

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Автоматизований диспенсер рідких засобів гігієни з безконтактним
керуванням
(тема)

Виконав:
здобувач 4 року навчання,
групи КІУКІ-21-7
Афромєєва С.Є.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123
Комп'ютерна інженерія
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Комп'ютерна інженерія
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Немченко В.П.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри _____
(підпис)

Чумаченко С.В.
(прізвище, ініціали)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерної інженерії та управління

Кафедра Автоматизації проектування обчислювальної техніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма Комп'ютерна інженерія
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____

(підпис)

« _____ » _____ 20 ____ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Афромєєвій Софії Євгенівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизований диспенсер рідких засобів гігієни з безконтактним керуванням

затверджена наказом університету від 21 травня 2025 р. № 403 Ст


2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 08.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи Arduino Nano, інфрачервоні датчики перешкод, водяна помпа, 4-розрядний семисегментний дисплей, автономне та стаціонарне живлення, сенсорне керування, гігієна, Arduino IDE, мова програмування C++.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі Огляд сучасних автоматизованих диспенсерів. Компоненти для реалізації безконтактного диспенсера. Електрична схема підключення компонентів. Програми обробки сигналів датчиків та керування помпою. Калібровка часу роботи помпи для точного дозування рідини. Реалізація енергоефективного режиму. Інструкції користувача з експлуатації та обслуговування.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (14 слайдів) _____


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

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
	професор Немченко В.П.		01.06.25

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів	Примітка
1	Видача завдань	2 тиждень	Виконано
2	Ознайомлення з літературними джерелами, та вибір методу вирішення поставленої задачі	3-4 тижні	Виконано
3	Розробка алгоритмів рішення, вибір системних засобів рішення задач кваліфікаційної роботи	5-6 тижні	Виконано
4	Проектування автоматизованого приладу	7-11 тижні	Виконано
5	Налагодження та тестування програми	12-14 тижні	Виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	15 тиждень	Виконано
7	Захист кваліфікаційної роботи	16-17 тижні	

Дата видачі завдання 05 травня 2025 р.

Здобувач 
(підпис)

Керівник роботи _____  проф. Немченко В.П.
(підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 42 с., 13 рис., 2 дод., 5 джерел.

ARDUINO NANO, C++, ІНФРАЧЕРВОНИЙ ДАТЧИК, ПОМПА, СЕМИСЕГМЕНТНИЙ ДИСПЛЕЙ, АВТОНОМНЕ ТА СТАЦІОНАРНЕ ЖИВЛЕННЯ, СЕНСОРНЕ КЕРУВАННЯ, ГІГІЄНА.

Завданням кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованого дозатора рідких засобів гігієни з безконтактним керуванням для застосування у побутових та громадських умовах. У процесі реалізації було спроектовано та зібрано апарат, який здійснює подачу дозованої кількості рідини без потреби фізичного дотику з користувачем.

У пристрої використано мікроконтролер Arduino Nano, інфрачервоні датчики перешкод (один для активації подачі, два — для регулювання об'єму порції), насос для подачі рідини, а також чотири семисегментні дисплеї для відображення кількості грамів, яку буде віддано. Живлення реалізовано за допомогою зовнішнього блоку живлення, що дозволяє забезпечити стабільну роботу пристрою без необхідності заміни джерела енергії.

Програмна реалізація здійснена мовою C++ в середовищі Arduino IDE. Створений апарат обробляє сигнали з датчиків, дозволяє змінювати дозу засобу, виводить інформацію на дисплей, забезпечує енергоощадження та підвищену гігієнічність у користуванні.

ABSTRACT

Qualification work: 42 pages, 13 figures, 2 appendices, 5 sources.

ARDUINO NANO, C++, INFRARED SENSOR, PUMP, SEVEN-SEGMENT DISPLAY, AUTONOMOUS AND STATIONARY POWER SUPPLY, TOUCH CONTROL, HYGIENE.

The task of the qualification work is to develop an automated liquid hygiene products dispenser with contactless control for use in domestic and public environments. In the process of implementation, a device was designed and assembled that delivers a dosed amount of liquid without the need for physical contact with the user.

The device uses an Arduino Nano microcontroller, infrared obstacle sensors (one to activate the feed, two to adjust the volume of the portion), a pump for supplying liquid, and four seven-segment displays to show the number of grams to be given. The power supply is realized by means of an external power supply unit, which allows for stable operation of the device without the need to replace the power source.

The software implementation was carried out in C++ in the Arduino IDE environment. The created device processes signals from sensors, allows you to change the dose of the product, displays information on the display, provides energy savings and increased hygiene in use.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	7
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ .	11
1.1 Актуальність та застосування автоматизованих диспенсерів ..	11
1.2 Аналіз існуючих рішень	12
1.3 Постановка задачі	13
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ	15
2.1 Вибір компонентів	15
2.1.1 Мікроконтролер (Arduino Nano)	15
2.1.2 Датчики перешкод	17
2.1.3 Помпа та система подачі рідини	18
2.1.4 Відображення інформації (TM1637).....	20
2.2 Схема підключення.....	21
3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	23
4 РОЗРОБКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ.....	32
5 ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА	35
5.1 Встановлення та налаштування.....	35
5.2 Регулювання дозування	37
5.3 Обслуговування.....	40
ВИСНОВКИ	41
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	42
ДОДАТОК А ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ КЕРУВАННЯ.....	43
ДОДАТОК Б ФОТО ПРИСТРОЮ	46
ДОДАТОК В ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛИ.....	48

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

Arduino Nano – мікроконтролер на базі ATmega328P, що використовується для керування системою.

HW-201 – інфрачервоний датчик перешкод, призначений для безконтактного керування.

TM1637 – 4-розрядний семисегментний дисплей для відображення інформації.

ШИМ (PWM) – широтно-імпульсна модуляція, метод регулювання потужності електронних компонентів.

ДП – друкована плата.

IP68 – ступінь захисту корпусу пристрою від пилу та води.

Arduino IDE – інтегроване середовище розробки для написання та завантаження коду на Arduino.

C++ – мова програмування, використана для розробки програмного коду.

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) – послідовний інтерфейс обміну даними.

I²C (Inter-Integrated Circuit) – інтерфейс для зв'язку між мікросхемами.

SPI (Serial Peripheral Interface) – послідовний периферійний інтерфейс.

DIO (Data Input/Output) – лінія даних для зв'язку з дисплеєм TM1637.

CLK (Clock) – тактовий сигнал для синхронізації передачі даних.

IN1, IN2 – керуючі входи драйвера мотора для регулювання напрямку обертання.

STBY (Standby) – режим очікування драйвера мотора.

IoT (Internet of Things) – концепція мережі "розумних" пристроїв з підключенням до Інтернету.

USB (Universal Serial Bus) – інтерфейс для підключення та програмування мікроконтролера.

ВСТУП

У сучасних умовах підвищеної уваги до особистої гігієни та санітарії, особливо після глобальних пандемічних загроз, значно зростає попит на автоматизовані засоби, що забезпечують безконтактну взаємодію з користувачем. Ця тенденція обумовлена не лише підвищеними санітарними вимогами, а й прагненням до підвищення комфорту та безпеки в повсякденному житті. Одним із ключових рішень у цьому напрямку є автоматизовані диспенсери для рідких гігієнічних засобів, таких як мило, антисептики та дезінфікуючі розчини.

Сучасний ринок пропонує різноманітні моделі подібних пристроїв, проте багато з них мають суттєві обмеження. Найпоширенішими недоліками є відсутність можливості регулювання об'єму порції, а також недостатня адаптивність до різних умов експлуатації. Крім того, багато існуючих рішень не забезпечують достатнього рівня гнучкості у використанні, що обмежує їх застосування в громадських місцях з високим трафіком користувачів [1].

Світові тенденції у сфері розумних гігієнічних систем спрямовані на створення енергоефективних та адаптивних пристроїв, які поєднують високу функціональність із зручністю використання. Сучасні технології, такі як мікроконтролери, сенсорні системи, енергоефективні механізми подачі рідини та цифрові дисплеї, дозволяють розробляти диспенсери нового покоління. Такі пристрої не лише забезпечують безконтактну взаємодію, але й надають користувачам можливість персоналізації параметрів роботи, що значно підвищує їх практичну цінність.

Актуальність даної роботи полягає у необхідності створення доступного, енергоефективного та функціонального рішення, яке б поєднувало всі переваги сучасних технологій. Основна увага приділяється розробці диспенсера на базі мікроконтролера Arduino Nano, який

забезпечує точне керування системою, інтеграцію сенсорних інфрачервоних датчиків для безконтактного управління, а також стабільну роботу за рахунок зовнішнього джерела живлення.

Метою даної роботи є створення автоматизованого диспенсера рідких гігієнічних засобів, який би відповідав сучасним вимогам до безпеки, гігієни та зручності. Розроблений пристрій призначений для використання як у побутових умовах (домашні умивальники, кухні, офіси), так і в громадських місцях з підвищеними санітарними вимогами: медичних закладах, школах, торгових центрах, ресторанах.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Актуальність та застосування автоматизованих диспенсерів

Сучасні вимоги до гігієни та санітарної безпеки зумовлюють необхідність розробки вдосконалених автоматизованих диспенсерів для рідких засобів гігієни. Останні події, пов'язані з глобальними пандеміями, яскраво продемонстрували критичну важливість мінімізації фізичного контакту з потенційно інфікованими поверхнями. Ця обставина стала потужним імпульсом для активного впровадження безконтактних технологій у всіх сферах життєдіяльності - від медичних установ до побутових приміщень.

Автоматизовані диспенсерні системи нового покоління ефективно вирішують комплекс актуальних проблем. Вони забезпечують принципово новий рівень гігієнічної безпеки за рахунок повного виключення необхідності фізичного контакту з пристроєм. Одночасно такі системи підвищують ефективність використання гігієнічних засобів завдяки високоточному дозуванню, що досягається за допомогою сучасних мікропроцесорних систем керування. Важливою перевагою є також можливість значного зниження експлуатаційних витрат через оптимізацію об'ємів порцій та запобігання неконтрольованим витратам засобів.

Сфера застосування сучасних диспенсерних систем охоплює практично всі сегменти суспільного життя. Особливе значення вони мають у медичних установах, де підтримання стерильних умов є критично важливим фактором. У громадських місцях з інтенсивним людським трафіком - торгових центрах, офісних будівлях, навчальних закладах - такі пристрої забезпечують постійний високий рівень санітарної безпеки. Не менш важливу роль вони відіграють у побутових умовах, де поєднують функціональність, зручність використання та економічну ефективність [2].

Сучасний технологічний прогрес відкриває нові можливості для створення вдосконалених диспенсерних систем. Використання компактних мікроконтролерних платформ дозволяє реалізувати складні алгоритми керування у мініатюрних корпусах. Інфрачервоні сенсорні технології забезпечують надійне та точне виявлення рухів користувача. Ці фактори разом роблять сучасні автоматизовані диспенсери ідеальним рішенням для масового впровадження у різних сферах життєдіяльності.

1.2 Аналіз існуючих рішень

Сучасний ринок автоматизованих диспенсерів пропонує широкий спектр рішень, що відрізняються за технологічними характеристиками, функціональними можливостями та ціновими категоріями. Проте при детальному аналізі стає очевидним, що більшість доступних рішень мають суттєві технологічні обмеження, які значно звужують сфери їх ефективного застосування та впливають на кінцеву користь для користувачів.

Механічні диспенсери, незважаючи на свою поширеність та доступність, демонструють низький рівень гігієнічної безпеки через необхідність фізичного контакту. Цей фактор значно знижує їх ефективність у місцях з підвищеними санітарними вимогами. Додатковою проблемою є відсутність можливості регулювання об'єму порції, що призводить до нераціонального використання гігієнічних засобів та збільшення експлуатаційних витрат. Типовою сферою застосування таких пристроїв залишаються побутові умови, де вимоги до безконтактного використання менш критичні.

Електронні диспенсери, оснащені інфрачервоними датчиками, представляють більш сучасне рішення завдяки реалізації безконтактного принципу роботи. Однак навіть ці пристрої часто мають суттєве технологічне обмеження, таке як фіксований об'єм порції. Цей фактор значно знижує їх універсальність та обмежує можливості використання в

умовах, де потрібна адаптивність до різних сценаріїв експлуатації. Хоча такі моделі знайшли своє застосування у громадських місцях, їх функціональні можливості часто не відповідають сучасним вимогам до гнучкості та ефективності [3].

Найбільш перспективними є розумні диспенсерні системи, які поєднують безконтактний принцип роботи з розширеними функціями налаштування. Ці пристрої можуть включати передові функції, такі як автоматичний моніторинг рівня засобу, програмне регулювання параметрів роботи або можливість інтеграції в сучасні IoT-системи. Проте високий рівень технологічної складності та відповідно висока вартість таких рішень істотно обмежують їх доступність для масового споживача. Це створює значний бар'єр для широкого впровадження, особливо в умовах, де важливим фактором є оптимальне співвідношення ціни та якості.

1.3 Постановка задачі

Розробка автоматизованого диспенсера для рідких засобів гігієни з безконтактним керуванням, призначеного для використання у побутових та громадських умовах. Пристрій повинен забезпечувати гігієнічну та ефективну подачу засобу з можливістю регулювання об'єму порції.

Пристрій повинен мати такі функціональні можливості:

- безконтактна активація подачі засобу за допомогою інфрачервоного датчика;
- регулювання об'єму порції засобу за допомогою бокових датчиків (збільшення/зменшення);
- відображення заданого об'єму порції на семисегментному дисплеї;
- забезпечення гнучкості у виборі джерела живлення.

Для реалізації пристрою необхідно виконати такі завдання:

- розробити схему підключення компонентів (Arduino Nano, датчики, помпа, дисплей);

- написати програмний код для обробки сигналів датчиків, керування помпою та відображення інформації;
- забезпечити калібрування часу роботи помпи для точного дозування;
- реалізувати режим роботи, що дозволяє використовувати як стаціонарне, так і автономне живлення.

Програмна реалізація виконується у середовищі Arduino IDE з використанням мови C++. Апаратна частина базується на мікроконтролері Arduino Nano та стандартних електронних компонентах.

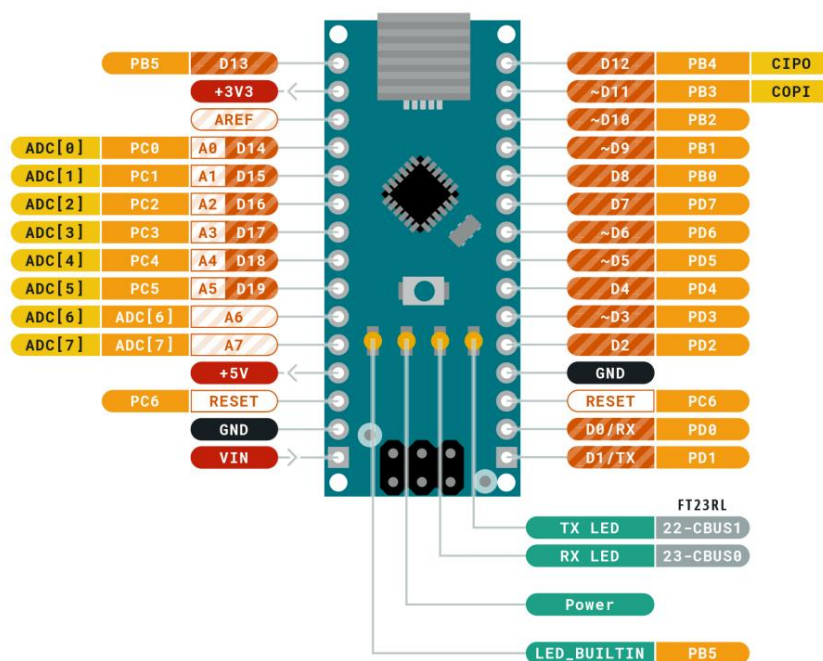
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ











2.1 Вибір компонентів

2.1.1 Мікроконтролер (Arduino Nano)

Arduino Nano обрано як основу системи керування диспенсером через оптимальне поєднання технічних характеристик, компактних розмірів та економічної доцільності. Ця плата розробки на базі мікроконтролера ATmega328P з тактовою частотою 16 МГц забезпечує необхідну продуктивність для реалізації всіх функцій проекту.

Головною перевагою Arduino Nano є його мініатюрні розміри (18×45 мм), що дозволяє легко інтегрувати плату в компактний корпус диспенсера. При цьому мікроконтролер має достатню кількість портів введення/виведення: 14 цифрових (з них 6 з підтримкою ШІМ) та 8 аналогових входів, що цілком задовольняє потреби проекту (рисунок 2.1) [4].



 Ground	 Internal Pin	 Digital Pin	 Microcontroller's Port
 Power	 SWD Pin	 Analog Pin	
 LED	 Other Pin	 Default	



This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1886, Mountain View, CA 94042, USA.

Рисунок 2.1 — Плата Arduino Nano з позначенням портів

Arduino Nano може живитися як від USB, так і від зовнішнього джерела напругою 7-12 В через вбудований стабілізатор. Для тестування використовувався блок живлення на 9 В, що забезпечило стабільну роботу системи під час розробки. У реальних умовах експлуатації можливе підключення будь-якого джерела живлення у вказаному діапазоні, включаючи акумулятори для автономної роботи. Обсяг пам'яті (32 КБ Flash, 2 КБ SRAM, 1 КБ EEPROM) достатній для реалізації логіки роботи

диспенсера.

Програмне забезпечення розробляється в середовищі Arduino IDE, що значно спрощує процес створення та налагодження коду. Широка підтримка бібліотек дозволяє легко інтегрувати роботу з семисегментним дисплеєм TM1637 та іншими компонентами системи.

Для проекту особливе значення мають такі порти: D2, D9, D10 - для підключення інфрачервоних датчиків; D3 - для керування помпою через ШІМ; D7 та D8 - для зв'язку з дисплеєм. Вбудовані інтерфейси UART, I²C та SPI залишають можливість для майбутнього розширення функціоналу.

2.1.2 Датчики перешкод

У проекті використано інфрачервоні датчики перешкод HW-201 (рисунок 2.2), які забезпечують безконтактне керування диспенсером. Ці датчики мають цифровий вихід та регульовану чутливість, що дозволяє точно визначати наближення руки користувача.

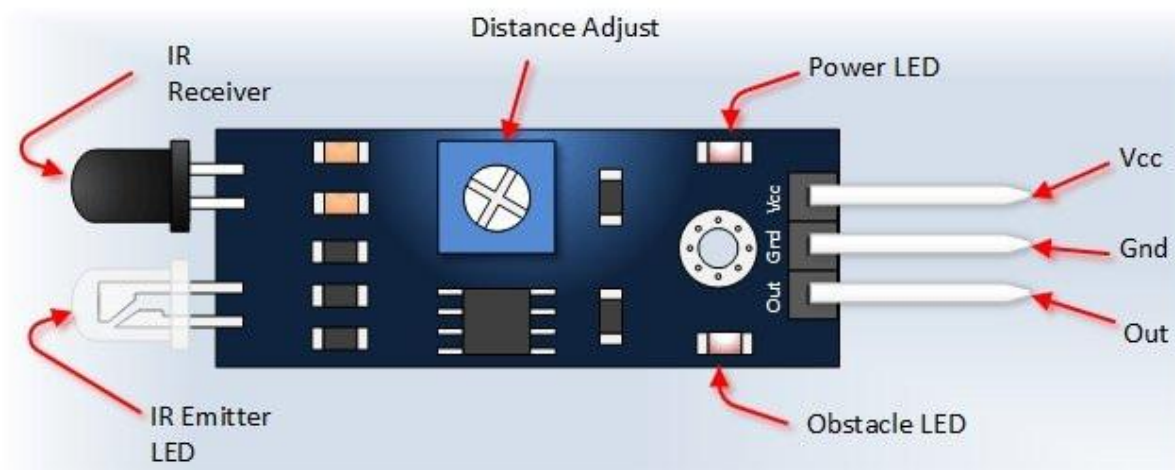


Рисунок 2.2 – Інфрачервоний датчик перешкод HW-201

Датчики підключено до цифрових входів Arduino Nano: центральний (D9) для активації подачі засобу, лівий (D2) для зменшення

дози та правий (D10) для її збільшення. Вбудований потенціометр на модулі HW-201 дає змогу точно налаштувати дальність спрацювання (2-5 см), а програмний фільтр усуває потенційні помилки від дребезгу контактів.

Основною перевагою HW-201 є їх ціна (всього 25 грн за штуку) що є ідеальним для невеликих або розподілених систем, де важливі низька собівартість і простота масштабування. Конструкція модуля включає світлофільтр, який мінімізує вплив стороннього світла. Підключення виконується до стандартних 5В живлення Arduino Nano, що спрощує інтеграцію в систему.

2.1.3 Помпа та система подачі рідини

Основним елементом системи подачі рідини в диспенсері є мініатюрна водяна помпа погрузного типу (рисунок 2.3), спеціально обрана для ефективної роботи з рідкими засобами гігієни. Цей компактний насосний модуль забезпечує надійну подачу рідини з продуктивністю до 2 літрів на хвилину, що цілком відповідає вимогам проекту.



Рисунок 2.3 – Мініатюрна водяна помпа погрузного типу

Конструкція помпи передбачає її безпосереднє занурення в ємність з рідким засобом. Герметичний пластиковий корпус із ступенем захисту IP68 повністю ізолює електронні компоненти від контакту з рідиною, що виключає можливість пошкодження при тривалому використанні. Особливістю даної моделі є можливість роботи з різними типами рідин, включаючи миючі засоби та антисептики, без ризику пошкодження механізму.

Для живлення помпи використовується напруга в діапазоні 2,5-6 В, що дозволяє підключати її безпосередньо до виходів Arduino Nano через драйвер мотора. Максимальна висота підйому стовпа рідини становить 1,1 метра, що цілком достатньо для більшості варіантів установки диспенсера. Потужність споживання в робочому режимі не перевищує 1,5 Вт, що дозволяє використовувати різні джерела живлення, такі як блоки живлення або акумулятори.

Система подачі включає гнучку трубку діаметром 4 мм, яка жорстко закріплена у контейнері. Така конструкція гарантує стабільність роботи та запобігає випадковому зміщенню трубки під час експлуатації запропонованої системи.

Керування помпою здійснюється через ШІМ-сигнал (широтно-імпульсна модуляція) з Arduino Nano, що дозволяє точно регулювати продуктивність роботи. У проекті використовується цифровий вивід D3 з можливістю ШІМ, до якого підключено вхід керування помпою. Такий підхід дає змогу не тільки включати/виключати подачу рідини, але й програмно керувати інтенсивністю роботи насоса.

Для захисту від "сухого ходу" у випадку вичерпання запасу рідини передбачено програмний контроль часу роботи помпи. Якщо тривалість безперервної роботи перевищує встановлений ліміт (30 секунд), система автоматично відключає живлення та сигналізує про необхідність

дозаповнення ємності відповідною рідиною.

2.1.4 Відображення інформації (TM1637)

Для відображення параметрів роботи диспенсера використано 4-розрядний семисегментний дисплей TM1637 (рисунок 2.4). Цей модуль підключається до Arduino Nano через два цифрові виводи (D7 для даних DIO та D8 для тактового сигналу CLK), що значно зменшує кількість займаних портів у порівнянні з традиційними семисегментними індикаторами.

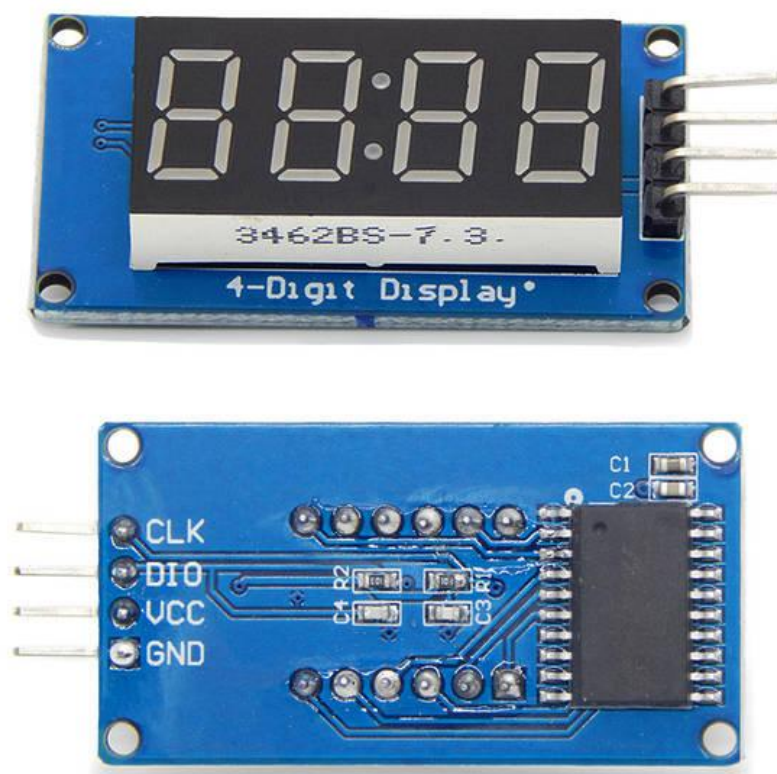


Рисунок 2.4 – Фото 4-розрядного семисегментного дисплея TM1637

Дисплей TM1637 має вбудований контролер, який спрощує його керування та дозволяє регулювати яскравість на 8 рівнів. В проєкті він відображає поточний час роботи помпи у мілісекундах (наприклад, "1000")

для 1 секунди), що відповідає об'єму видаваного засобу. Значення оновлюється лише при зміні параметрів для економії енергії.

Основні переваги вибору TM1637 включають низьке енергоспоживання, чітке відображення навіть при яскравому освітленні та простоту інтеграції з Arduino. Використання спеціалізованої бібліотеки "TM1637Display" значно спрощує програмування та дозволяє легко змінювати параметри відображення без необхідності низькорівневого керування сегментами.

2.2 Схема підключення

Система керування диспенсером реалізована за допомогою чітко структурованої електричної схеми (рисунок 2.5), яка забезпечує надійну взаємодію всіх компонентів. Основою системи виступає мікроконтролер Arduino Nano, до якого підключені всі периферійні пристрої через стандартні цифрові та аналогові порти.

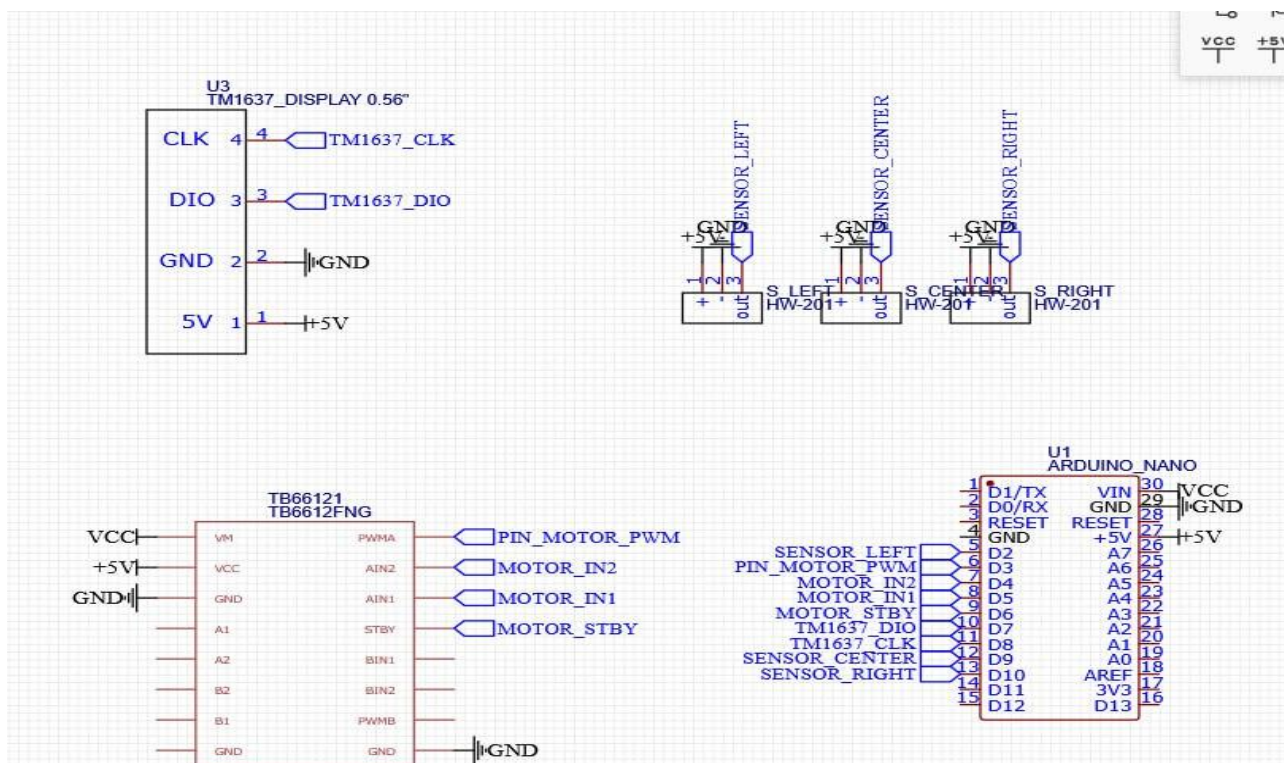


Рисунок 2.5 – Принципова електрична схема автоматизованого безконтактного диспенсера рідких засобів гігієни

Дисплейний модуль TM1637 підключений до двох цифрових виводів мікроконтролера. Для передачі даних використовується двохпровідна шина, де D7 виконує функцію лінії даних (DIO), а D8 - тактового сигналу (CLK). Така реалізація дозволяє мінімізувати кількість займаних портів при збереженні повної функціональності дисплея.

Інфрачервоні датчики перешкод HW-201 формують інтерфейс взаємодії з користувачем. Кожен з трьох датчиків підключений до окремого цифрового входу: лівий датчик до D2, центральний до D9, правий до D10. Така конфігурація дозволяє одночасно обробляти сигнали від усіх датчиків без конфліктів [5].

Для керування роботою помпи використано моторний драйвер TB6612FNG, який отримує керуючі сигнали від чотирьох цифрових виводів Arduino Nano. ШІМ-сигнал (D3) регулює швидкість роботи помпи, тоді як D4 (IN2) і D5 (IN1) визначають напрямок обертання. Сигнал станівної готовності (STBY) подається через D6.

Живлення всієї системи організоване через стабілізований 5В ланцюг. Всі компоненти отримують живлення від загальної шини, що дозволяє уникнути перепадів напруги. Для захисту від перешкод у схему включено розв'язуючі конденсатори ємністю 0.1 мкФ біля кожного активного компонента.

3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Програмний код диспенсера реалізований з використанням мови C++ у середовищі Arduino IDE. Розглянемо детальний аналіз кожної частини програми.

Конфігурація апаратної частини починається з чіткого визначення всіх необхідних з'єднань через символічні константи (лістинг 3.1). Кожен пін мікроконтролера отримує зрозуміле ім'я, що відповідає його функціональному призначенню. Наприклад, PIN_SENSOR_LEFT відповідає цифровому входу D2, до якого підключений лівий інфрачервоний датчик. Аналогічно визначені піни для керування моторним драйвером (IN1, IN2, PWM, STBY) та інтерфейсу дисплея (CLK, DIO). Такі імена значно підвищують читабельність коду та спрощують його подальше супроводження.

Лістинг 3.1 Символічні константи

```
#define PIN_SENSOR_LEFT 2 // Пін для лівого датчика (D2)
#define PIN_SENSOR_CENTER 9 // Пін для центрального датчика (D9)
#define PIN_SENSOR_RIGHT 10 // Пін для правого датчика (D10)
#define PIN_MOTOR_IN1 5 // Пін керування напрямком мотора 1 (D5)
#define PIN_MOTOR_IN2 4 // Пін керування напрямком мотора 2 (D4)
#define PIN_MOTOR_PWM 3 // ШІМ пін для регулювання швидкості мотора (D3)
#define PIN_MOTOR_STBY 6 // Пін режиму очікування мотора (D6)
#define PIN_TM1637_CLK 8 // Пін тактового сигналу дисплея (D8)
#define PIN_TM1637_DIO 7 // Пін лінії даних дисплея (D7)
```

Параметри роботи системи задаються як константи (лістинг 3.2) з урахуванням технічних характеристик обладнання. Множник для точного регулювання об'єму рідини (1.0) дозволяє компенсувати відхилення продуктивності помпи через зношування або в'язкість рідини. Мінімальна тривалість роботи помпи становить 100 мілісекунд, максимальна - 3000

мілісекунд. Крок регулювання встановлений у 100 мілісекунд, що забезпечує плавну зміну об'єму порції. Константа `HOLD_INTERVAL` визначає мінімальний інтервал між послідовними спрацюваннями датчиків, запобігаючи занадто частій зміні параметрів при тривалому утриманні руки біля датчика. Константа `DELAY_BETWEEN_DISPENSES`, визначає мінімальний інтервал між послідовними видачами рідини (5000 мс). Це запобігає випадковому повторному спрацюванню системи під час одного підходу користувача.

Лістинг 3.2 Константи

```
const float CALIBRATION_FACTOR = 1.0; // Множник для точного
регулювання об'єму рідини.
const unsigned int MIN_PORTION_MS = 100; // Мінімальна
тривалість роботи помпи (0.1с)
const unsigned int MAX_PORTION_MS = 3000; // Максимальна
тривалість (3с)
const unsigned int STEP_MS = 100; // Крок зміни тривалості
(0.1с)
const unsigned long HOLD_INTERVAL = 500; // Затримка між
натисканнями (0.5с)
const unsigned long DELAY_BETWEEN_DISPENSES = 5000; // 5
секунд затримки
```

Робота диспенсера базується на наборі глобальних змінних (лістинг 3.3), які відстежують поточний стан системи. Змінна `portionTime` зберігає актуальну тривалість роботи помпи у мілісекундах, ініціалізовану значенням 1000 (1 секунда). Для коректної обробки подій використовуються змінні `lastUpdateRight` та `lastUpdateLeft`, які фіксують час останньої взаємодії з відповідними датчиками. Час запуску мотора зберігається у `motorStartTime`, а стан роботи (активний/неактивний) контролюється через логічну змінну `motorRunning`. Змінна `lastDispenseTime` фіксує момент останньої подачі рідини. Об'єкт `display` ініціалізується з вказанням пінів для тактового сигналу та лінії даних, забезпечуючи зв'язок з чотирирозрядним семисегментним індикатором розробленої системи диспенсер рідких засобів гігієни.

Лістинг 3.3 Глобальні змінні

```

unsigned int portionTime = 1000;    // Початковий час роботи
помпи (1000 мс)
unsigned long lastUpdateRight = 0;   // Час останнього
спрацювання правого датчика
unsigned long lastUpdateLeft = 0;   // Час останнього
спрацювання лівого датчика
unsigned long motorStartTime = 0;   // Час запуску мотора
unsigned long lastDispenseTime = 0; // Час останньої видачі
bool motorRunning = false;         // Прапорець стану мотора
TM1637 display(PIN_TM1637_CLK, PIN_TM1637_DIO); // Об'єкт
дисплея

```

Алгоритм антидрезбегу реалізований у функції `isSensorTriggered` (лістинг 3.4), яка аналізує стан вказаного піна з урахуванням часових характеристик. Система використовує статичні масиви для збереження історії станів кожного піна між послідовними викликами функції. Змінна `int index = pin` використовується для безпечного доступу до елементів масивів, перетворюючи номер піна у відповідний індекс масиву. Це особливо важливо, оскільки номери пінів можуть бути більшими за розмір масивів. При отриманні нового значення з датчика порівнюється його поточний стан з попереднім. У разі виявлення зміни фіксується точний час цієї події. Функція повертає істинне значення лише у випадку, коли стан датчика залишався стабільним (незмінним) протягом 50 мілісекунд і при цьому відповідає активному стану (LOW). Така реалізація ефективно усуває помилкові спрацювання, викликані механічними вібраціями або перешкодами.

Лістинг 3.4 Функція `isSensorTriggered`

```

bool isSensorTriggered(uint8_t pin) {
    static bool lastState[12] = {false};    // Масив
попередніх станів
    static unsigned long lastChangeTime[12] = {0}; //
Масив часів останніх змін
    bool currentState = digitalRead(pin) == LOW; //

```

Поточний стан датчика

```

    int index = pin;    // Індекс для масивів

    if (currentState != lastState[index]) {    // Якщо стан
змінився
        lastChangeTime[index] = millis();    // Фіксуємо час
зміни
        lastState[index] = currentState;    // Оновлюємо стан
    }

    return (millis() - lastChangeTime[index] > 50) &&
currentState;    // Перевірка стабільності
}

```

Функції керування мотором забезпечують точну подачу рідини. Коли система отримує сигнал від центрального датчика, функція `startMotor()` активує драйвер мотора, встановлюючи необхідні рівні сигналів на керуючих виводах (лістинг 3.5). Напрямок обертання задається комбінацією станів IN1 та IN2, а швидкість регулюється ШІМ-сигналом на виводі PWM. Паралельно фіксується точний час початку роботи мотора для подальшого контролю тривалості. Функція `stopMotor()` виконує зворотні дії, повністю зупиняючи мотор і переводячи драйвер у енергозберігаючий режим очікування. Серійний вивід поточного значення дозування дозволяє відстежувати роботу системи під час налагодження.

Лістинг 3.5 Функція `startMotor()`

```

void startMotor() {
    digitalWrite(PIN_MOTOR_STBY, HIGH);    // Вийти з режиму
очікування
    digitalWrite(PIN_MOTOR_IN1, HIGH);    // Встановити напрямок
обертання
    digitalWrite(PIN_MOTOR_IN2, LOW);    // (IN1=HIGH, IN2=LOW -
один напрямок)
    analogWrite(PIN_MOTOR_PWM, 255);    // Максимальна швидкість
(ШІМ)
}

```

```

    motorStartTime = millis();    // Зафіксувати час старту
    motorRunning = true;         // Встановити прапорець "працює"
    Serial.println(portionTime);  // Вивести час роботи для
налагодження
}

```

Та

```

void stopMotor() {
    digitalWrite(PIN_MOTOR_IN1, LOW);    // Вимкнути напрямок
    digitalWrite(PIN_MOTOR_IN2, LOW);
    analogWrite(PIN_MOTOR_PWM, 0);      // Вимкнути ШІМ
    digitalWrite(PIN_MOTOR_STBY, LOW);   // Увімкнути режим
очікування

    motorRunning = false;    // Скинути прапорець
}

```

Система відображення інформації перетворює числове значення часу роботи мотора у зручний для сприйняття цифровий формат. Функція `updateDisplay()` приймає значення `portionTime` у мілісекундах і адаптує його для відображення на 4-розрядному дисплеї TM1637 (лістинг 3.6). Функція використовує операції цілочисельного ділення та взяття модуля для розділення числа на окремі цифри. Значення 1000 мс перетворюється у цифри 1, 0, 0, 0, які послідовно відображаються на відповідних розрядах дисплея.

Лістинг 3.6 Функція `updateDisplay()`

```

void updateDisplay() {
    int val = portionTime;    // TM1637 показує 4 цифри, ділимо
для зручності (наприклад, 1000 → 100)
    int8_t digits[4];        // Масив для зберігання окремих цифр
числа

    digits[0] = val / 1000 % 10;    // Отримання цифри тисяч
(перший розряд)
    digits[1] = val / 100 % 10;     // Отримання цифри сотень
    digits[2] = val / 10 % 10;     // Отримання цифри десятків
    digits[3] = val % 10;          // Отримання цифри одиниць

    display.display(0, digits[0]);  // Вивід тисяч на перший

```

```
розряд
  display.display(1, digits[1]); // Вивід сотень на другий
розряд
  display.display(2, digits[2]); // Вивід десятків на третій
розряд
  display.display(3, digits[3]); // Вивід одиниць на
четвертий розряд
}
```

Функція `setup()` (лістинг 3.7) виконує початкову ініціалізацію всіх компонентів системи при запуску мікроконтролера. Вона відповідає за налаштування режимів роботи пінів, ініціалізацію серійного інтерфейсу та підготовку дисплея до роботи. Спочатку функція налаштовує три цифрові входи для підключення інфрачервоних датчиків: лівого (`PIN_SENSOR_LEFT`), центрального (`PIN_SENSOR_CENTER`) та правого (`PIN_SENSOR_RIGHT`). Піни керування моторним драйвером (`PIN_MOTOR_IN1`, `PIN_MOTOR_IN2`, `PIN_MOTOR_PWM`, `PIN_MOTOR_STBY`) конфігуруються як виходи. Виклик функції `stopMotor()` гарантує, що помпа буде вимкнена при старті системи. Серійний інтерфейс ініціалізується зі швидкістю 115200 бод для можливості відлагодження програми. Дисплей TM1637 підготовлюється до роботи шляхом виклику методу `init()`, після чого встановлюється середній рівень яскравості (значення 5). Завершується ініціалізація першим оновленням дисплея, що відображає початкове значення дози 1000 мс.

Лістинг 3.7 Функція `setup()`

```
void setup() {
  // Налаштування пінів датчиків як входи
  pinMode(PIN_SENSOR_LEFT, INPUT);
  pinMode(PIN_SENSOR_CENTER, INPUT);
  pinMode(PIN_SENSOR_RIGHT, INPUT);

  // Налаштування пінів керування мотором як виходи
  pinMode(PIN_MOTOR_IN1, OUTPUT);
  pinMode(PIN_MOTOR_IN2, OUTPUT);
  pinMode(PIN_MOTOR_PWM, OUTPUT);
  pinMode(PIN_MOTOR_STBY, OUTPUT);
}
```

```
stopMotor(); // Гарантоване вимкнення мотора при
старті

// Ініціалізація серійного інтерфейсу для налагодження
Serial.begin(115200);

// Підготовка дисплея до роботи
display.init();
display.set(5); // Встановлення яскравості
updateDisplay(); // Первинне оновлення показів
}
```

Головний цикл системи (лістинг 3.8) організований як безперервний процес моніторингу та керування, де кожна ітерація виконується з чітко визначеною логікою. На початку кожної ітерації відбувається фіксація поточного системного часу за допомогою функції `millis()`, що забезпечує точні часові відліки для всіх подальших операцій.

Робота циклу базується на взаємодії з трьома датчиками, кожен з яких виконує свою функцію. Правий датчик відповідає за збільшення тривалості роботи помпи, при цьому система перевіряє, чи не перевищує нове значення максимально допустимий рівень. Лівий датчик аналогічно регулює тривалість у бік зменшення, дотримуючись встановлених мінімальних меж. Для обох датчиків перед зміною параметрів перевіряється, чи минув достатній інтервал часу з моменту останньої зміни, що запобігає надмірній чутливості системи.

Центральний датчик відіграє ключову роль у процесі подачі рідини. Його активація призводить до запуску мотора, але лише за умови, що система не перебуває в стані активного наливу та з моменту попередньої операції минув достатньо часу. Це забезпечує контроль над періодичністю подачі та запобігає випадковим спрацюванням.

Під час роботи мотора система постійно порівнює фактичний час його роботи з розрахованим значенням, яке враховує калібрувальний коефіцієнт. При досягненні необхідної тривалості відбувається

автоматичне вимкнення мотора, фіксація часу останньої операції та скидання параметрів до значень за замовчуванням. Оновлення інформації на дисплеї відбувається синхронно зі змінами параметрів, забезпечуючи актуальність відображуваних даних.

Завершується кожна ітерація невеликою затримкою, яка виконує стабілізуючу функцію, збалансовуючи навантаження на систему та підтримуючи оптимальний режим роботи.

Лістинг 3.8 Головний цикл системи

```
void loop() {
    unsigned long now = millis();    // Отримуємо поточний
    час системи
    unsigned long calibratedTime = portionTime *
    CALIBRATION_FACTOR;
    // Обробка правого датчика для збільшення дози
    if (isSensorTriggered(PIN_SENSOR_RIGHT)) {
        // Перевірка часу з моменту останнього оновлення
        if (now - lastUpdateRight >= HOLD_INTERVAL) {
            // Збільшення часу роботи помпи з перевіркою
            максимального значення
            if (portionTime + STEP_MS <= MAX_PORTION_MS) {
                portionTime += STEP_MS;
                updateDisplay();    // Оновлення інформації на
            дисплеї
            }
            lastUpdateRight = now;    // Фіксація часу останньої
            зміни
        }
    }

    // Обробка лівого датчика для зменшення дози
    if (isSensorTriggered(PIN_SENSOR_LEFT)) {
        if (now - lastUpdateLeft >= HOLD_INTERVAL) {
            // Зменшення часу роботи помпи з перевіркою
            мінімального значення
            if (portionTime - STEP_MS >= MIN_PORTION_MS) {
                portionTime -= STEP_MS;
                updateDisplay();
            }
            lastUpdateLeft = now;
        }
    }

    // Активація подачі рідини при спрацюванні центрального
    датчика
    if (!motorRunning &&
```

```
isSensorTriggered(PIN_SENSOR_CENTER) &&
    (now - lastDispenseTime >= DELAY_BETWEEN_DISPENSES
|| lastDispenseTime == 0)) {
    startMotor();    // Запуск мотора
}

// Автоматичне вимкнення мотора після завершення циклу
подачі
if (motorRunning && (now - motorStartTime >=
calibratedTime)) {
    stopMotor();    // Зупинка мотора
    lastDispenseTime = now;    // Запис часу останньої
видачі
    portionTime = 1000;    // Скидання до значення за
замовчуванням (1000 мс)
    updateDisplay();    // Оновлення дисплея
}

delay(10);    // Коротка затримка для стабілізації
системи
}
```

4 РОЗРОБКА ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

Розробка друкованої плати для автоматизованого диспенсера стала складним технічним завданням, яке вимагало глибокого розуміння як електронних компонентів, так і технологій їх фізичної реалізації. Основна ідея полягала в створенні компактної, але функціональної платформи, яка б інтегрувала всі елементи системи в єдине ціле.

За основу було обрано односторонній текстоліт із мідним покриттям. Такий вибір був зумовлений доступністю матеріалу та можливістю його обробки в умовах, близьких до домашніх. Розмір плати складав 90×60 мм, що дозволило оптимально розмістити всі необхідні компоненти без надмірного збільшення габаритів.

Проектування плати почалося з ретельного аналізу електричної схеми. Кожен єднальний провід у принциповій схемі потрібно було трансформувати у фізичну мідну доріжку на поверхні текстоліту. Особливу увагу приділили розташуванню "землі" - великої мідної площі, яка займала близько 60% поверхні плати. Такий підхід дозволив одночасно вирішити кілька завдань: забезпечити хороше екранування, зменшити витрати міді при травленні та спростити процес розведення сигнальних доріжок.

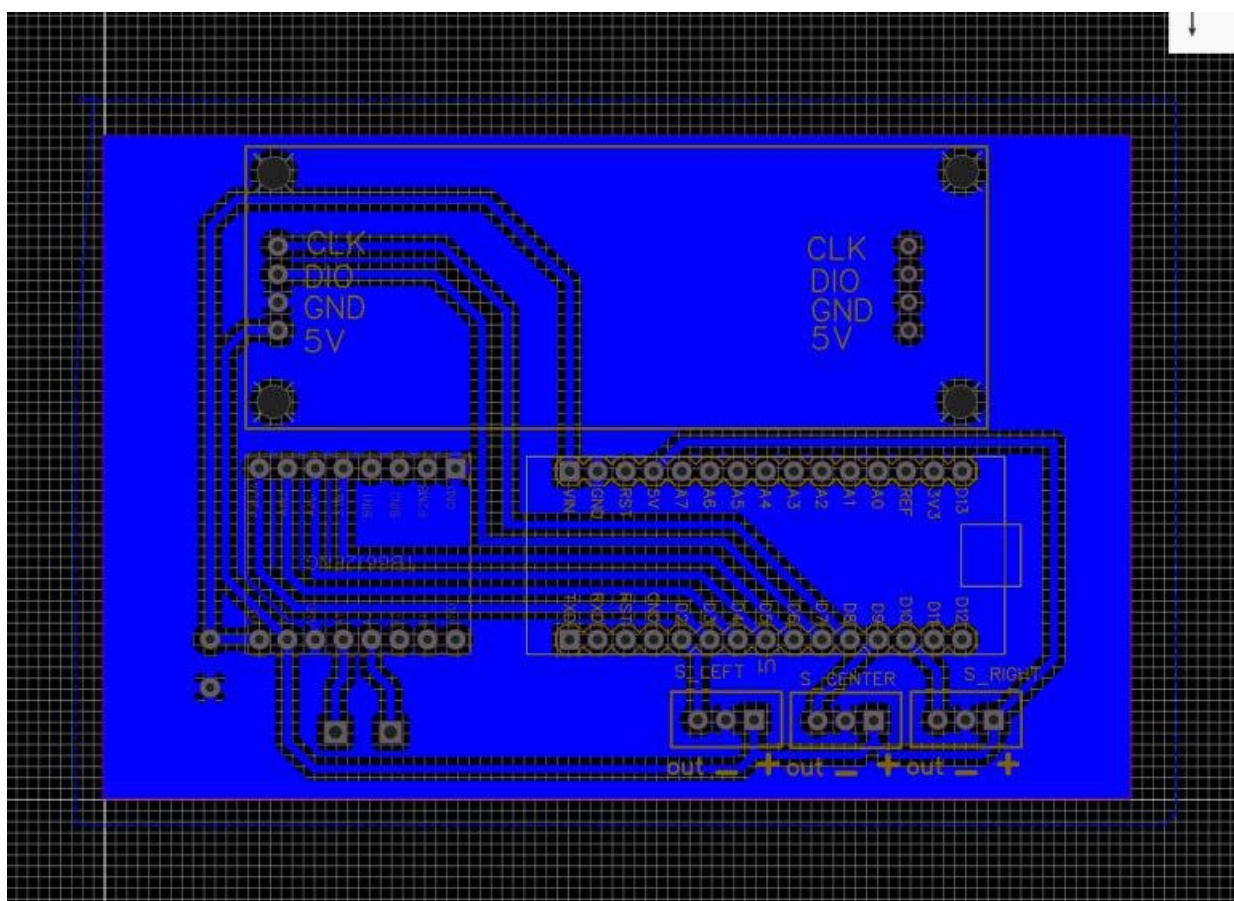


Рисунок 4.1 – Друкована плата

Товщина мідних доріжок була вибрана 0,75 мм із проміжками 1 мм між ними. Ці параметри є компромісом між технологічними можливостями ручного виготовлення та надійністю отриманих з'єднань. Більш тонкі доріжки могли б призвести до їх пошкодження під час пайки, а більш широкі - ускладнили б розведення на обмеженій площі.

Для перенесення макету на текстоліт була використана так звана лазерно-утюжна технологія. Візерунок плати роздрукували на глянцевому папері за допомогою лазерного принтера. Після ретельного очищення мідної поверхні текстоліту спиртом та абразивною губкою, папір із нанесеним макетом прикладали до міді і прогрівали звичайним побутовим праскою при температурі близько 180°C протягом 8-10 хвилин. Під дією температури тонер з паперу переносився на мідну поверхню, утворюючи захисний шар.

Після охолодження папір ретельно змочували водою і видаляли, залишаючи на текстоліті лише прикріплений тонеровий макет. Ділянки міді, не захищені тонером, підлягали видаленню в процесі травлення. Для цього використовувався розчин хлорного заліза (FeCl_3) з приблизною концентрацією 100–150 г/л. Через слабку концентрацію та температуру травлення тривало близько 40 хвилин, після чого плату ретельно промивали під проточною водою.

Наступним критично важливим етапом було механічне свердління отворів під компоненти. Використовувався дрібний свердлінник діаметром 0,8-1,0 мм, який дозволив точно виконати отвори для ніжок мікросхем та інших елементів. Особливу увагу приділили отворах під роз'єми живлення - їх діаметр становив 1,2 мм для забезпечення надійного контакту.

Монтаж компонентів здійснювався після завершення обробки плати. Arduino Nano, моторний драйвер TB6612FNG запаювались безпосередньо в посадочні місця, без використання роз'ємів чи панельок. Підключення зовніх компонентів (датчиків, дисплея, помпи) здійснювали через стандартні контактні майданчики. Живлення подавалося через два паяних контакти VCC та GND, без використання окремого конектора.

Після завершення пайки плата була ретельно перевірена, для цього використовувався мультиметр у режимі прозвонки, а також візуальний огляд під збільшенням. В ідеалі для захисту мідних доріжок від окислення бажано наносити спеціальну маску або лак, проте в домашніх умовах це досить трудомісткий процес, тому це було пропущено.

5 ІНСТРУКЦІЯ КОРИСТУВАЧА

5.1 Встановлення та налаштування

Перед початком експлуатації диспенсера необхідно виконати його правильне встановлення та підготовку до роботи.

Пристрій слід розташувати на стійкій горизонтальній поверхні в безпосередній близькості від умивальника, душової kabіни або іншого місця призначення. Важливо забезпечити достатній простір для комфортного піднесення рук у зону подачі засобу. Оптимальна висота розташування – на рівні 70–90 см від підлоги, що відповідає середньому зросту користувача.

Заправка рідиною здійснюється через верхній отвір контейнера, де виходить силіконова трубка. Для цього потрібно обережно залити миючий засіб або антисептик безпосередньо в контейнер, стежачи за тим, щоб рідина не лилася за краї контейнера. Трубка, яка жорстко закріплена в контейнері за допомогою гелевого суперклею, повинна залишатися у вільному стані, без перегинів чи затискання.

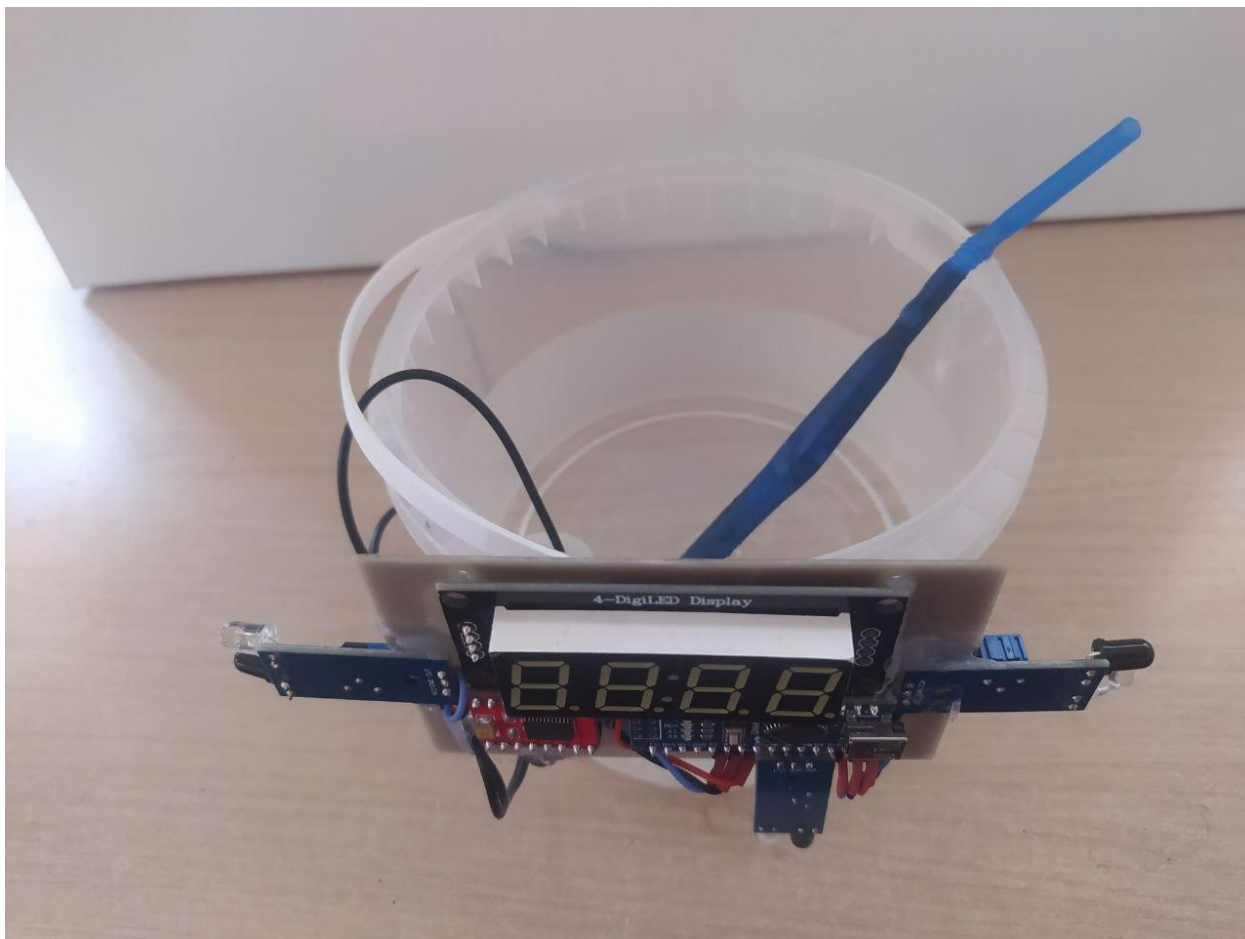


Рисунок 5.1 – Заправка антисептиком

Пристрій працює від зовнішнього блоку живлення (6–12 В). Для підключення:

- а) підключити блок до електричної мережі;
- б) переконатися, що на дисплеї з'явився індикатор роботи (рисунок 5.2).

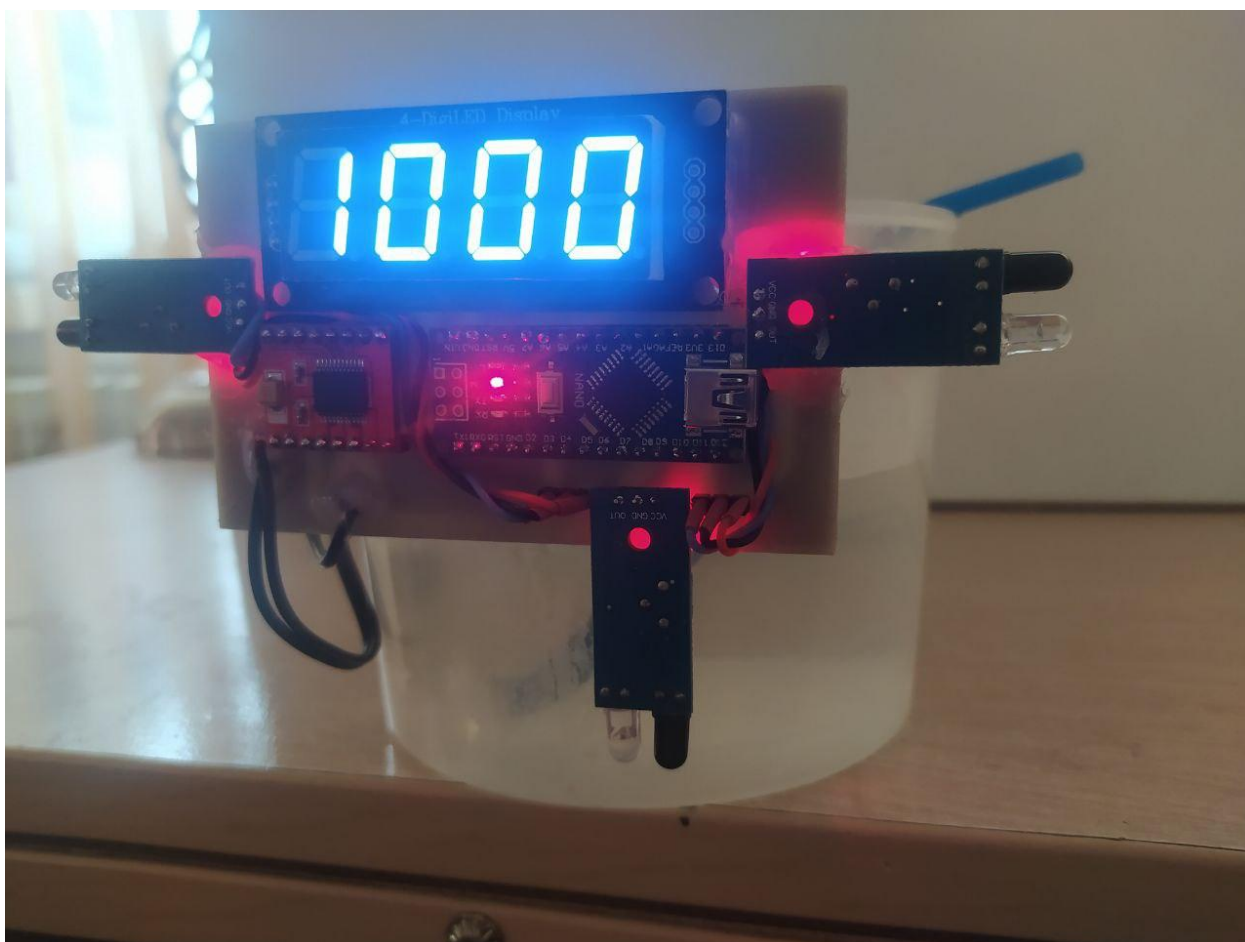


Рисунок 5.2 – Індикатор роботи на дисплеї диспенсера

Після підключення диспенсер готовий до роботи.

5.2 Регулювання дозування

Система дозування дозволяє точно налаштувати об'єм рідини, що подається, за допомогою інфрачервоних датчиків.

Лівий датчик (розташований з лівого боку корпусу) – відповідає за зменшення порції. При короткотривалому піднесенні руки до датчика значення дози зменшується на 100 мс (або $\sim 0,1$ мл).

Правий датчик (правий бік корпусу) – збільшує об'єм порції. Аналогічне піднесення руки збільшує час подачі на 100 мс.

Центральний датчик – активує подачу рідини. Після піднесення

руки помпа запускається на заданий час (відображається на дисплеї).

Після вмикання диспенсер відображає значення за замовчуванням (1000 мс).

Для збільшення дози (рисунок 5.3) необхідно піднести руку до правого датчика та утримувати її до досягнення потрібного значення.



Рисунок 5.3 – Збільшення дози рідини

Для зменшення (рисунок 5.4) – аналогічно використовувати лівий датчик.



Рисунок 5.4– Зменшення дози рідини

Після налаштування система запам'ятовує параметри (рисунок 5.5) до наступної корекції.



Рисунок 5.5– Запам'ятовані параметри

Мінімальна доза – 100 мс, максимальна – 3000 мс. Під час подачі рідини дисплей миготить, сигналізуючи про активний режим.

5.3 Обслуговування

Для підтримки пристрою в робочому стані необхідно регулярно проводити очищення. Внутрішній контейнер і трубку слід промивати теплою водою з милом приблизно раз на тиждень. Важливо пам'ятати, що помпа жорстко закріплена на стінці контейнера, тому не слід намагатися її відокремити під час чищення.

Зовнішні поверхні корпусу потрібно обережно протирати м'якою вологою тканиною, уникаючи потрапляння вологи в електронні компоненти. Інфрачервоні датчики слід очищати від пилу сухою м'якою щіточкою щомісяця.

При тривалому невикористанні пристрою (понад місяць) необхідно відключити живлення та злити залишки рідини з контейнера. Категорично не рекомендується використовувати агресивні хімічні засоби для чищення або намагатися розбирати корпус пристрою. Заміна рідини проводиться шляхом повного спорожнення контейнера, ретельного промивання системи і подальшої заправки новим засобом.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розроблено автоматизований диспенсер рідких засобів гігієни з безконтактним керуванням, який повністю відповідає поставленим завданням та є актуальним у наш час особливо після недавньої пандемії спровокованої поширенням ковіду яка ще раз підкреслила актуальність та необхідність подібної розробки системи. Пристрій забезпечує точне дозування рідини за допомогою інфрачервоних датчиків, має функцію регулювання об'єму порції та виводить інформацію на семисегментний дисплей. Використання стаціонарного живлення дозволяє забезпечити стабільну роботу. Програмна реалізація на базі Arduino Nano гарантує стабільну роботу всіх компонентів системи, що підтверджується досягнутими кількісними (час дозування 100–3000 мс) показниками.

Порівняно з існуючими аналогами, розроблений диспенсер поєднує переваги безконтактного керування, простоти конструкції та енергоефективності, пропонуючи більш доступне рішення порівняно з комерційними моделями. Хоча деякі сучасні пристрої мають додаткові функції, такі як інтеграція з IoT, запропонована розробка демонструє оптимальний баланс між функціональністю, вартістю та ефективністю.

Для подальшого вдосконалення пристрою можна додати модулі дистанційного керування, впровадити датчик рівня рідини, також можна додати другу помпу - наприклад, для забезпечення функції змішування різних речовин у заданих пропорціях. та оптимізувати енергоспоживання. Практичне застосування результатів роботи охоплює використання в побуті та громадських місцях для розподілу миючих засобів, антисептиків. У навчальному процесі розробка може слугувати наочним прикладом інтеграції мікроконтролерів та сенсорних технологій для студентів технічних спеціальностей.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Banzi, M. Getting Started with Arduino: The Open Source Electronics Prototyping Platform (Make) 3rd Edition [Текст] : посібник / Massimo Banzi, Michael Shiloh; Make Community, LLC, 2015. – 260 с. – ISBN 978-1-4493-6333-3.
2. Arduino Nano – Official Documentation [Електроний ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.arduino.cc/hardware/nano> – Загл. с екрана.
3. 7-segment Display [Електроний ресурс]. – Режим доступа : <https://www.electronics-tutorials.ws/blog/7-segment-display-tutorial.html> – Загл. с екрана.
4. Гігієна в громадських приміщеннях – практичні поради для запобігання інфекцій [Електроний ресурс]. – Режим доступа : <https://fact-news.com.ua/gigiena-v-gromadskix-primishennyax-yak-uniknuti-infektsij/> – Загл. с екрана.
5. Norbert H. Seemayer Environmental Hygiene [Текст] : посібник / Norbert H. Seemayer, Wolfgang Hadnagy ; Springer, 1988. – 214 с. – ISBN-13 : 978-3-4019-3548.