері концентрується на процесі автоматизації та наданні дослідникам можливостей приймати рішення на основі даних у режимі реального часу та дистанційну подібно нашому. Ці проекти мають потенціал для значного впливу на сферу дистиляції завдяки покращенню контролю процесу та оптимізації на основі даних в лабораторних умовах.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

2.1. Склад схеми проекту

Склад схеми проекту включає компоненти, які використовуються для реалізації функціональності лабораторного дистилятора. Кожен компонент має свою роль у системі та взаємодіє з іншими компонентами для забезпечення ефективності та надійності процесів дистиляції.

Основним компонентом складу схеми є плата Arduino Mega2560. Ця плата містить мікроконтролер, який виконує обробку даних, керує взаємодією з іншими компонентами та забезпечує управління дистиляційним процесом. Arduino Mega2560 має велику кількість цифрових та аналогових входів та виходів, що дозволяє підключати різноманітні датчики та елементи управління.

Для контролю та регулювання температури використовується герметичний датчик температури DS18B20, який забезпечує точне вимірювання температури у дистиляційній камері. Його вихід підключений до входу аналогового піна на Arduino Mega2560.

Додаткові елементи складу схеми включають годинник реального часу (RTC), який забезпечує точний відлік часу та дати, реле SSR-25 DA для керування нагрівальним елементом, реле SRD-5VDC-SL-C для керування управляючими елементами насосу та ТЕНа, кольоровий графічний екран для відображення даних та інтерфейсу користувача, тактову кнопку для керування певними функціями системи, звуковий п'єзoeлемент BMT-1203UX для сповіщення про перевищення меж температури та модуль Bluetooth HM-10 для можливості дистанційного керування та моніторингу.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ II ПРОЕКТНА ЧАСТИНА		
Розроб.		Голоцван І.М					
Керівник		Донченко В.Ю.					
Реценз.		Козуб Ю.Г.					
Н. Контр.							
Зав. каф.		Семенов М.А.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						27	17
					ЛНУ		
					Кафедра ІТС, Гр.4КІ		

Склад схеми проекту забезпечує повноту функціональності лабораторного дистилятора, включаючи контроль температури, керування нагріванням та управління іншими елементами системи. Взаємодія між цими компонентами забезпечує ефективну та надійну роботу дистилятора під час проведення лабораторних експериментів.

2.2. Характеристика Arduino Mega2560

Arduino Mega2560 є мікроконтролерною платою, яка забезпечує реалізацію функціональності лабораторного дистилятора. Цей мікроконтролер має широкий спектр можливостей та характеристик, що роблять його відповідним вибором для цієї розробки.

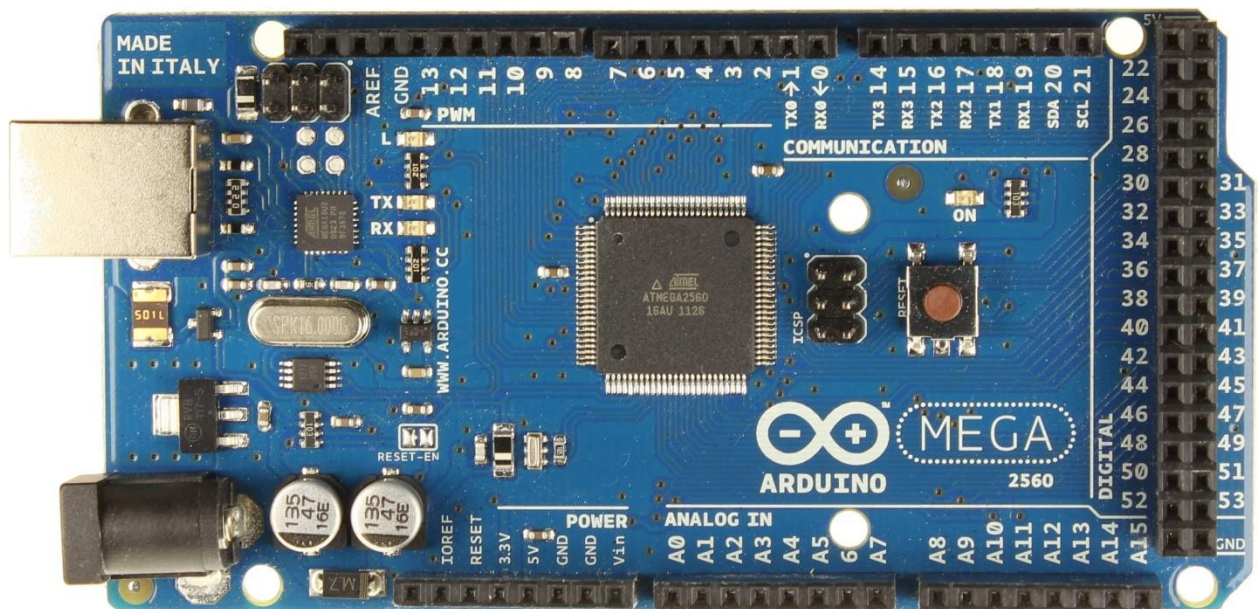


Рис. 2.1. Arduino Mega2560

Джерело: [8].

Однією з ключових характеристик Arduino Mega2560 є його потужний мікроконтролер ATmega2560 з тактовою частотою 16 МГц. Цей мікроконтролер має велику кількість входів та виходів, включаючи 54 цифрових входи/виходи (з яких 15 можуть бути використані як ШІМ-виходи), 16 аналогових входів та 4 UART-порти для забезпечення комунікації з іншими пристроями.

Arduino Mega2560 також має вбудовану пам'ять, що дозволяє зберігати програми та дані. Вона складається з 256 кілобайт флеш-пам'яті (в якій

зберігається програмне забезпечення), 8 кілобайт ОЗП для зберігання змінних та 4 кілобайт EEPROM для зберігання постійних даних.

Arduino Mega2560 підтримує різноманітні інтерфейси, включаючи I2C, SPI та CAN, що дозволяє забезпечити зв'язок з іншими пристроями та розширити можливості системи. Крім того, ця плата має USB-порт для з'єднання з комп'ютером, що спрощує програмування та відладку.

Arduino Mega2560 підтримує використання різноманітних програмних бібліотек та середовищ розробки, зокрема Arduino IDE, що робить його доступним та зручним для розробників. Це сприяє швидкому розробленню програмного забезпечення для управління дистиляційним процесом хі.

Загальна характеристика Arduino Mega2560 показує його потужність та гнучкість у виконанні завдань, пов'язаних з управлінням та контролем різноманітних елементів лабораторного дистилятора. Цей мікроконтролер є надійною основою для реалізації функціональності проекту та забезпечує високу продуктивність та точність управління дистиляційним процесом.

Arduino Mega2560 також має значну кількість входів і виходів, що надає широкі можливості для забезпечення взаємодії з різноманітними зовнішніми пристроями та сенсорами. Це дозволяє розширити функціональність системи та забезпечити потрібні взаємодії з навколишнім середовищем. Усього плата має 54 цифрових входи/виходи (digital I/O pins). З них 15 можуть бути використані як вихідні ШІМ-сигнали (PWM – Pulse Width Modulation), що дозволяє генерувати аналогові сигнали з допомогою ширини імпульсів. Кожен цифровий пін може працювати як вхід або вихід, залежно від налаштувань програми [9].

У мікроконтролера Arduino Mega2560 також є 16 аналогових входів (analog input pins). Ці піни дозволяють зчитувати аналогові значення, наприклад, з датчиків аналогових сигналів. Кожен аналоговий вхід може зчитувати значення в діапазоні від 0 до 5 вольт. Таким чином, Arduino Mega2560 має два ряди загального призначення (General Purpose Input/Output, GPIO) пінів, що дозволяють підключати зовнішні пристрої. Також на платі є

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роз'єми I2C та SPI, які дозволяють підключати датчики, дисплеї та інші пристрої, що підтримують ці інтерфейси.

Arduino Mega2560 також підтримує комунікацію з різними пристроями за допомогою різних інтерфейсів. Він має 4 UART-порти (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), що дозволяють передавати та отримувати дані за допомогою протоколу UART. Крім того, плата підтримує з'єднання за допомогою I2C (Inter-Integrated Circuit), SPI (Serial Peripheral Interface) та CAN (Controller Area Network).

Плата також має USB-порт, який дозволяє підключати його до комп'ютера чи іншого пристрою для програмування та відладки. USB-порт може бути використаний як вхід/вихід для передачі даних між Arduino та комп'ютером.

Ці багатофункціональні входи і виходи Arduino Mega2560 надають розробникам широкий спектр можливостей для підключення, керування та зчитування даних від різних пристроїв та сенсорів. Це робить Arduino Mega2560 потужним і гнучким інструментом для реалізації різних проектів, включаючи лабораторний дистилятор.

Отже, залежно від вимог проекту, можлива сумісність з різними платами розширення для розширення функціональності та забезпечення більшої гнучкості системи.

Розміри Arduino Mega2560 складають близько 101.52 мм (довжина) x 53.3 мм (ширина), що робить його достатньо компактним для інтеграції у проект. На платі розміщені роз'єми, які дозволяють підключати додаткові пристрої та плати розширення, що розширюють можливості системи.

Arduino Mega2560 має загальної сумісність з багатьма платами розширення, які базуються на стандартних інтерфейсах, таких як I2C, SPI та UART. Це означає, що плата може бути легко поєднана з іншими пристроями та модулями, такими як датчики, дисплеї, актуатори та інші пристрої, що розширюють функціональність проекту.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Характеристика додаткових елементів схеми

Герметичний датчик температури DS18B20 є електронним пристроєм, який використовується для вимірювання температури у лабораторному дистилляторі. Він забезпечує точне та надійне вимірювання температури, що дозволяє контролювати процеси нагрівання та охолодження у системі.

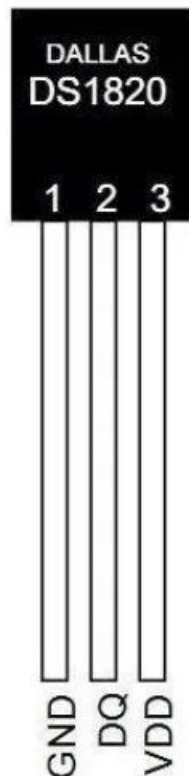


Рис. 2.2. Герметичний датчик температури DS18B20

Джерело: [2].

Характеристики герметичного датчика температури DS18B20 включають робочий діапазон температур, який може бути, наприклад, від -55°C до +125°C, роздільну здатність, що визначає мінімальний вимірюваний крок температури, точність вимірювання, яка може бути в межах $\pm 0.5^\circ\text{C}$, а також час відгуку, що вказує на швидкість оновлення вимірювань.

Датчик DS18B20 використовує цифровий інтерфейс 1-Wire, що дозволяє передавати дані температури через один єдиний провід. Це спрощує

підключення та комунікацію з Arduino Mega2560. Він також має вбудований унікальний ідентифікатор, що дозволяє однозначно ідентифікувати кожен окремий датчик у системі.

Герметична конструкція датчика забезпечує його захист від вологи та пилу, що робить його відповідним для використання у вологості та агресивних умовах. Крім того, датчик має малі фізичні розміри, що дозволяє легко встановлювати його у систему.

Таким чином, герметичний датчик температури DS18B20 є надійним та точним пристроєм, який дозволяє вимірювати температуру у лабораторному дистиляторі з високою точністю та стабільністю. Це важливий компонент, що допомагає контролювати температурні умови та забезпечувати безпеку та ефективність процесу.

Годинник реального часу (RTC) – це електронний пристрій, який використовується для точного вимірювання та відстеження часу у лабораторному дистиляторі. Він забезпечує можливість отримання актуальної інформації про час та дату, що є важливим для синхронізації подій, регуляції таймерів та контролю системних процесів.

Модуль годинника реального часу побудований на основі моделі DS3231, яка спеціально призначена для роботи з платами Arduino, включаючи Arduino MEGA.

Цей елемент використовується у лабораторному дистиляторі для точного вимірювання та відстеження часу, що дозволяє контролювати синхронізацію та виконання різних подій у системі, забезпечує правильну роботу таймерів та регулювання системних процесів.

Реле SSR-25 DA відіграє вирішальну роль у проекті лабораторного дистилятора, забезпечуючи ефективний і надійний контроль над нагрівальним елементом.

Реле SSR-25 DA – це твердотільне реле, призначене для керування навантаженнями змінного струму. Воно має кілька ключових характеристик, які роблять його придатним для проекту лабораторного дистилятора:



Рис. 2.3. Реле SSR-25 DA

Джерело: [5].

Реле SSR-25 DA здатне працювати в діапазоні напруги навантаження 24-380 В змінного струму, що робить його сумісним з типовими вимогами до потужності нагрівальних елементів, які використовуються в процесах дистиляції. Воно має номінальний струм навантаження 25 А, що дозволяє йому ефективно керувати значними рівнями потужності.

На відміну від традиційних електромеханічних реле, в реле SSR-25 DA використовується напівпровідникова конструкція з використанням напівпровідникових пристроїв, таких як тиристори або симістори. Така конструкція усуває потребу в рухомих частинах, що призводить до швидшого часу відгуку, підвищеної надійності та зменшення зносу. Відсутність механічних контактів також знижує ризик виникнення дуги, підвищуючи загальну безпеку системи.

Крім того, реле SSR-25 DA має оптично ізольовані входи керування, що забезпечує електричну ізоляцію між ланцюгом керування та ланцюгом навантаження. Ця ізоляція запобігає впливу перешкод і стрибків напруги на сигнали керування, забезпечуючи підвищену стабільність і захист від електричних перешкод.

Також варто зазначити, що реле SSR-25 DA має функцію перемикання з нульовим перетином. Це означає, що воно вмикає ланцюг навантаження, коли змінна напруга перетинає нуль, мінімізуючи перехідні процеси струму та зменшуючи навантаження на підключені пристрої. Перемикання з нульовим перетином допомагає зменшити електричні шуми і підвищує загальну ефективність процесу дистиляції. Таким чином, реле SSR-25 DA розроблено для ефективного відведення тепла, забезпечуючи оптимальну продуктивність і запобігаючи перегріванню. Воно оснащено радіаторами і відповідними заходами терморегулювання для підтримки безпечної робочої температури навіть в умовах високих навантажень.

Реле SSR-25 DA використовує вхідний інтерфейс керування, сумісний з мікроконтролером Arduino Mega2560. Цей інтерфейс дозволяє мікроконтролеру вмикати або вимикати реле відповідно до вимог процесу дистиляції та введених користувачем даних. Реле можна контролювати через цифровий вихід мікроконтролера, що спрощує інтеграцію і управління нагрівальним елементом в лабораторну дистиляторну систему.

Таким чином, реле SSR-25 DA має важливі характеристики, які роблять його ідеальним компонентом для управління нагрівальним елементом в лабораторному дистиляторі. Його навантажувальна здатність, твердотільна конструкція, оптично ізольоване керування, перемикання з нульовим перетином, можливості розсіювання тепла і сумісність з Arduino Mega

Реле SRD-5VDC-SL-C є електромеханічним реле, яке використовується в лабораторному дистиляторі для керування різними електричними навантаженнями. Воно працює на основі принципу електромагнітної індукції та забезпечує комутацію електричних сигналів та керування процесами в системі.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

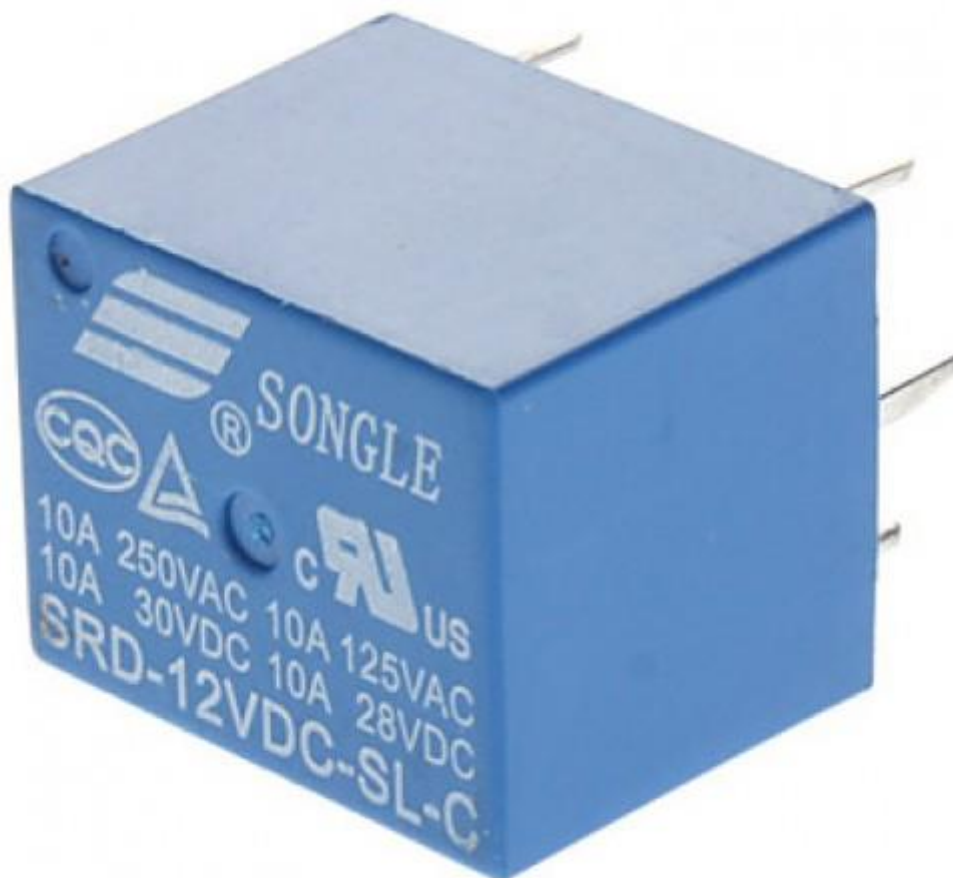


Рис. 2.4. Реле SRD-5VDC-SL-C

Джерело: [14].

Основні характеристики реле SRD-5VDC-SL-C включають робочу напругу, яка становить 5VDC, що визначає необхідну напругу для активації реле та його роботи. Воно також має контакти для керування, зазвичай NO (Normally Open – звичайно відкритий) та NC (Normally Closed - звичайно закритий), що дозволяє використовувати реле для різних типів керування та комутації.

Реле SRD-5VDC-SL-C має механічну конструкцію з контактами, що забезпечують надійну комутацію електричних сигналів. Воно характеризується низьким рівнем шуму та мінімальним контактним опором, що забезпечує ефективну передачу сигналів і мінімізує втрати.

Додатково, реле SRD-5VDC-SL-C має вбудований діодний резистор для захисту від випромінювання електричного шуму та реверсного струму, що дозволяє забезпечити стабільну роботу реле та запобігти можливим пошкодженням.

Це реле зазвичай використовується для комутації низьковольтних сигналів і навантажень, таких як лампи, мотори, соленоїди та інші пристрої. Воно забезпечує надійне керування та комутацію сигналів в системі, що дозволяє забезпечити потрібний функціонал та стабільність роботи лабораторного дистилятора.

OLED-дисплей SSD1306 є ключовим компонентом проекту лабораторного дистилятора, який слугує візуальним інтерфейсом для представлення інформації користувачеві. Цей розділ має на меті надати всебічний опис та аналіз характеристик OLED-дисплея SSD1306, висвітлити його технічні характеристики та функціональні можливості в рамках проекту.



Рис. 2.5. Екран SSD1306 OLED

Джерело: [13].

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

OLED-дисплей SSD1306 має кілька важливих характеристик, які сприяють його придатності для проекту лабораторного дистилятора:

1. В OLED-дисплеї SSD1306 використовується технологія органічних світлодіодів (OLED). OLED-дисплеї мають ряд переваг над традиційними рідкокристалічними дисплеями (РК-дисплеями), включаючи вищий коефіцієнт контрастності, ширші кути огляду, швидший час відгуку і здатність відтворювати справжні чорні кольори за рахунок індивідуального освітлення кожного пікселя.

2. OLED-дисплей SSD1306 зазвичай має роздільну здатність 128x64 пікселів, що забезпечує достатню площу екрана для відображення важливої інформації в чіткому та зручному для читання форматі. Фізичний розмір дисплея може відрізнятися, але зазвичай він становить близько 0,96 дюйма по діагоналі, пропонуючи компактну, але достатньо видиму область дисплея.

3. OLED-дисплей SSD1306 – це монохромний дисплей, який зазвичай має білі пікселі на чорному тлі. Хоча монохромний дисплей не підтримує кольорові зображення, він дуже ефективно передає основну інформацію і мінімізує енергоспоживання, що робить його придатним для застосувань, де простота і енергоефективність мають вирішальне значення.

4. OLED-дисплей SSD1306 використовує протокол інтерфейсу I2C (Inter-Integrated Circuit), що забезпечує безперебійний зв'язок з мікроконтролером Arduino Mega2560. Інтерфейс I2C полегшує передачу даних і керуючих сигналів між мікроконтролером і дисплеєм, спрощуючи процес інтеграції та забезпечуючи ефективну передачу даних.

5. OLED-дисплей SSD1306 підтримує ряд шрифтів і графічних можливостей, що дозволяє відображати алфавітно-цифрові знаки, символи і навіть базову графіку. Ця універсальність дозволяє чітко і лаконічно відображати на дисплеї показання температури, інформацію про стан і підказки користувача, покращуючи досвід користувача і полегшуючи взаємодію з лабораторною дистиляторною системою.

Цей елемент також відомий своїм низьким енергоспоживанням. Він споживає енергію тільки тоді, коли підсвічуються окремі пікселі, що

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

забезпечує енергоефективну роботу. Ця властивість особливо важлива в додатках з живленням від батареї або енергоємних пристроях, забезпечуючи тривалий час роботи і знижуючи вимоги до енергоспоживання.

Тактова кнопка 6x6 Н9 є одним із елементів схеми лабораторного дистилятора, який використовується для введення користувацьких команд та керування пристроєм. Вона має особливу конструкцію, яка забезпечує механічне натискання і відпускання, викликаючи зміну електричного сигналу при натисканні.



Рис. 2.6. Тактова кнопка 6x6 Н9, 4-pin

Джерело: [6].

Тактова кнопка 6x6 Н9, 4-pin має наступні характеристики:

1. Розмір: 6x6 мм (10,2x10,2 мм)
2. Висота: 4,4 мм (деякі варіації можуть мати дещо інші розміри)
3. Кількість контактів: 4 контакти (A1, A2, B1, B2)
4. Сила спрацьовування: зазвичай близько 15-30 грамів
4. Життєвий цикл: Від 50 000 до 100 000 спрацьовувань
5. Номінальний струм: Зазвичай 50 мА або нижче
6. Робоча температура: Зазвичай від -20°C до 85°C

Ці тактильні перемикачі широко використовуються в електронних схемах завдяки їхній доступності та придатності для монтажу на друкованих

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

платах. Вони забезпечують тактильний зворотний зв'язок при натисканні, що робить їх придатними для таких застосувань, як кнопки на дисплеї цифрового годинника.

При підключенні 4-контактного тактильного перемикача 6x6 Н9 до Arduino Mega ви можете використовувати один з 54 цифрових входів/виходів, доступних на платі. Перемикач можна підключити до мікроконтролера за допомогою простої схеми.

Звуковий п'єзоелемент ВМТ-1203UX є ще одним із додаткових елементів схеми лабораторного дистилятора, який використовується для відтворення звукових сигналів або сигналів сповіщення. Він має спеціальну конструкцію, що дозволяє перетворювати електричний сигнал у звукові коливання.



Рис. 2.7. Звуковий п'єзоелемент ВМТ-1203UX

Джерело: [11].

Звуковий п'єзоелемент ВМТ-1203UX має наступні характеристики:

1. Монтаж: технологія наскрізного отвору (ТНТ)
2. Робоча напруга: 30 мА.
3. Робоча температура: від -20°C до 70°C.
4. Діаметр: 12 мм.

Таким чином, звуковий п'єзоелемент ВМТ-1203UX є важливим компонентом схеми лабораторного дистилятора, який дозволяє відтворювати звукові сигнали або сповіщення. Його характеристики, включаючи акустичну чутливість, робочу напругу, резонансну частоту, діапазон частот, механічну

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкцію та електричні параметри, визначають його функціональні можливості та застосування у системі.

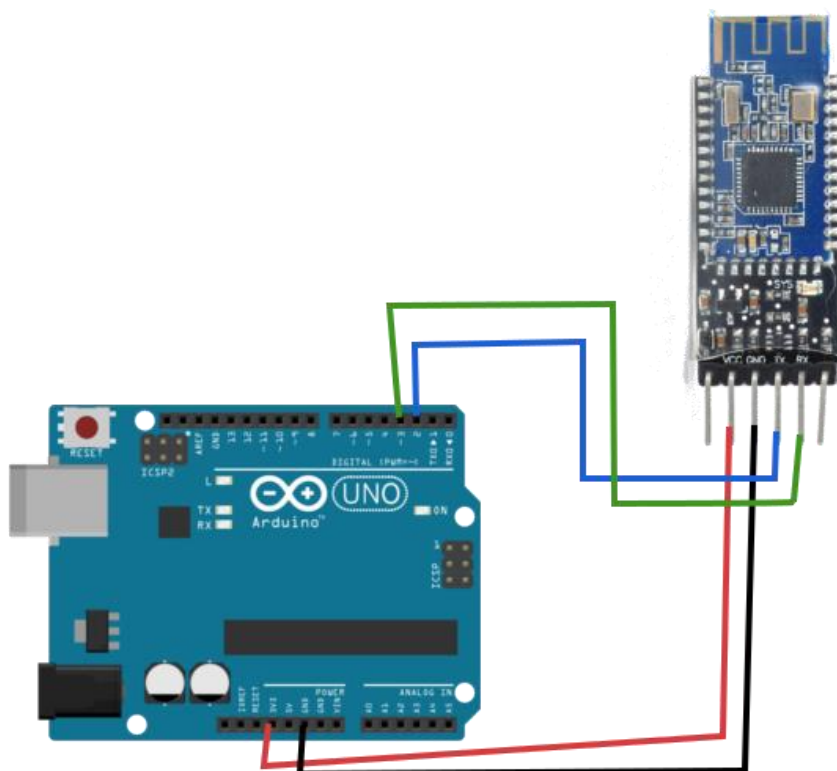


Рис. 2.8. Arduino – відправка рядка через Bluetooth за допомогою HM-10

Джерело: розроблено автором за [4].

Модуль Bluetooth HM-10 – це модуль Bluetooth 4.0 з підтримкою технології Bluetooth Low Energy (BLE). Він базується на системній мікросхемі Texas Instruments CC2540 або CC2541 BLE System SoC (система на кристалі). Модуль передає в діапазоні 2,4 ГГц ISM, як традиційний Bluetooth. Як і всі BLE-пристрої, HM-10 має набір послуг, і кожна послуга має набір пов'язаних з нею характеристик:

1. HM-10 потребує живлення від 2,5 В до 3,3 В і споживає до 50 мА. Він споживає близько 9 мА в активному стані і 50-200 мкА в сплячому режимі. Потужність радіочастот -23dbm, -6dbm, 0dbm, 6dbm
2. Підключення UART: HM-10 управляється за допомогою AT-команд, що надсилаються через послідовне з'єднання UART

3. Сумісність: НМ-10 - це лише модуль на базі Bluetooth 4.0, тому він не буде підключатися до модулів Bluetooth 2/2.1, таких як HC-05, HC-06 та інших модулів Bluetooth.

Таким чином, модуль НМ-10 популярний для використання з Arduino завдяки стандартному послідовному з'єднанню UART, що робить його досить простим для підключення до Arduino

Для розробки програмної частини було використано Fritzing – це ініціатива з відкритим вихідним кодом, спрямована на розробку та проектування електронного обладнання. Він був розроблений в Університеті прикладних наук Потсдама і побудований з використанням відкритого вихідного коду Qt [17].

Fritzing надає користувачам інструмент для розробки схем, схем та створення макетів друкованих плат maker.pro. Його мета – запропонувати прості інструменти для документування та обміну проектами фізичних обчислень, створення макетів друкованих плат (PCB) та викладання електроніки/

Інтерфейс користувача Fritzing складається з декількох компонентів, включаючи Project View, Palette Windows і Part Creator fritzing.org. Project View дозволяє користувачам створювати і редагувати віртуальні електронні схеми у вигляді макетної плати, схеми або друкованої плати. Вікна палітри включають бібліотеку деталей, інспектор деталей, історію відміни та навігатор. Part Creator – це інструмент для модифікації деталей або створення нових деталей для Fritzing.

Основний робочий процес Fritzing передбачає створення реальної схеми, відновлення схеми у Fritzing, редагування схеми, зміну властивостей деталі, перемикання між режимами перегляду проекту, проектування макету друкованої плати та документування проекту.

Таким чином, Fritzing є потужним інструментом для просування електронного прототипування і може використовуватися з платами для швидкого прототипування, такими як Arduino.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

2.4. Взаємодія компонентів схеми БК

Взаємодія компонентів схеми БК (блок-схеми) є важливим аспектом проектування та розробки електронних систем. Кожен компонент в схемі має свої особливості та характеристики, які впливають на його взаємодію з іншими компонентами. Нижче наведено докладну характеристику взаємодії деяких ключових компонентів схеми БК.

Взаємодія мікроконтролера Arduino Mega2560 з іншими компонентами:

1. Arduino Mega2560 може співпрацювати з різними сенсорами та пристроями, наприклад, датчиками температури, вологості, руху тощо. Це досягається за допомогою використання входів/виходів (GPIO) та засобів комунікації, таких як I2C, SPI або UART.

2. Мікроконтролер може керувати реле SSR-25 DA та реле SRD-5VDC-SL-C для управління електричними навантаженнями, використовуючи свої виходи та цифрові сигнали.

3. Arduino Mega2560 може отримувати дані від герметичного датчика температури DS18B20, використовуючи протокол 1-Wire, та обробляти ці дані для подальшого використання.

Взаємодія додаткових елементів схеми:

1. Модуль Bluetooth HM-10 дозволяє безпроводову комунікацію з іншими пристроями, такими як смартфони або комп'ютери, за допомогою Bluetooth-зв'язку. Це дозволяє передавати дані між схемою та зовнішніми пристроями.

2. Годинник реального часу забезпечує точний відлік часу і дати. Він може використовуватись для синхронізації подій в електронній системі або для ведення журналу подій з точними датами та часами.

3. Кольоровий графічний екран може відображати графіку, текст та символи з високою якістю зображення. Він дозволяє створювати інтерактивний інтерфейс для користувача, що спрощує взаємодію з електронною системою.

4. Тактова кнопка забезпечує можливість взаємодії користувача з електронною системою. Вона використовується для виконання певних дій або активації певних функцій при натисканні.

Як результат, взаємодія компонентів схеми БК визначається їх функціональністю, електричними параметрами та можливостями комунікації. Кожен компонент вносить свій внесок у функціонування системи, доповнюючи та взаємодіючи з іншими компонентами для досягнення бажаного функціоналу та результату.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СХЕМИ

3.1. Проектування схеми

Розроблена система охоплює в собі кілька етапів функціонування. На першому етапі система ініціалізується та готується до роботи. Проводиться ініціалізація різних компонентів системи. Ардуіно Mega2560 налаштовується для встановлення зв'язку з компонентами. Годинник реального часу налаштовується для вимірювання часу дистиляції. Модуль Bluetooth HM-10 ініціалізується для бездротового зв'язку. Звуковий п'єзoeлемент BMT-1203UX налаштовується для відтворення звукових сигналів. Кольоровий графічний екран налаштовується для візуального виведення інформації. Датчик температури DS18B20 ініціалізується для вимірювання температури. Реле SSR-25 DA і SRD-5VDC-SL-C ініціалізуються для керування нагріванням та пристроями відповідно. Тактова кнопка ініціалізується для взаємодії з користувачем.

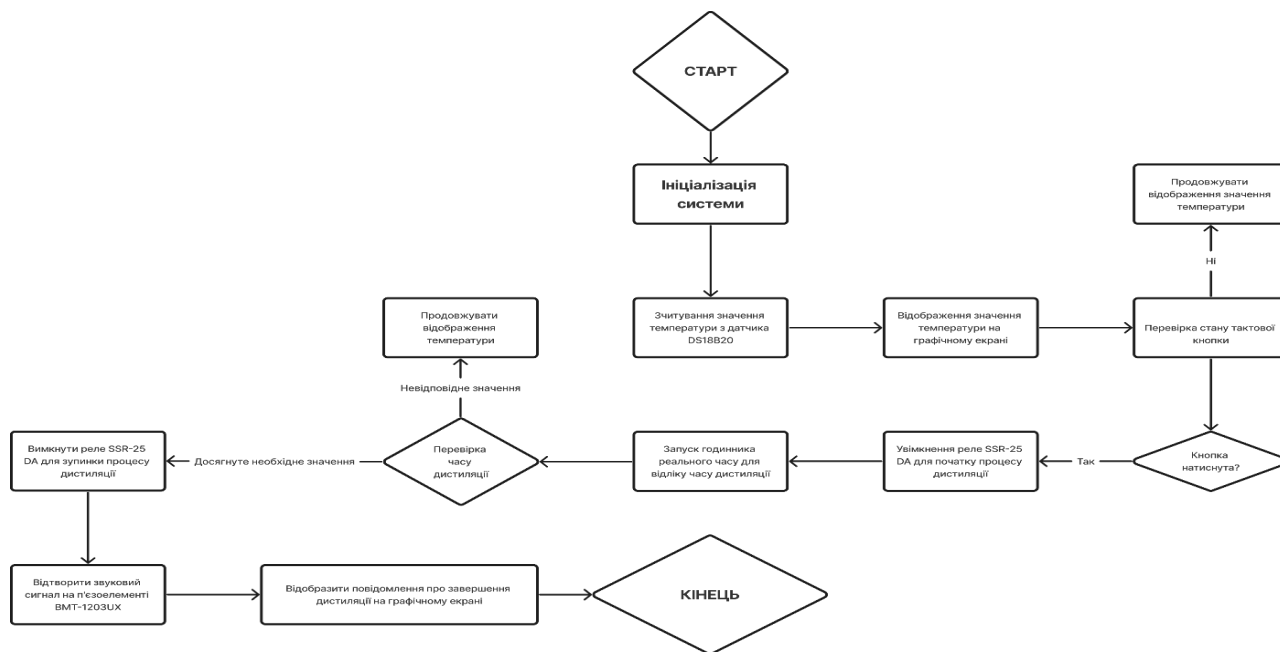


Рис. 3.1. Блок-схема проекту

Джерело: розроблено автором за [9].

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗДІЛ III РОЗРОБКА СХЕМИ		
Розроб.		Голоцван І.М.					
Керівник		Донченко В.Ю.					
Реценз.		Козуб Ю.Г.					
Н. Контр.							
Зав. каф.		Семенов М.А.			Літ.		
					Арк.		
					Аркушів		
					44		
					12		
					ЛНУ		
					Кафедра ІТС, Гр.4КІ		

Після цього відбувається основний цикл роботи системи. Спочатку зчитується значення температури з датчика DS18B20, яке потім відображається на кольоровому графічному екрані. Після цього перевіряється стан тактової кнопки. Якщо кнопка натиснута, виконуються наступні дії:

1. Вмикається реле SSR-25 DA для початку процесу дистиляції
2. Запускається годинник реального часу для відліку часу дистиляції.

Якщо кнопка не натиснута, продовжується відображення значення температури.

Перевірка часу дистиляції: на цьому етапі перевіряється, чи досягнуто заданого часу дистиляції. Якщо час дистиляції досягнуто, виконуються наступні дії: вимикається реле SSR-25 DA для зупинки процесу дистиляції, відтворюється звуковий сигнал на п'єзоелементі BMT-1203UX та відображається повідомлення про завершення дистиляції на графічному екрані. Якщо час дистиляції не досягнуто, продовжується відображення значення температури.

Після цього система повертається до початку циклу роботи та повторює процес до зупинки програми. Це забезпечує безперервну роботу системи протягом тривалості процесу дистиляції.

Після завершення процесу дистиляції або при зупинці програми, виконується повне завершення роботи програми.

3.2. Збірка елементів керування для взаємодії з GUI

OLED-дисплей SSD1306, важливий модуль лабораторного дистилятора, вимагає ретельної процедури підключення для забезпечення його належної функціональності. Щоб забезпечити необхідне живлення для OLED-дисплея SSD1306, вивід VCC (напруга спільного колектора) дисплея слід підключити до виводу 5V Arduino Mega2560. Це з'єднання гарантує, що OLED-дисплей отримає відповідний рівень напруги для ефективної роботи. Дуже важливо переконатися, що напруга живлення знаходиться в межах робочого діапазону,

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вказаного виробником дисплея, щоб уникнути будь-яких потенційних пошкоджень.

Вивід GND (заземлення) OLED-дисплея SSD1306 слід підключити до виводу GND Arduino Mega2560. Це з'єднання слугує точкою заземлення для OLED-дисплея, забезпечуючи стабільне електричне з'єднання і проходження струму між дисплеєм і мікроконтролером. Встановлення правильного заземлення є життєво важливим для підтримки цілісності сигналу і мінімізації потенційних електричних перешкод.

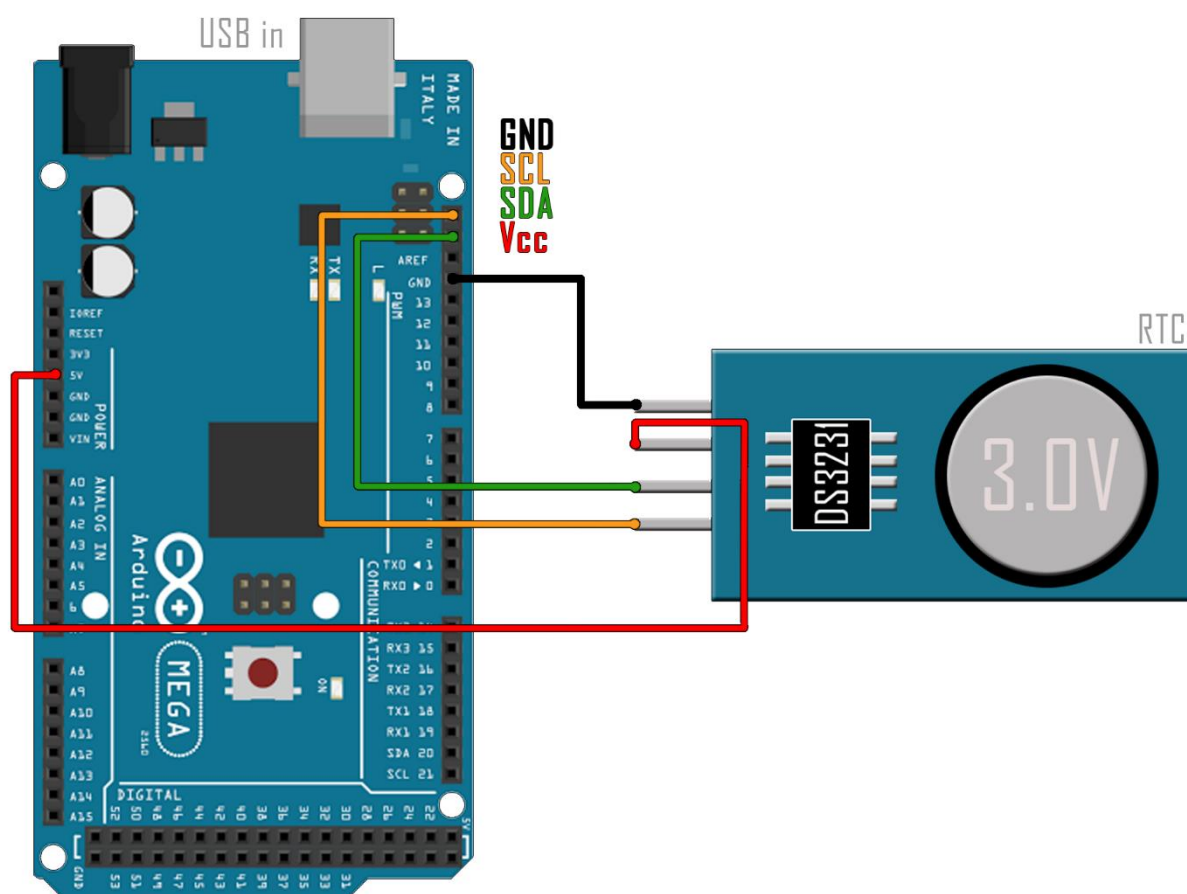


Рис. 3.2. Годинник реального часу DS3231

Джерело: [18].

Для встановлення зв'язку між модулем DS3231 і платою Arduino використовуються виводи SDA (последовна лінія даних) і SCL (последовна лінія синхронізації). Вивід SDA підключається до виводу A4 Arduino UNO або виводу SDA Arduino MEGA, а вивід SCL підключається до виводу A5 Arduino UNO або виводу SCL Arduino MEGA.

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Цей модуль надає можливість встановити дату та час за допомогою функцій `rtc.setDOW()`, `rtc.setTime()` та `rtc.setDate()` (Додаток А).

В цілому, модель DS3231 пропонує зручний спосіб взаємодії плати Arduino з модулем годинника реального часу DS3231, що дозволяє отримувати і відображати точну інформацію про дату і час.

Додаткові характеристики годинника реального часу охоплюють наявність календарної функції для вимірювання дати та дня тижня, наявність акумулятора для збереження часу при відключенні основного джерела живлення.

Так само, щоб встановити з'єднання між Arduino Mega2560 та модулем годинника реального часу, слід виконати наступні кроки:

1. Підключення VCC: вивід VCC модуля годинника реального часу, що відповідає за живлення, слід підключити до виводу 5V Arduino Mega2560. Таке підключення гарантує, що модуль годинника отримає необхідне живлення для ефективної роботи.

2. Підключення GND: вивід GND модуля годинника реального часу, який слугує для заземлення, повинен бути підключений до виводу GND Arduino Mega2560. Це з'єднання встановлює спільне заземлення між модулем годинника і Arduino, забезпечуючи належний зв'язок і синхронізацію між цими двома компонентами.

Варто зазначити, що модуль годинника реального часу можна підключити за допомогою I2C, але потрібні додаткові підключення. До них відносяться:

1. Підключення SDA: вивід SDA (Serial Data) модуля годинника реального часу слід підключити до виводу SDA (вивід 20) Arduino Mega2560. Це з'єднання полегшує двонаправлену передачу даних між модулем годинника та Arduino через протокол I2C.

2. Підключення SCL через вивід 21 Arduino Mega2560. Це з'єднання дозволяє синхронізувати передачу даних між модулем годинника і Arduino за допомогою протоколу зв'язку I2C.

Дотримуючись цих інструкцій з підключення, модуль годинника реального часу можна ефективно інтегрувати в лабораторний дистилятор. Підключення VCC і GND забезпечують подачу живлення і заземлення, а додаткові підключення SDA і SCL полегшують комунікацію I2C, якщо це необхідно.

Bluetooth-модуль HM-10, життєво важливий компонент лабораторного дистилятора, вимагає ретельної процедури підключення для забезпечення його належної функціональності. Дотримуючись описаних кроків, можна встановити надійне і безпечне з'єднання між модулем Bluetooth і мікроконтролером Arduino Mega2560.

По-перше, щоб забезпечити необхідне живлення Bluetooth-модуля HM-10, вивід VCC модуля слід з'єднати з виводом 5V Arduino Mega2560. Таке з'єднання гарантує, що модуль Bluetooth отримає відповідну напругу для ефективної роботи. Важливо переконатися, що напруга живлення знаходиться в межах робочого діапазону, вказаного виробником модуля.

По-друге, вивід GND Bluetooth-модуля HM-10 слід з'єднати з виводом GND Arduino Mega2560. Це з'єднання слугує точкою заземлення для Bluetooth-модуля, забезпечуючи стабільне електричне з'єднання і проходження струму між модулем і мікроконтролером. Встановлення правильного заземлення має вирішальне значення для підтримки цілісності сигналу і мінімізації потенційних електричних перешкод.

Крім того, слід звернути увагу на належну ізоляцію та захист від будь-яких потенційних коротких замикань або випадкових пошкоджень.

Ретельно з'єднавши вивід VCC Bluetooth-модуля HM-10 з виводом 5V Arduino Mega2560 і вивід GND з виводом GND мікроконтролера, можливо створити просту та міцну основу для бездротового зв'язку Bluetooth-модуля з іншими пристроями і виконання ним своєї ролі в рамках проекту.

Ще одним важливим етапом є підключення матричної клавіатури, що дозволяє користувачеві взаємодіяти з системою і контролювати її.

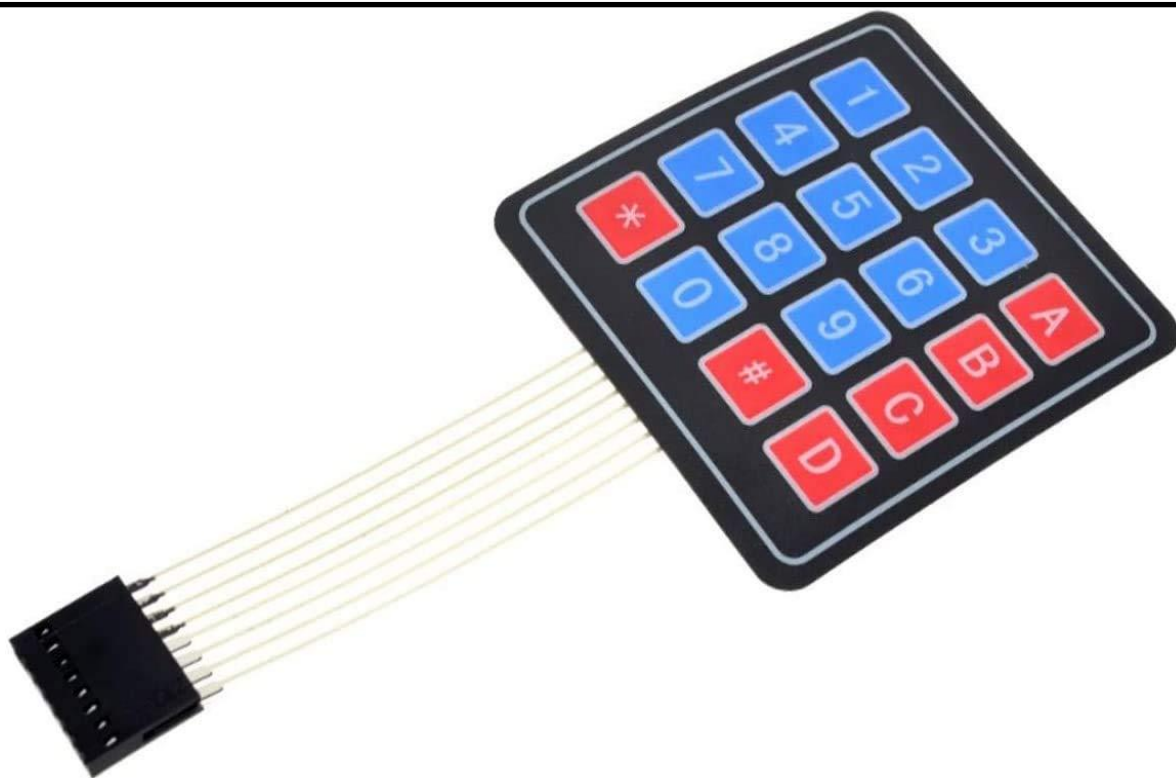


Рис. 3.3. Матрична клавіатура 4x4

Джерела: [7].

Клавіатура 4x4 має матричну конфігурацію, що складається з чотирьох рядків і чотирьох стовпців, що дає в цілому 16 кнопок. Таке розташування дозволяє компактно і ефективно використовувати простір, забезпечуючи при цьому достатню кількість варіантів введення для взаємодії з користувачем.

Ці кнопки призначені для забезпечення тактильного зворотного зв'язку, що дозволяє користувачам легко вводити команди і переміщатися по системі. Розташування кнопок є інтуїтивно зрозумілим і звичним, що покращує користувацький досвід і скорочує час навчання.

Кожна кнопка матричної клавіатури 4x4 оснащена контактним механізмом, як правило, в нашому випадку мембранним перемикачем. Така конструкція гарантує надійну та швидку активацію кнопок, забезпечуючи приємні тактильні відчуття та довговічність використання.

Підключивши клавіатуру до мікроконтролера, користувачі можуть отримати доступ до входів кнопок та інтерпретувати їх, що дозволяє керувати системою та взаємодіяти з нею. При цьому клавіатура використовує методи мультиплексування, щоб мінімізувати кількість контактів вводу/виводу,

необхідних для підключення. Для виявлення натискань кнопок використовується комбінація сканування рядків і стовпців, що зменшує складність проводки і полегшує ефективну інтеграцію з мікроконтролером Arduino Mega2560.

Для встановлення необхідного з'єднання використовуються цифрові контакти вводу/виводу (I/O) мікроконтролера. Сумісність клавіатури в поєднанні з легкодоступними бібліотеками та прикладами коду спрощує процес інтеграції та скорочує час розробки.

Таким чином, матрична клавіатура 4x4 має важливі характеристики, які роблять її ідеальним пристроєм введення для управління лабораторною дистиляторною системою. Її матрична конфігурація, стандартне розташування кнопок і

Звуковий п'єзоелемент BMT-1203UX є важливим модулем у проекті, що сприяє відтворенню звуку в системі. Щоб забезпечити його належну роботу, необхідно ретельно виконати процедуру підключення. Дотримуючись описаних кроків, можна встановити надійне та ефективне з'єднання між звуковим п'єзоелементом і мікроконтролером Arduino Mega2560.

По-перше, необхідно підключити позитивну клему звукового п'єзоелемента до певного виводу на мікроконтролері Arduino Mega2560. В даному проекті для цього призначений вивід 2 мікроконтролера. Підключивши позитивну клему до виводу 2, звуковий п'єзоелемент може отримувати необхідні електричні сигнали від мікроконтролера для відтворення звуку. Важливо переконатися, що вивід 2 призначено як вихідний вивід у коді або налаштуваннях конфігурації програми Arduino, щоб забезпечити належну передачу сигналу.

По-друге, негативна клема звукового п'єзоелемента повинна бути з'єднана з контактом GND (заземлення) Arduino Mega2560. Це з'єднання встановлює точку заземлення для звукового п'єзоелемента, забезпечуючи повне замикання ланцюга і правильне протікання струму. Підключивши негативну клему до контакту GND, можна зменшити будь-який потенційний

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електричний шум або перешкоди, що призведе до покращення якості та надійності звуку.

Ретельно з'єднавши позитивну клему звукового п'єзoeлемента BMT-1203UX з контактом 2 Arduino Mega2560, а негативну – з контактом GND мікроконтролера, ми створили міцну основу для того, щоб звуковий п'єзoeлемент приймав електричні сигнали і видавав звук.

Щоб підключити реле SRD-25 DA до Arduino Mega необхідно підключити до Arduino сигнальні, заземлюючі та живлячі виводи реле. Сигнальний вивід слід підключити до цифрового виводу Arduino з підтримкою ШІМ. Виводи заземлення та живлення слід підключити до виводів GND та 5V на Arduino відповідно.

Крім того, підключимо позитивну клему зовнішнього джерела живлення до контакту NO (нормально відкритий) реле, а негативну клему – до контакту COM (загальний) реле, щоб мати можливість керувати реле за допомогою зовнішнього джерела. За такої конфігурації реле може працювати з максимальною напругою 24В і струмом до 10А.

Щоб керувати реле за допомогою Arduino, використаємо наступний фрагмент коду (рис. 3.4).

```
const int relayPin = 2;

void setup() {
  pinMode(relayPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  digitalWrite(relayPin, HIGH); // Turn the relay ON
  delay(1000); // Wait for 1 second
  digitalWrite(relayPin, LOW); // Turn the relay OFF
  delay(1000); // Wait for 1 second
}
```

Рис. 3.4. Фрагмент коду керування реле

Джерело: розроблено автором за [9].

Цей код буде вмикати та вимикати реле автоматично. За потреби значення delay() та виклики функції digitalWrite() можна змінювати в залежності від вимог майбутніх модифікацій.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Датчик температури DS18B20, основний модуль лабораторного дистилятора, потребує ретельної процедури підключення для забезпечення точного вимірювання температури.

Для початку, вивід VCC (напруга спільного колектора) датчика температури DS18B20 слід з'єднати з виводом 5V Arduino Mega2560. Це з'єднання забезпечує необхідне живлення датчика температури, що гарантує його належну роботу.

Далі, вивід GND (земля) датчика температури DS18B20 слід підключити до виводу GND Arduino Mega2560. Це з'єднання встановлює точку заземлення для датчика температури, сприяючи стабільному електричному з'єднанню і забезпечуючи плавний потік струму між датчиком і мікроконтролером. Належне заземлення датчика температури дозволяє мінімізувати потенційні електричні шуми та перешкоди, що сприятиме точному вимірюванню температури.

Наступним до з'єднання є реле SRD-5VDC-SL-C, невід'ємний компонент лабораторного дистилятора. Для початку керуючий вивід реле SRD-5VDC-SL-C слід підключити до виводу 6 Arduino Mega2560. Це з'єднання дозволяє мікроконтролеру надсилати сигнали керування на реле для увімкнення або вимкнення підключених пристроїв. Дуже важливо переконатися, що вивід 6 визначено як вихідний в коді або налаштуваннях конфігурації програми Arduino, що дозволить мікроконтролеру ефективно керувати реле.

Окрім контакту керування, реле SRD-5VDC-SL-C потребує підключення живлення та навантаження для керування підключеними пристроями. Підключення живлення зазвичай включає підключення виводу VCC (напруга спільного колектора) реле до відповідного джерела живлення, яке в даному випадку становить 5 В. Вивід GND (заземлення) реле слід підключити до виводу GND Arduino Mega2560, щоб встановити загальне заземлення.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кнопку 6х6 слід підключити до виводу 30 Arduino Mega2560. Це з'єднання дозволяє мікроконтролеру отримувати входні сигнали від кнопки, визначаючи, коли вона натиснута.

Далі, інший вивід 6х6, 4-контактної кнопки слід підключити до контакту GND (Земля) Arduino Mega2560. Це з'єднання слугує точкою відліку

заземлення для кнопки, забезпечуючи повне замикання ланцюга і пропускаючи струм. Правильно заземливши кнопку, можна досягти точного виявлення натискання кнопки.

Як результат, ми отримаємо принципову схему розробленої системи управління лабораторним дистилятором (рис 3.5).

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

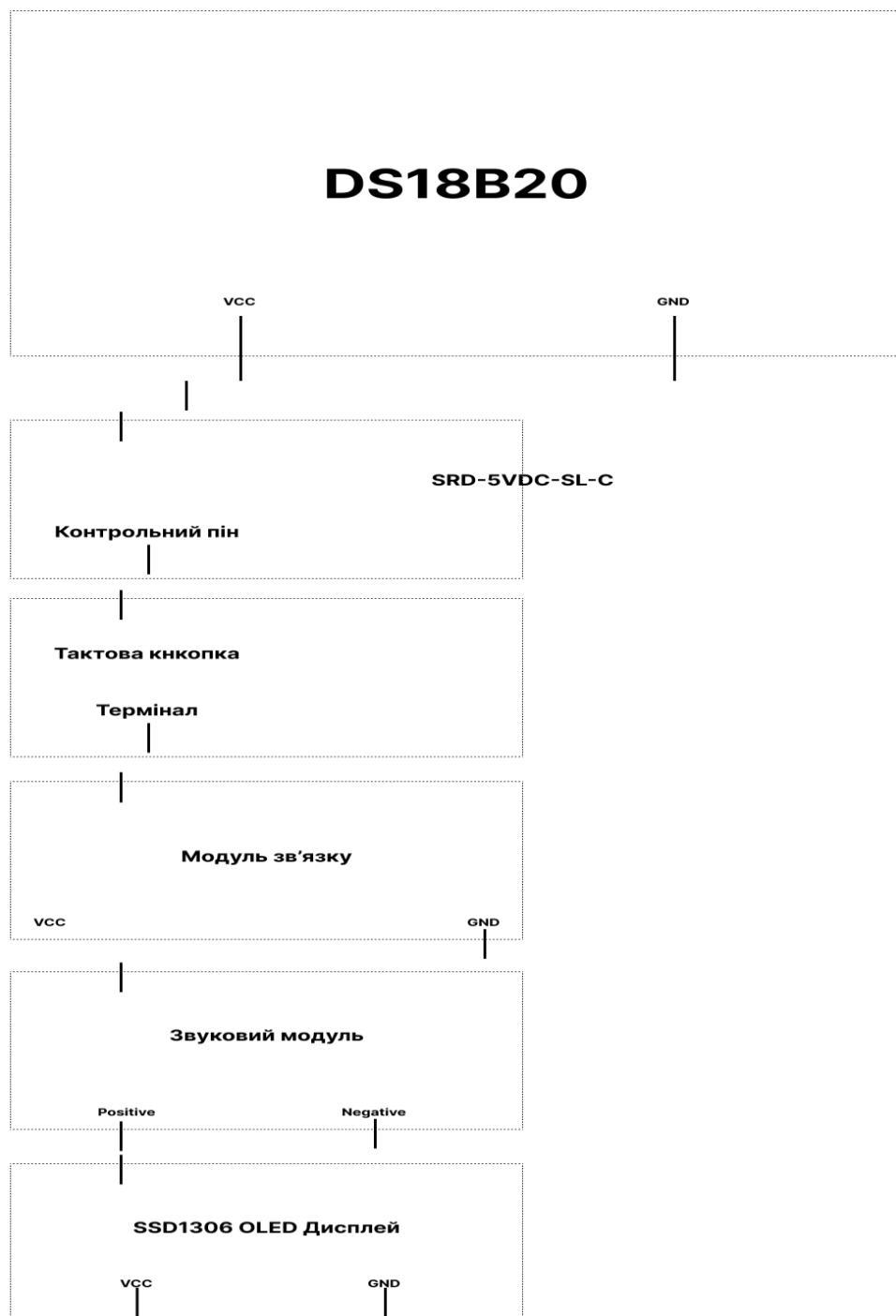


Рис. 3.5. Принципова схема

Джерело: розроблено автором за [9].

У цій принциповій схемі Arduino Mega2560 слугує центральним мікроконтролером. До нього підключаються різні модулі, необхідні для проекту лабораторного дистильатора.

Датчик температури DS18B20 підключається до Arduino Mega2560 для вимірювання температури. Реле SRD-5VDC-SL-C підключається до пристроїв керування, таких як нагрівальні елементи. Кнопка 6х6, 4-контактна підключається для взаємодії з користувачем. Модуль Bluetooth HM-10 забезпечує бездротовий зв'язок. Звуковий п'єзоелемент BMT-1203UX призначений для відтворення звуку. Нарешті, OLED-дисплей SSD1306 підключений для візуального виведення інформації.

Ці з'єднання дозволяють Arduino Mega2560 збирати дані про температуру, керувати пристроями, взаємодіяти з користувачами, здійснювати бездротовий зв'язок, відтворювати звук і відображати інформацію – всі важливі функції для проекту лабораторного дистилятора.

Отже, проект лабораторний дистилятор включає кілька модулів, з'єднаних між собою за допомогою мікроконтролера Arduino Mega2560 для досягнення бажаної функціональності. Проект передбачає вимірювання температури, взаємодію з користувачем, бездротовий зв'язок, відтворення звуку та візуальне виведення інформації.

Датчик температури DS18B20 забезпечує точні вимірювання температури, які відображаються на OLED-дисплеї SSD1306 для цілей моніторингу. 4-контактна кнопка 6х6 дозволяє користувачам ініціювати процес дистиляції, активуючи реле SRD-5VDC-SL-C і запускаючи зворотний відлік часу в реальному часі.

Крім того, модуль Bluetooth HM-10 забезпечує бездротовий зв'язок, надаючи можливість віддаленого моніторингу та управління процесом дистиляції. Звуковий п'єзоелемент BMT-1203UX відтворює звук, забезпечуючи звуковий зворотний зв'язок або оповіщення. Поєднання цих модулів підвищує зручність і гнучкість проекту.

Дотримуючись наданих схем підключення та кроків ініціалізації, проект може бути успішно реалізований, пропонуючи контроль температури, взаємодію з користувачем, бездротовий зв'язок, звуковий зворотний зв'язок та візуальне відображення інформації. Проект має застосування в лабораторних умовах, дозволяючи проводити точні та контрольовані процеси дистиляції.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом, цей проект є прикладом інтеграції різних апаратних модулів з мікроконтролером для створення комплексної та функціональної системи. Він демонструє потенціал проектів на основі Arduino в лабораторних та експериментальних умовах, підкреслюючи універсальність та можливості таких систем.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

Проект лабораторний дистилятор на базі платформи Arduino є значним досягненням в області лабораторних процесів дистиляції. Цей проект спрямований на проектування та розробку універсальної та зручної системи для дистиляції рідин у контрольованому лабораторному середовищі.

Система використовує мікроконтролер Arduino Mega2560 в якості центрального процесора, який забезпечує збір даних, обробку сигналів та управління системою. Різні периферійні модулі, такі як модуль Bluetooth HM-10, звуковий п'єзoeлемент BMT-1203UX, OLED-дисплей SSD1306, датчик температури DS18B20, реле SSR-25 DA та матрична клавіатура 4x4, інтегровані в систему для підвищення її функціональності.

При цьому система працює за циклічним принципом, безперервно контролюючи і регулюючи процес дистиляції. Температурний датчик забезпечує показники температури в режимі реального часу, які відображаються на OLED-дисплеї для зручного моніторингу. Користувач може взаємодіяти з системою за допомогою матричної клавіатури 4x4 для запуску процесу дистиляції, встановлення параметрів та доступу до функцій системи. Реле SSR-25 DA забезпечує точний контроль нагріву протягом усього циклу дистиляції.

Актуальність проекту полягає в його здатності автоматизувати лабораторні процеси, забезпечуючи точний контроль температури і точну дистиляцію. Він задовольняє зростаючий попит на автоматизацію в лабораторіях, підвищуючи ефективність і забезпечуючи стабільну якість продукції. Інтеграція системи з Arduino пропонує гнучку та доступну платформу для дослідників, науковців та ентузіастів для проведення експериментів, вдосконалення процедур та отримання високоякісних дистильованих продуктів.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИСНОВКИ		
Розроб.		Униченко В.П.					
Керівник		Донченко В.Ю.					
Реценз.		Козуб Ю.Г.					
Н. Контр.							
Зав. каф.		Семенов М.А.					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						57	2
					ЛНУ		
					Кафедра ІТС, Гр.4КІ		

Крім того, дослідження сприяє розвитку технологій дистиляції, надаючи комплексне рішення для процесів дистиляції в лабораторних умовах. Він забезпечує точний контроль, надійну роботу та зручну взаємодію з користувачем, що дозволяє покращити експерименти, збір даних та аналіз. Використовуючи можливості платформи Arduino та різні модулі, проект відкриває нові можливості для досліджень, експериментів та виробництва в галузі дистиляції.

Отже, проектування та розробка проекту лабораторний дистилятор на основі Arduino є цінним внеском у сферу дистиляції в лабораторних умовах. Його автоматизація, точний контроль температури, зручний інтерфейс та універсальність роблять його практичним рішенням для лабораторних процесів дистиляції. Проект прокладає шлях для подальшого розвитку методів дистиляції, надаючи дослідникам і лабораторним фахівцям ефективний і надійний інструмент для проведення експериментів і досліджень.

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматичний дистилятор KjelROC для перегонки з парю за К'єльдаєм. *SocTrade*. URL: <https://soctrade.ua/obladnannya/katalog/distilyator-kjelroc/> (дата звернення: 02.06.2023).
2. Датчик температури DS18B20. *Arduino в Україні*. URL: <https://arduino.ua/prod190-datchik-temperatyri-ds18b20-cifrovoi> (дата звернення: 02.06.2023).
3. Лабораторний дистилятор. *AntiTeck*. URL: <https://antiteck.com/uk/лабораторний-дистилятор-2/> (дата звернення: 02.06.2023).
4. Модуль HM-10 Bluetooth 4 BLE. *microsin.net*. URL: <http://microsin.net/programming/avr/hm-10-bluetooth-4-ble-modules.html> (дата звернення: 02.06.2023).
5. Реле твердотельні SSR-25DA. URL: <https://radiostore.com.ua/ua/p68094360-rele-tverdotelnoe-ssr.html> (дата звернення: 02.06.2023).
6. Тактова кнопка 6x6 h9.5, 4pin. *Electronoff.ua*. URL: <https://electronoff.ua/good/taktovaya-knopka-6x6-h9-5-4pin.php> (дата звернення: 02.06.2023).
7. Arduino. *Arduino*. URL: <https://www.arduino.cc/> (date of access: 02.06.2023).
8. Arduino for chemical engineering students via game-based learning. *Asean Journal of Engineering Education*. URL: <https://ajee.utm.my/index.php/ajee/article/view/15> (date of access: 02.06.2023).
9. 4x4 матрична клавіатура. Black Chip. URL: <https://blackchip.com.ua/> (дата звернення: 02.06.2023).
10. Arduino mega 2560 rev3. *Arduino Official Store*. URL: <https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3> (date of access: 02.06.2023).

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Униченко В.П.			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Літ.	Арк.	Акрушів	
Керівник		Донченко В.Ю.					59	2	
Реценз.		Козуб Ю.Г.				ЛНУ Кафедра ІТС, Гр.4КІ			
Н. Контр.									
Зав. каф.		Семенов М.А.							

11. Automation of a distillation column of packed bed for an alcohol solution using arduino. *Open Journal Systems (OJS)*.
URL: <http://onlinejournal.org.uk/index.php/riid/article/view/82> (date of access: 02.06.2023).
12. Bmt1203ux bestar. *Elektronische Teile*.
URL: <https://www.tme.eu/ua/ru/details/bmt-1203ux/signalizatory-elektromag-s-generatorom/bestar/bmt1203ux/> (date of access: 02.06.2023).
13. Low-Cost and efficient solution for the automation of laboratory scale experiments: the case of distillation column. *MDPI*. URL: <https://www.mdpi.com/2227-9717/10/4/737> (date of access: 02.06.2023).
14. OLED дисплей 0.96" I2C 128x64. *Arduino в Україні*.
URL: <https://arduino.ua/prod1263-oled-displei-modyl-belii> (дата звернення: 02.06.2023).
15. Srd-05vdc-sl-c. *PKC Компоненти - РАДІОМАГ*.
URL: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/srd-05vdc-sl-c_108598.html (date of access: 02.06.2023).
16. US7603889B2 - System for monitoring and controlling unit operations that include distillation. *Google Patents*.
URL: <https://patents.google.com/patent/US7603889B2/en> (date of access: 02.06.2023).
17. Water distiller - working principle, parts, types, uses. *Microbiology Note – Online Biology Notes*. URL: <https://microbiologynote.com/water-distiller-working-principle-parts-types-uses/> (date of access: 02.06.2023).
18. Welcome to fritzing. *Fritzing*. URL: <https://fritzing.org/> (date of access: 02.06.2023).
19. W-RTM DS3231 mini. Mini-Tech. URL: <https://www.mini-tech.com.ua/rtc-modul-ds3231-mini> (date of access: 02.06.2023).

ДОДАТКИ

Додаток А. Arduino

```
#include <OneWire.h>
```

```
#include <DallasTemperature.h>
```

```
#include <U8g2lib.h>
```

```
#include <toneAC.h>
```

```
// Pin Definitions
```

```
#define BUTTON_PIN 2
```

```
#define RELAY_PIN 3
```

```
#define BUZZER_PIN 4
```

```
#define DISPLAY_PIN 5
```

```
// Constants
```

```
#define DISTILLATION_TIME 600 // Distillation time in seconds (10 minutes)
```

```
U8G2_SSD1306_128X64_NONAME_F_HW_I2C display(U8G2_R0); // Create  
an instance of the display object
```

```
// Global Variables
```

```
OneWire oneWire(7); // Temperature sensor pin
```

```
DallasTemperature temperatureSensor(&oneWire);
```

```
void setup() {
```

```
    // Initialize components
```

```
    initializeRelay();
```

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

initializeBuzzer();
initializeDisplay();
initializeButton();
initializeTemperatureSensor();
}

void loop() {
    float temperature = readTemperature();
    displayTemperature(temperature);

    if (isButtonPressed()) {
        startDistillationProcess();
    }

    if (isDistillationTimeReached()) {
        stopDistillationProcess();
        playSoundSignal();
        displayMessage("Distillation complete");
    }

    delay(1000); // Delay between iterations
}

void initializeRelay() {
    pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
}

void initializeBuzzer() {

```

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

```

pinMode(BUZZER_PIN, OUTPUT);
}

void initializeDisplay() {
    pinMode(DISPLAY_PIN, OUTPUT);
}

void initializeButton() {
    pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
}

void initializeTemperatureSensor() {
    temperatureSensor.begin();
}

float readTemperature() {
    temperatureSensor.requestTemperatures();
    return temperatureSensor.getTempCByIndex(0);
}

void displayTemperature(float temperature) {
    display.clearBuffer(); // Clear the display buffer
    display.setFont(u8g2_font_8x13_tf); // Set the font for displaying text
    display.setCursor(0, 15); // Set the cursor position

    char buffer[16]; // Buffer for converting temperature to string
    snprintf(buffer, sizeof(buffer), "%.2f°C", temperature); // Convert temperature to
    string with two decimal places

```

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

```

display.print("Temperature:");
display.setCursor(0, 30);
display.print(buffer);

display.sendBuffer(); // Display the buffer contents on the screen
}

bool isButtonPressed() {
    return digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW;
}

void startDistillationProcess() {
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
}

bool isDistillationTimeReached() {
    static unsigned long startTime = 0;
    if (startTime == 0) {
        startTime = millis(); // Store the start time
    }
    unsigned long currentTime = millis();
    unsigned long elapsedTime = currentTime - startTime;

    return elapsedTime >= (DISTILLATION_TIME * 1000);
}

void stopDistillationProcess() {
    digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
}

```

					ITC.4KI.0323.03-ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

}

void setup() {
    // No setup code required for the buzzer
}

void loop() {
    // Call the playSoundSignal function
    playSoundSignal();

    delay(2000); // Wait for 2 seconds before playing the sound again
}

void playSoundSignal() {
    // Code to play sound signal on the buzzer
    toneAC(BUZZER_PIN, 1000, 1000); // Play a 1000Hz tone for 1 second
}

void displayMessage(const char* message) {
    display.clearBuffer(); // Clear the display buffer
    display.setFont(u8g2_font_8x13_tf); // Set the font for displaying text
    display.setCursor(0, 20); // Set the cursor position
    display.print(message); // Display the provided message
    display.sendBuffer(); // Display the buffer contents on the screen
}

void setup() {
    // Initialize the display
    display.begin();
    display.clearDisplay();

```

```

display.setPowerSave(0); // Wake up the display
}

void loop() {
    // Call the displayMessage function with your desired message
    displayMessage("Task completed");

    delay(2000); // Wait for 2 seconds before displaying the message again
}

```

					ІТС.4КІ.0323.03-ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		