

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Програмно-апаратний комплекс "Цифрова паяльна станція" на основі  
програмованого контролера Arduino Nano  
Назва теми

КвРКІ.180235.19.03.51 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва


Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»  
Назва

Виконав: студент IV курсу, група КІ-19-3

  
Підпис


М. М. Карапозюк  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

Т.М. Кисіль  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.М. Лисенко  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

  
Підпис

Т.О. Говорущенко  
Ініціали, прізвище

«31» травня 2023 р.

Хмельницький 2023

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР


Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма ОСВІТНЯ ПРОГРАМА «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

  
" 11 " 01 2023 р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Карапозюку Миколі Миколайовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-апаратний комплекс "Цифрова паяльна станція" на основі програмованого контролера Arduino Nano

Керівник проекту (роботи) Кисіль Т. М., к.ф.-м.н., доц.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 1.03.2023 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

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

Дослідження предметної області та постановка задачі

Моделювання та проектування цифрової паяльної станції

Апаратна реалізація цифрової паяльної станції

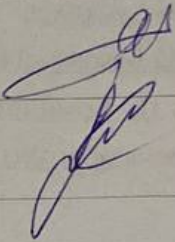
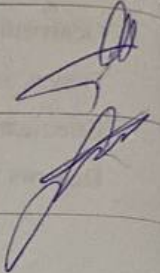
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Схема електрична принципова

Візуалізація апаратних складових

Результати вимірювання температури на наконечнику паяльника

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагиат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 01 » 03 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	20.02.2022	виконав
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.03.2023	виконав
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	10.03.2023	виконав
4	Робота над розділом 2 – Моделювання та проєктування цифрової паяльної станції	20.04.2023	виконав
5	Робота над розділом 3 – Апаратна реалізація цифрової паяльної станції	30.04.2023	виконав
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2023	виконав
7	Попередній захист ВКР	26.05.2023	виконав
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2023 року	

Студент

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис  
  
Підпис

М.М. Карапозюк  
Ініціали, прізвище

Т.М. Кисіль  
Ініціали, прізвище



## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: Програмно-апаратний комплекс "Цифрова паяльна станція" на основі програмованого контролера Arduino Nano.

Автор роботи: Карапозюк Микола Миколайович.

Керівник роботи: Кисіль Тетяна Миколаївна.

Пояснювальна записка: 60 с., 12 рис., 5 табл., 4 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

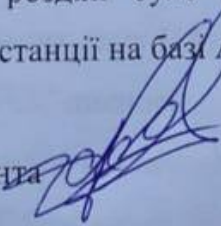
ПАЯЛЬНА СТАНЦІЯ, ТЕРМОПОВІТРЯНА ПАЯЛЬНА СТАНЦІЯ.  
ARDUINO NANO, ЦИФРОВА ПАЯЛЬНА СТАНЦІЯ.

Метою роботи є розробка програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції. У першому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано існуючі рішення програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції. Також було розглянуто різні підходи для реалізації даного проекту та визначені задачі для побудови програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції.

У другому розділі було проаналізовано існуючі на ринку апаратні складові, та обрано найбільш підходяще обладнання для побудови паяльної станції. Розроблено принципову схему і алгоритм роботи програмно-апаратного комплексу. Також спроектовано друковану плату для розміщення на ній елементів паяльної станції.

В третьому розділі було реалізовано програмно-апаратний комплекс цифрової паяльної станції на базі Arduino.

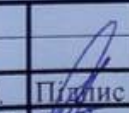
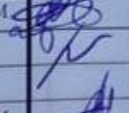


Підпис студента



Дата

## ЗМІСТ

<b>1.</b>	<b>ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ “ЦИФРОВА ПАЯЛЬНА СТАНЦІЯ” НА ОСНОВІ ПРОГРАМОВАНОГО КОНТРОЛЕРА ARDUINO NANO</b>	<b>6</b>
1.1	Загальні відомості та характеристики паяльних станцій	6
1.2	Дослідження вже відомих реалізацій паяльних станцій	8
1.2.1	Acsta 301	9
1.2.2	Lukey 852D+	10
1.2.3	Аоуе 968	11
1.2.4	Висновки на основі досліджень вже відомих реалізацій паяльної станції	12
1.3	Огляд роботи аналогової паяльної станції	12
1.4	Огляд роботи імпульсної паяльної станції	14
1.5	Постановка задачі	17
1.6	Висновки	18
<b>2.</b>	<b>ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ “ЦИФРОВА ПАЯЛЬНА СТАНЦІЯ” НА ОСНОВІ ПРОГРАМОВАНОГО КОНТРОЛЕРА ARDUINO NANO</b>	<b>19</b>
2.1	Обґрунтування вибору програмного забезпечення та апаратних ресурсів	19
2.1.1	Контролер Arduino Nano	20
2.1.2	Паяльник типу НАККО 907	23
2.1.3	LCD I2C дисплей	26
2.1.4	Понижуючий модуль MP2303	27
2.1.5	МДН транзистор IRLB4132	29
2.1.6	Операційний підсилювач LM358	31

КВРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ				
Зм.	Арк.	Медокум.	Підпис	Дата
Виконав		Караполок М.М.		
Перевір.		Кисіль Т.М.		
Н.контр.		Лисенко С.М.		
Затвер.		Говорушенко Т.О.		31.05
Програмно-апаратний комплекс "Цифрова паяльна станція" на основі програмованого контролера Arduino Nano			Літера Н	Аркуш 3
			Аркушів 60	ХНУ, КІ-19-3

2.1.7	Роз'єм для підключення живлення.....	34
2.1.8	DIN роз'єм для підключення паяльника.....	36
2.1.9	Конденсатори та резистори.....	37
2.1.10	Потенціометр на 10 кОм.....	39
2.1.11	Джерело живлення на 3А, 24В.....	41
2.2	Принципова схема паяльної станції.....	42
2.3	Проектування та розробка друкованої плати для паяльної станції.....	43
2.4	Алгоритм роботи розроблюваної паяльної станції.....	45
2.5	Висновки.....	46
<b>3.</b>	<b>РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ “ЦИФРОВА ПАЯЛЬНА СТАНЦІЯ” НА ОСНОВІ ПРОГРАМОВАНОГО КОНТРОЛЕРА ARDUINO NANO.....</b>	<b>47</b>
3.1	Встановлення середовища розробки для Arduino.....	47
3.2	Виготовлення корпусу для паяльної станції.....	49
3.3	Розпайка елементів на друковану плату.....	51
3.4	Підключення всіх елементів паяльної станції.....	53
3.5	Розробка програмного забезпечення для цифрової паяльної станції... ..	55
3.6	Тестування та результати роботи паяльної станції.....	60
3.7	Висновки.....	62
	<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>63</b>
	<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>65</b>
	Додаток А Копія креслення «Схема електрична принципова».....	71
	Додаток Б Копія креслення «Візуалізація апаратних складових».....	72
	Додаток В Копія креслення «Результати вимірювання температури на наконечнику паяльника».....	73
	Додаток Г Лістинг коду.....	74

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

SMD – компоненти для поверхневого монтажу

ОП – Операційний підсилювач

ГА - генетичний алгоритм

ОС - операційна система

ПЗ - програмне забезпечення

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		4

## ВСТУП

Розвиток технологій впливає на багато сфер нашого життя, включаючи індустріальну сферу. Однією з ключових галузей, де спостерігається постійний розвиток технологій, є електроніка. Завдяки стрімкому зростанню складності електронних пристроїв і збільшенню їх функціональності, постійно з'являються нові потреби у спеціалізованих пристроях для монтажу елементів на плати. Одним із таких пристроїв є цифрова паяльна станція. Сучасні електронні компоненти дуже чутливі до температурних змін, тому паяльні станції мають забезпечувати точність та стабільність температури.

Метою кваліфікаційної роботи є проектування та створення програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції.

Об'єктом дослідження є моніторинг та контроль температурного режиму на паяльному жалі цифрової паяльної станції.

Предметом дослідження є програмно-апаратний комплекс цифрової паяльної станції на базі Arduino Nano.

У першому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано існуючі рішення програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції. Також було розглянуто різні підходи для реалізації даного проекту та визначені задачі для побудови програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції.

У другому розділі було проаналізовано існуючі на ринку апаратні складові, та обрано найбільш підходяще обладнання для побудови паяльної станції. Розроблено принципову схему і алгоритм роботи програмно-апаратного комплексу. Також спроектовано друковану плату для розміщення на ній елементів паяльної станції.

В третьому розділі було реалізовано програмно-апаратний комплекс цифрової паяльної станції на базі Arduino.

Практична цінність роботи полягає в розробленому програмно-апаратному комплексі цифрової паяльної станції на базі Arduino Nano, який дозволяє підтримувати задану температуру паяльного жала, змінювати її у певному діапазоні та слідкувати щоб температура на екрані та жалі паяльники збігалася.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		5

# 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ ДЛЯ ПОБУДОВИ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ “ЦИФРОВА ПАЯЛЬНА СТАНЦІЯ” НА ОСНОВІ ПРОГРАМОВАНОГО КОНТРОЛЕРА ARDUINO NANO

## 1.1 Загальні відомості та характеристики паяльних станцій

Паяльна станція – це багатофункціональне настільне паяльне устаткування, яке використовують для пайки SMD елементів в радіоелектроніці. Вона дозволяє швидко і якісно запаювати всі потрібні елементи на плату згідно дотримання всіх технічних норм по зоні нагріву, тривалості пайки та температурі.

Професійна паяльна станція вміщає в собі наступні частини:

- 1) плата керування (це є програмована плата по типу Arduino, яка відповідає за контроль всіх процесів);
- 2) паяльник зі змінними жалами (для пайки на низьких температурах);
- 3) термофен зі змінними соплами (для розігріву контактних площадок плати під час групової пайки);
- 4) термопінцет (використовують монтажу і демонтажу SMD елементів на друковані плати);
- 5) термо платформи (використовують для рівномірного прогріву поверхню для монтажу деталей)
- 6) пневмо-обладнання (олововідсоси та вакуумні пінцети);
- 7) допоміжна периферія (антистатичні браслети і килимки, підставки, тримачі, зажими, тіски і тд.).

Всі паяльні станції в базовій комплектації мають паяльник, термофен, модуль керування, змінні жала і сопла для та металева підставка. Якщо порівняти станцію з простим паяльником то станція має ряд переваг: регулювання та підтримка заданої робочої температури, наявність запобіжників та систем безпеки від КЗ, керамічний нагрівальний елемент, ремонтпригодність.

На (рис. 1.1) зображено найпростішу паяльну станцію, в комплект якої входить: модуль керування, паяльник, металева підставка для паяльника і губки для очищення жала від припою.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		6



Рисунок 1.1 - Найпростіша паяльна станція

Суттєвою складовою паяльників є їх жала. В сучасних станціях вони є змінними і незмінними. І можуть бути виготовлені з різних матеріалів, в основному це мідь, або кераміка покрита нікельом.

Всі паяльники на паяльних станціях поділяють за типом нагрівання наконечника. Зараз існує 3 таких типи:

- 1) ніхромовий нагрівач (це керамічний стрижень на який намотується ніхромовий дріт та покривається шаром з ізоляції)
- 2) керамічний нагрівач (це керамічний стрижень на який нанесли шар з керамічної сталі на яку була нанесена струмопровідна доріжка, яка і буде випромінювати тепло);
- 3) індукційний нагрівач ( тепло в даному випадку генерується за рахунок високосортної модуляції жала частина якого розміщена у центрі котушки).

Нижче я навів декілька основних переваг та недоліків які притаманні паяльним станціям.

Переваги:

- 1) швидке нагрівання;
- 2) підтримка заданої температури;

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ

Арк.

7

- 3) велика потужність при малих розмірах;
- 4) можливість довго працювати без втрати потужності;
- 5) довговічність.

Недоліки:

- 1) термоповітряні станції можуть здути або розплавити крихітні SMD елементи;
- 2) в індукційних паяльних станціях відсутня можливість регулювання температури, та дуже дорогі паяльні картриджі;
- 3) імпульсні паяльні станції мають малу потужність та не придатні для довготривалої роботи;
- 4) інфрачервоні станції дуже дорогі, а також у деяких виробників мають не зовсім точне регулювання температури.

## 1.2 Дослідження вже відомих реалізацій паяльних станцій

Сучасний ринок представляє багато реалізацій вже готовий паяльних станцій за допомогою яких можна швидко і якісно виконувати монтаж радіоелектронних елементів на друковані плати. У даному розділі проаналізуємо характеристики та розглянемо основні переваги та недоліки декількох паяльних станцій від відомих виробників.

Серед розглянутих паяльних станцій є такі:

1. Assta 301.
2. Lukey 852D+.
3. Aouye 968.

Під час огляду даного устаткування слід звернути свою увагу на такі основні критерії:

1. Ціна.
2. Ергономіка використання.
3. Ремонтпригодність.
4. Наявність змінних деталей.
5. Простота використання.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		8

### 1.2.1 Асста 301

Асста 301 – це двохканальна термоповітряна паяльна станція яку можна використовувати при монтажі та демонтажі радіоелектронних елементів. Дана станція є представником бюджетного цінового сегменту, але по співвідношенню ціна-якість вона випереджує своїх конкурентів. При виготовленні 301-ї моделі розробниками за основу було взяти досвід роботи з сотнями станцій від різних виробників. Вона показана на рисунку 1.2.

Ключовими особливостями даного пристрою є: висока тепловіддача паяльника, стабільність роботи, термостабілізація паяльного фену та багаторівнева система для захисту від навантажень.



Рисунок 1.2 - Термоповітряна паяльна станція Асста 301

Основні переваги Асста 301:

- 1) система керування на мікропроцесорі;
- 2) захисна система від перегріву паяльника та паяльного фена;
- 3) підтримка заданої температури паяльника з максимальним відхиленням  $\pm 4^{\circ}\text{C}$ ;
- 4) швидкий час розігріву паяльна до вказаної температури(12с).

Основні недоліки:

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		9

- 1) в комплекті нема змінних наконечників;
- 2) не зручна підставка під паяльник.

### 1.2.2 Lukey 852D+

Lukey 852D+ – є компресорною паяльною станцією. Цю модель використовують як приватні майстри так і спеціалізовані сервісні центри які займаються ремонтом радіоелектронних пристроїв. 852D+ є потужною, простою та надійною у використанні. Вона показана на рисунку 1.3.

Ключовими особливостями є: металевий корпус, два цифрові дисплеї, наявність діафрагмового насоса для нагнітання повітря, діапазон регулювання температур.



Рисунок 1.3 - Компресорна паяльна станція Lukey 852D+[3]

Основні переваги Lukey 852D+:

- 1) можливість працювати з різними м'якими матеріалами;
- 2) зручний полегшений паяльний фен;
- 3) широкий діапазон температур;
- 4) нагрівальний елемент типу Нако.

Основні недоліки:

- 1) відсутня українська мова;
- 2) поганий конектор підключення паяльника ;

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		10

- 3) станція дуже шумна;
- 4) потрібно докупляти перехідник для увімкнення в мережу 220V, так як вона комплектується китайською вилкою.

### 1.2.3 Аоуе 968

Аоуе 968 – є багатофункціональною паяльною станцією яка в своєму арсеналі налічує навіть димопоглинач. Димовідвідна система усуває задимлення, яке виникає при паці елементів під мікроскопом. Дана модель оснащена керамічними нагрівальними елементами які в свою чергу дозволяють швидко набирати задану температуру. Вмонтована система безпеки сповістить вас якщо якийсь агрегат паяльної станції вийде з ладу. Вона показана на рисунку 1.4.

Аоуе 968 широко використовують для реболінгу BGA-елементів та ремонту мобільних телефонів, портативної акустики, ноутбуків, ПК і навіть систем військового зв'язку.



Рисунок 1.4 - Паяльна станція Аоуе 96[4]

Основні переваги:

- 1) наявність димопоглинача;
- 2) велика потужність;
- 3) сумісність з наконечниками АОУУЕ типу Т (НАКО);

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		11

4) система охолодження фену.

Основні недоліки:

- 1) станція дуже шумна;
- 2) відсутня українська мова;
- 3) великі габарити.

#### 1.2.4 Висновки на основі досліджень вже відомих реалізацій паяльної станції

На основі досліджень вже відомих реалізацій паяльних станцій можна зробити кілька висновків:

Регулювання температури є важливим параметром при пайці електронних компонентів. Кращі паяльні станції мають можливість точного регулювання температури з точністю до декількох градусів. Використання термоповітряного фена є корисним для паяння BGA та інших складних компонентів. Добре обладнана паяльна станція може спростити процес пайки і забезпечити більш точний та якісний результат. Використання паяльної станції може бути корисним для професійних техніків та електронних інженерів, а також для домашніх користувачів, які виконують ремонт електроніки.

Перебравши багато варіантів вже готових паяльних станцій, які є зараз на ринку, я виявив декілька суттєвих проблем, які я спробую вирішити в моїй реалізації даного проекту. Найбільшою проблемою вище показаних пристроїв є відсутність української мови, досить велика ціна станції та її низька швидкодія.

#### 1.3 Огляд роботи аналогової паяльної станції

Аналогова паяльна станція - це проста в експлуатації і досить популярна модель, яка використовується для паяння електронних компонентів. Принцип роботи аналогової паяльної станції досить простий. У ній є нагрівальний елемент (зазвичай керамічний нагрівальний елемент), який підключається до джерела живлення. Температура нагрівального елемента контролюється засобами

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		12

регулювання, що знаходиться на корпусі паяльної станції. Коли нагрівальний елемент досягає потрібної температури, можна приступати до паяння. Для паяння використовується паяльник, який підключається до тієї ж самої джерела живлення, що й нагрівальний елемент. Паяльник має дуже малий розмір ізоляційної частини, що дозволяє точно і просто паяти електронні компоненти на платі. Принципова схема показана на рисунку 1.5.

Аналогова паяльна станція конструктивно складається з наступних основних компонентів:

1. Нагрівальний елемент: це основний інструмент паяльної станції, який забезпечує нагрів паяльної ділянки до необхідної температури. Зазвичай паяльне залізо має обмежений діапазон регулювання температури.

2. Трансформатор: використовується для зменшення напруги з мережі електроживлення до потрібної для паяльного заліза.

3. Регулятор температури: використовується для контролю температури паяльного заліза. Зазвичай це поворотний регулятор або перемикач з дискретними значеннями температури.

4. Схема автоматичної стабілізації температури: використовується для підтримки температури паяльного заліза на необхідному рівні, незалежно від змін в навколишніх умовах, таких як температура приміщення або сила струму.

5. Ізольований блок живлення: використовується для забезпечення безпечного живлення паяльної станції від мережі електроживлення.

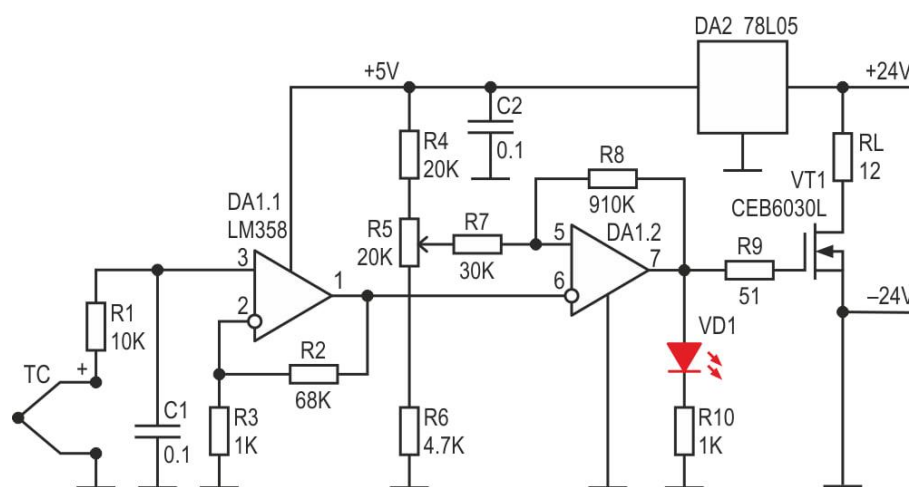


Рисунок 1.5 – принципова схема аналогової паяльної станції[25]

Аналогова паяльна станція має кілька переваг, таких як простота в експлуатації, надійність і дешевизна. Однак, недоліком є нестабільність температури нагрівального елемента, особливо під час тривалого використання. Також потрібно знати, яка температура необхідна для паяння конкретних компонентів, що може вимагати додаткового досвіду

#### 1.4 Огляд роботи імпульсної паяльної станції

Імпульсна паяльна станція призначена для робіт по монтажу радіодеталей на друковані плати і не тільки. Вона оснащена імпульсним паяльником, нагрівання якого відбувається за рахунок високої частоти струму. Паяльники даного класу є доволі економними, бо споживають електричний струм лише при прямому процесі пайки. Конструктивно прилад складається з мікропроцесора та понижуючого ВЧ трансформатора. Вторинна обмотка понижувального трансформатора має два струмознімальні контакти куди і закріплюється паяльне жало.

Останні моделі імпульсних паяльних станцій для якісної пайки оснащені цифровою індикацією для відображення рівня потужності в момент роботи та підсвіткою робочої області пайки. Корпус таких пристроїв виготовляють з хорошого термостійкого пластику.

Основні переваги імпульсних паяльних станцій порівняно з термоповітряними паяльними станціями такі:

1. Швидкість нагріву: імпульсна паяльна станція зазвичай нагрівається швидше за резистивну, тому її можна використовувати без чекання довгого часу перед початком роботи.

2. Точність температури: імпульсна паяльна станція зазвичай має більш точне регулювання температури, що дає можливість краще контролювати процес пайки.

3. Енергоефективність: імпульсна паяльна станція зазвичай споживає менше електроенергії, оскільки вона використовує енергію для нагріву лише тоді, коли це необхідно.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		14

4. Безпека: імпульсна паяльна станція може бути більш безпечною для використання, оскільки вона не нагрівається безперервно, що може знизити ризик випадкового опікання.

5. Широкий діапазон застосування: імпульсна паяльна станція може бути використана для пайки різних матеріалів, включаючи пластик, кераміку та метали, що розширює її застосування в різних сферах.

6. Довговічність: імпульсна паяльна станція має менше деталей, що може знизити ймовірність поломки та збільшити її довговічність.

Імпульсна паяльна станція вміщає в себе наступні елементи:

1. Блок живлення: це джерело енергії для станції, яке може бути вбудованим або зовнішнім. Він забезпечує потужність для роботи паяльника та дисплея.

2. Мікроконтролер: це головний компонент станції, який контролює роботу всіх інших компонентів. Він забезпечує точне регулювання температури та часу нагріву.

3. Сенсор температури: це електронний датчик, який вимірює температуру паяльника. Він дозволяє мікроконтролеру точно регулювати температуру.

4. Імпульсний нагрівач: це електричний елемент, який генерує тепло для нагріву паяльника. Він працює на основі імпульсного нагріву, який забезпечує швидкий та ефективний нагрів.

5. Дисплей: це електронний дисплей, який відображає температуру та інші параметри роботи станції.

6. Кнопки управління: ці кнопки дозволяють користувачеві регулювати температуру та час нагріву.

7. Холдер для паяльника: це спеціальний тримач для паяльника, який дозволяє користувачеві зручно утримувати його під час роботи.

8. Стенд для паяльника: це основа станції, на якій розташовані блок живлення, дисплей та інші компоненти. Вона також може мати додаткові роз'єми для паяльника та інших інструментів.

Принципову схему імпульсної паяльної станції зображено на рис. 1.6. Ця схема є більш складною і відрізняється від схеми простої паяльної станції з

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		15

керамічним нагрівальним елементом. При виготовленні паяльника імпульсної паяльної станції потрібний високочастотний понижуючий трансформатор.

Його ми можемо отримати використавши імпульсний блок живлення. Як правило такі блоки використовують при запуску лампочок денного світла. В такому ВЧ трансформаторі викидають вторинну обмотку та роблять приблизно два витки мідним дротом(1мм).

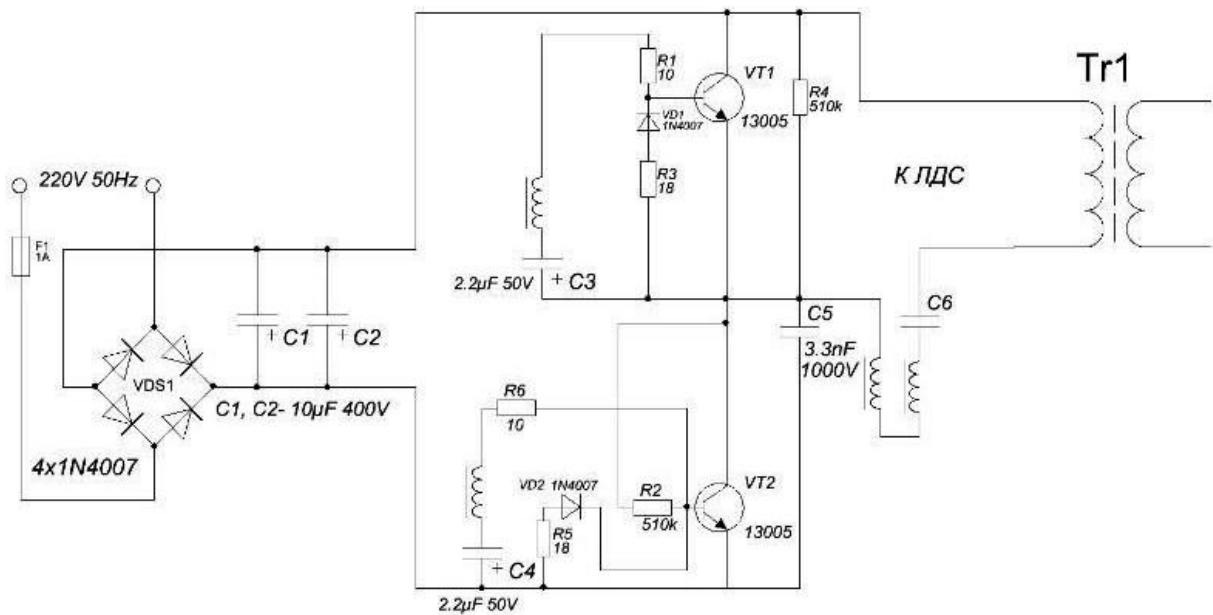


Рисунок 1.6 – принципова схема імпульсної паяльної станції[25]

Такий трансформатор з модернізованою обмоткою розміщують в корпусі. Чудово підійде корпус у вигляді пістолета. Кнопка для увімкнення пристрою монтується в місці де мав би бути курок.

На місці дула нашого уявного пістолета монтуємо кронштейн, який виготовлений з діалектичного матеріалу, на який і буде встановлено наше жало з мідного дроту. Воно підключається до вторинної обмотки ВЧ трансформатора. Після того як кнопка вмикання буде натиснута, зразу піде нагрів жала. Для візуальної зручності та наглядності ми впаяємо світлодіод який буде світитися після натискання кнопки-курка. В ході роботи не потрібно довго тримати кнопку увімкненою, це може призвести до перегріву паяльника і та його поломки.

Принцип роботи імпульсної паяльної станції полягає в тому, що вона використовує імпульсний режим живлення для створення постійного нагріву паяльного елемента. Коли паяльник підключений до імпульсної паяльної станції та увімкнений, термоелемент починає нагріватися за допомогою імпульсів, які подаються з блоку живлення. При досягненні встановленої температури, термоелемент відправляє сигнал до блоку живлення, який припиняє постачання енергії до паяльника, поки температура не опуститься нижче встановленого рівня. Коли паяльник застосовується для паяння компонентів, він нагріває місце паяння до достатньої температури, щоб розтопити паяльну пасту та з'єднати компонент з платою. При знятті паяльника, температура на місці паяння починає знижуватися і термоелемент знову починає нагрівати паяльник до встановленої температури. Таким чином, імпульсна паяльна станція забезпечує точне і контрольоване нагрівання паяльника, що дозволяє робити якісне і надійне з'єднання.

### 1.5 Постановка задачі

Дослідивши велику кількість різного матеріалу на задану тему впливає чіткий порядок дій для програмно-технічної реалізації проекту цифрової паяльної станції.

- 1) підібрати апаратні складові для реалізації ПС;
- 2) розробити плату для розміщення всіх компонентів;
- 3) встановити всі апаратні з'єднання. На цьому етапі потрібно підключити та запаяти всі елементи на плату;
- 4) спроектувати та виготовити корпус для ПС;
- 5) підключення всіх компонентів. На даному етапі розміщаємо всю апаратну частину в середині корпусу;
- 6) розробити програмне забезпечення та запрограмувати ним нашу паяльну станцію;
- 7) провести налаштування та діагностику апаратної частини ПС;
- 8) закрити корпус та увімкнути пристрій;
- 9) перевірити роботу станції;

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		17

На основі даного переліку задач буде реалізовано розробку

## 1.6 Висновки

В першому розділі було широко розглянуте таке поняття як “Паяльна станція”, її типи та застосування. Також було досліджено вже готові реалізації ПС таких як: Assta 301, Lukey 852D+, Аоуе 968.

Проаналізувавши вище показані паяльні станції мною було виявлено ряд недоліків, в основному це нестабільна температура (може відбуватися з-за неправильної роботи термодатчика або незадовільної якості нагрівального елемента), та низька точність температурного контролю (у деяких моделях паяльних станцій можуть бути недостатньо точні термостати, що може призводити до неправильного паяння або перегріву елементів).

Мною були поставлені певні цілі для власної майбутньої розробки. Також було розглянуто алгоритми роботи та компонування цих паяльних станцій, які будуть застосовані при розробці власного пристрою.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		18

## 2. ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ “ЦИФРОВА ПАЯЛЬНА СТАНЦІЯ” НА ОСНОВІ ПРОГРАМОВАНОГО КОТРОЛЕРА ARDUINO NANO

### 2.1 Обґрунтування вибору програмного забезпечення та апаратних ресурсів

Вибір компонентів для побудови паяльної станції залежить від багатьох факторів, таких як бюджет, потреби у спеціалізованому обладнанні, частоті використання та типу електронних компонентів, які будуть паятися. Паяльна станція працює за принципом керування температурою паяльника за допомогою мікроконтролера Arduino Nano. Вона має датчик температури, який підключений до мікроконтролера і може вимірювати температуру нагрівального елемента паяльника. Мікроконтролер отримує дані з датчика і, в залежності від заданої температури, керує роботою нагрівального елемента. Якщо температура нагрівального елемента занадто низька, мікроконтролер вмикає нагрівальний елемент, щоб його підігріти. Коли температура досягає заданого рівня, мікроконтролер вимикає нагрівальний елемент, щоб запобігти перегріву.

Проектована цифрова паяльна станція буде містити в собі наступні компоненти:

- 1) контролер arduino Nano;
- 2) паяльник типу НАКО 907;
- 3) LCD I2C дислей;
- 4) понижуючий модуль MP2303;
- 5) МДН транзистор IRLB4132;
- 6) операційний підсилювач LM358;
- 7) роз'єм для підключення зовнішнього постійного струму 2,1мм;
- 8) 5 піновий DIN роз'єм для підключення паяльника;
- 9) електролітичний конденсатор на 470мкФ 25В;
- 10) резистори на 470 Ом, 2,7 кОм, 3,3 кОм, 10 кОм;
- 11) Потенціометр на 10 кОм;
- 12) джерело живлення на 3А, 24В.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		19

Кожен з обраних компонентів має свої властивості, які були враховані при їх виборі. Ці властивості будуть описані далі.

### 2.1.1 Контролер Arduino Nano

Плата Arduino Nano є основою розроблюваної цифрової паяльної станції. Arduino - це відкрита платформа, що складається з фізичної програмованої друкованої плати (мікроконтролер), яку можна використовувати для керування різними електронними компонентами. Вона має відкритий вихідний код та зручне середовище програмування, яке дозволяє розробникам легко програмувати та керувати приладами Arduino. За допомогою різних модулів та компонентів, що можна легко підключати до Arduino, можна створювати різні електронні проекти, такі як роботи, системи автоматизації, системи контролю, медіаплеєри, світлодіодні матриці та інші.

Arduino Nano - типова плата керування невеликих розмірів яку часто використовують з макетними платами. Дана плата має багато входів та виходів, що дозволяє їй підключатися до різних пристроїв. Вона також має можливість комунікації з іншими пристроями через інтерфейси, такі як I2C, SPI та UART.

На рисунку 2.1 зображена плата Arduino Nano, на рисунку 2.2 показано її пін-аут(розпіновку).

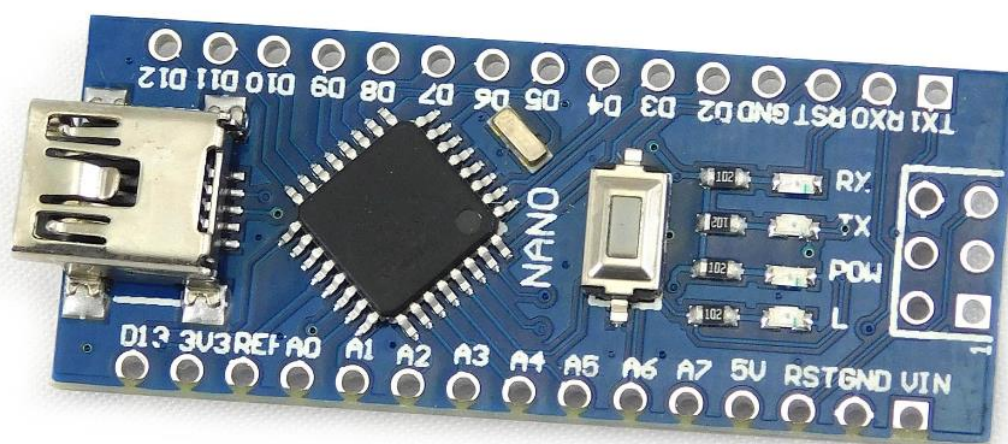


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд плати Arduino Nano [19]

## Основні характеристики плати Arduino Nano:

- 1) плата Arduino Nano має мікроконтролер Atmel AVR 8-біт, такі як ATmega328 або ATmega168.;
- 2) плата Arduino Nano не має власної операційної системи, але може працювати з різними ОС на комп'ютері, такими як Windows, Mac OS або Linux.;
- 3) плата має 14 цифрових вхідних/вихідних пінів, з яких 6 можуть бути використані як ШИМ-виходи, та 8 аналогових вхідних пінів. Також є піни для підключення UART, SPI та I2C рекомендоване вхідне живлення 7 – 12V;
- 4) плата має USB-порт, який можна використовувати для програмування та зчитування даних

Технічні характеристики плати Arduino Nano наведено в таблиці 2.1.

## ARDUINO NANO

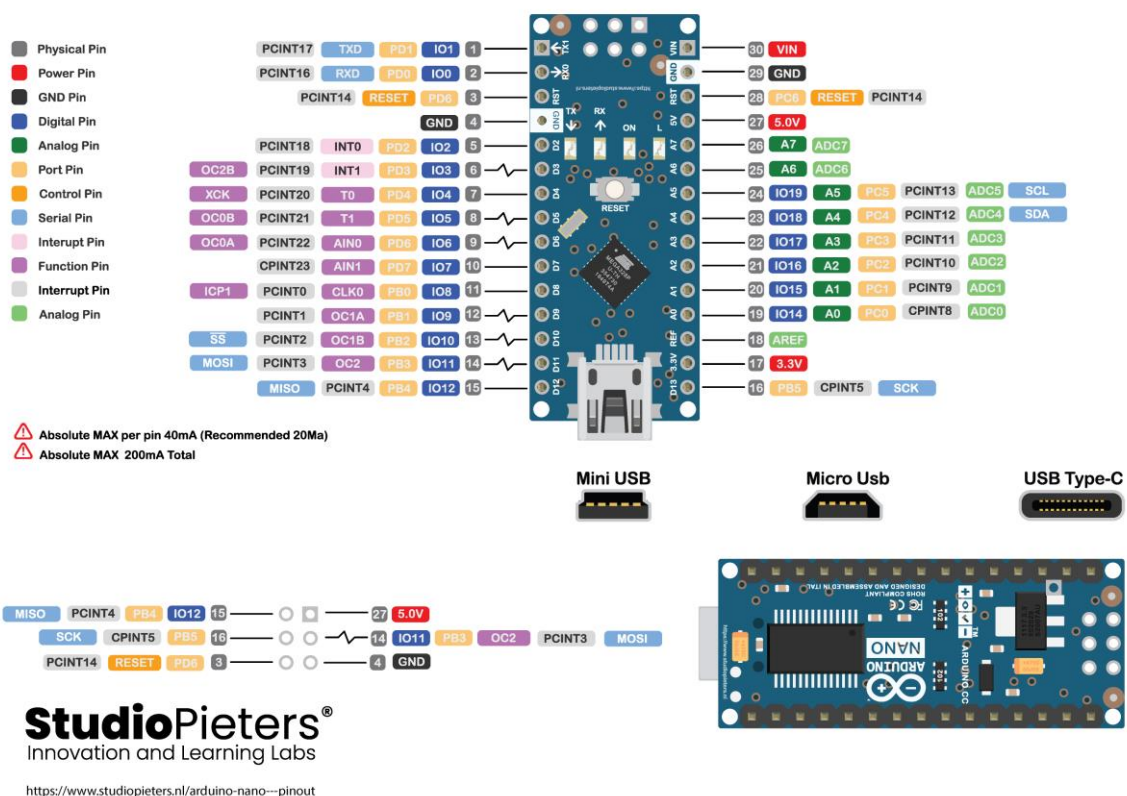


Рисунок 2.2 – Пінаут плати Arduino Nano[20]

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики Arduino Nano

Плата	Назва	Arduino Nano
Мікроконтролер	ATmega_328	
Пам'ять	ATmega_328P	ОЗП 2048 Байт, EEPROM 1024 Байти
Піни	Цифрові для вводу / виводу	14
	Аналогового входу	8
	ШІМ	6
Інтерфейси	SPI	є
	I2C	є
	UART	є
	mini USB type B	є
Тактова частота процесора	ATmega_328	16 МГц
Напруга живлення	Робоча на вході і на виході	5V
	Номінальна рекомендована	7-12V
	Пікова (гранична)	6-20V
Розміри	Вага	7 г.
	Ширина	1,85 см
	Довжина	4,3 см

Arduino Nano має дуже компактний розмір, що дозволяє легко вбудувати її в паяльну станцію без зайвого місця. Це також дозволяє зробити паяльну станцію більш портативною. Вона має достатню кількість цифрових та аналогових входів/виходів, що дозволяє легко підключати до неї різноманітні датчики температури, LCD дисплеї, та інші елементи для керування паяльною станцією. Плата Arduino Nano проста в програмуванні та використанні. Це дозволяє легко налаштувати паяльну станцію навіть для тих, хто не має великого досвіду з програмуванням мікроконтролерів. Дана плата є дуже популярним в

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		22

середовищі розробників та ентузіастів. Це означає, що є багато ресурсів, документації та підтримки від співтовариств Arduino, що можуть бути корисними при розробці та використанні паяльної станції.

Отже, плата Arduino Nano є чудовим вибором в якості контролера для розроблюваної паяльної станції з врахуванням її розміру, ціни, кількості вхідних/вихідних портів, простоти програмування.

### 2.1.2 Паяльник типу НАККО 907

НАККО 907 - це паяльна ручка, яка використовується в паяльних станціях для здійснення професійного паяння електронних компонентів. Даний паяльник дозволяє здійснювати точне та ефективне паяння електронних компонентів, забезпечуючи високу продуктивність та надійність роботи. Він добре підходить для роботи зі смд-компонентами та іншими дрібними деталями, що потребують високої точності обробки. За рахунок своєї високої якості та надійності, ця модель паяльника є досить популярною серед професіоналів, які займаються ремонтом та монтажем електроніки.



Рисунок 2.3 – Зовнішній паяльника типу НАККО 907[21]

НАККО 907 має керамічний нагрівальний елемент, який забезпечує швидке та рівномірне нагрівання наконечника паяльника. Керамічні елементи мають високу термічну стійкість, що дозволяє їм довго витримувати високі температури та запобігає пошкодженню паяльника від перевантаження. Крім того, керамічні

нагрівальні елементи є досить ефективними та швидко нагріваються до необхідної температури, що забезпечує ефективну та продуктивну роботу з паяльником. Загалом, керамічний нагрівальний елемент є відмінним вибором для паяльників, таких як 907 модель, які потребують точного та ефективного нагріву для здійснення якісного паяння електронних компонентів.

Паяльник типу НАККО 907 має 5 контактів, що розташовані у вигляді круга з одним центральним контактом та чотирма зовнішніми контактами:

1. Контакт з посередині - земля (GND).
2. Лівий зовнішній контакт - вихід паяльного жала (TIP).
3. Правий зовнішній контакт - вихід паяльного жала (TIP).
4. Верхній зовнішній контакт - датчик температури (SENSOR).
5. Нижній зовнішній контакт - датчик температури (SENSOR).

Контакти з 2-го по 5-й використовуються для передачі інформації про температуру паяльного жала до паяльної станції, що дозволяє контролювати температуру паяльного жала і забезпечити оптимальні умови паяння. Основні характеристики показано в Таблиці 2.2.

a	Between pins 4&5 (Heating Element)	2.5 - 3.5 $\Omega$ (Normal)
b	Between pins 1&2 (Sensor)	43 - 58 $\Omega$ (Normal)
c	Between pin 3&Tip	< 2 $\Omega$

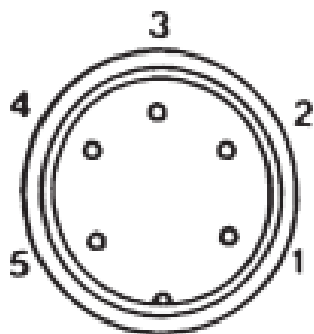


Рисунок 2.4 – Розпінування паяльника типу НАККО 907[21]

Ключовою особливістю паяльника НАККО 907 є можливість змінювати наконечники для різноманітних завдань паяння. Це дозволяє використовувати

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		24

один і той же паяльник для різних типів паяння, забезпечуючи більшу універсальність і зручність в роботі. Наконечники для паяльника НАККО 907 мають різні форми і розміри, залежно від завдання, яке потрібно виконати. Наприклад, існують конічні, плоскі, округлі і зігнуті наконечники, кожен з яких призначений для різного типу роботи. Далі розглянемо найпопулярніші типи наконечників:

Наконечник типу T18 – це загальнопризначений наконечник, який може бути використаний для паяння різноманітних електронних компонентів, таких як резистори, конденсатори, транзистори та інші. Є варіанти з різними формами і розмірами наконечника, що дозволяє підібрати найбільш оптимальний для конкретної роботи.

Наконечник типу T19 – це наконечник з тонким кінчиком, який дозволяє точно паяти малий електронний компонент, наприклад, SMD компоненти.

Наконечник типу T22 – це наконечник з широким кінчиком, який дозволяє швидко паяти елементи на великих поверхнях, наприклад, на платах або роз'ємах.

Наконечник типу T30 – це наконечник з мідними вставками, який використовується для паяння елементів з великою тепловіддачею, наприклад, високопотужних транзисторів та інших елементів з металевим корпусом.

Таблиця 2.2 – Основні технічні характеристики НАККО 907

Номінальна потужність	50 Вт
Робоча напруга	24 В постійного струму
Тип нагрівального елемента	керамічний нагрівальний елемент
Діапазон температури	200-480 °С
Точність температури	± 2 °С
Час нагрівання до максимальної температури	менше 60 секунд
Довжина кабелю	1,2 метра

### 2.1.3 LCD I2C дисплей

LCD I2C дисплей - це тип електронного дисплея, який використовує технологію рідинних кристалів (LCD) для відображення тексту та графіки на екрані. Ці дисплеї зазвичай мають чорний текст на білому або синьому фоні. Інтерфейс I2C - це протокол зв'язку, що дозволяє забезпечити зв'язок між дисплеєм та контролером мікропроцесора, що керує дисплеєм. Цей інтерфейс забезпечує передачу даних між пристроями зі спільними лініями даних та керування.

LCD дисплей на паяльній станції може мати кілька різних функцій і виконувати різноманітні завдання. Основна функція полягає в тому, щоб відображати різноманітну інформацію про паяння, таку як температура нагріву, час нагріву, поточна потужність і т.д.

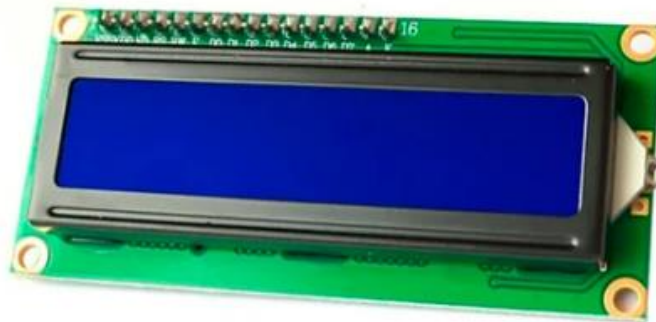


Рисунок 2.5 – LCD I2C дисплей[27]

Ось деякі з можливих функцій LCD дисплею на паяльній станції:

1. Відображення температури: дисплей може відображати поточну температуру нагріву паяльної станції. Це дуже корисно, оскільки правильна температура нагріву дуже важлива для успішного паяння.

2. Відображення часу: дисплей може відображати час, який пройшов з моменту включення паяльної станції. Це може бути корисно, коли вам потрібно точно визначити час нагріву.

3. Відображення потужності: дисплей може відображати поточну потужність, яка використовується для нагріву паяльної станції. Це може допомогти вам підтримувати стабільний рівень потужності.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		26

4. Відображення режиму: дисплей може відображати поточний режим роботи паяльної станції, наприклад, режим нагріву або режим очищення.

Розпінування LCD I2C дисплею може відрізнятись в залежності від конкретної моделі дисплею, але в основному вони мають наступні контакти:

1. VCC - живлення (позначається також як "+5V" або "+3.3V")
2. GND - земля
3. SDA - дані, відправлені з Arduino до дисплею
4. SCL - тактовий сигнал, використовується для синхронізації передачі

даних по I2C між Arduino та дисплеєм

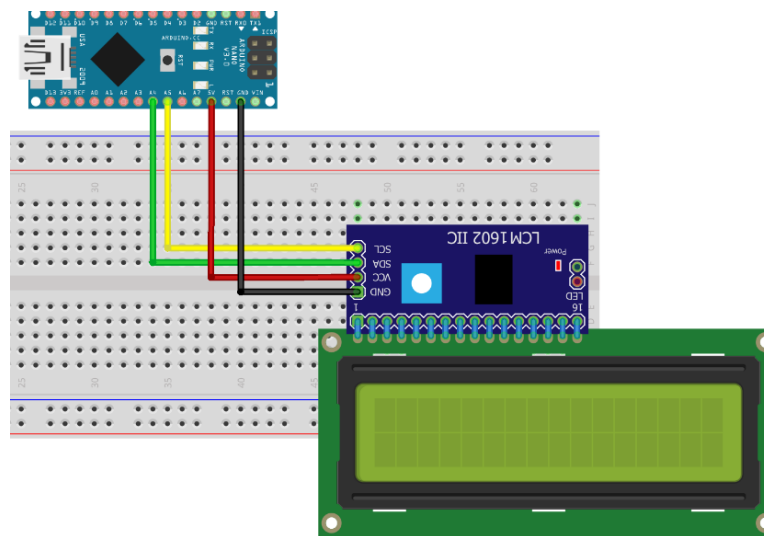


Рисунок 2.6– Розпінування LCD I2C дисплею[27]

#### 2.1.4 Понижуючий модуль MP2303

Модуль MP2303 - це недорогий і компактний мініатюрний імпульсний стабілізатор напруги, який може перетворювати напругу від 4,75 В до 23 В в стабільний вихідний струм від 0,92 В до 18 В.

Основна функція модуля полягає в регулюванні вихідної напруги з допомогою потенціометра, який дозволяє встановити потрібну напругу з точністю до декількох мілівольт. Модуль також має захист від короткого замикання і перевантаження, що робить його безпечним для використання в різних проектах.

На рисунку 1.7 зображена плата понижуючого модуля MP2303, на рисунку 1.8 показано її принципову схему.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		27



Рисунок 2.7 – Понижуючий модуль MP2303[22]

Особливості модуля MP2303:

- 1) вихідний струм 3А;
- 2) широкий діапазон робочих вхідних напруг від 4,75 до 28 В;
- 3) високоефективний режим пропуску імпульсів;
- 4) захист від перевантаження по струму;
- 5) термічно покращений 8-контактний SOIC та 3x3 корпуси QFN10;
- 6) блокування входу під напругою.

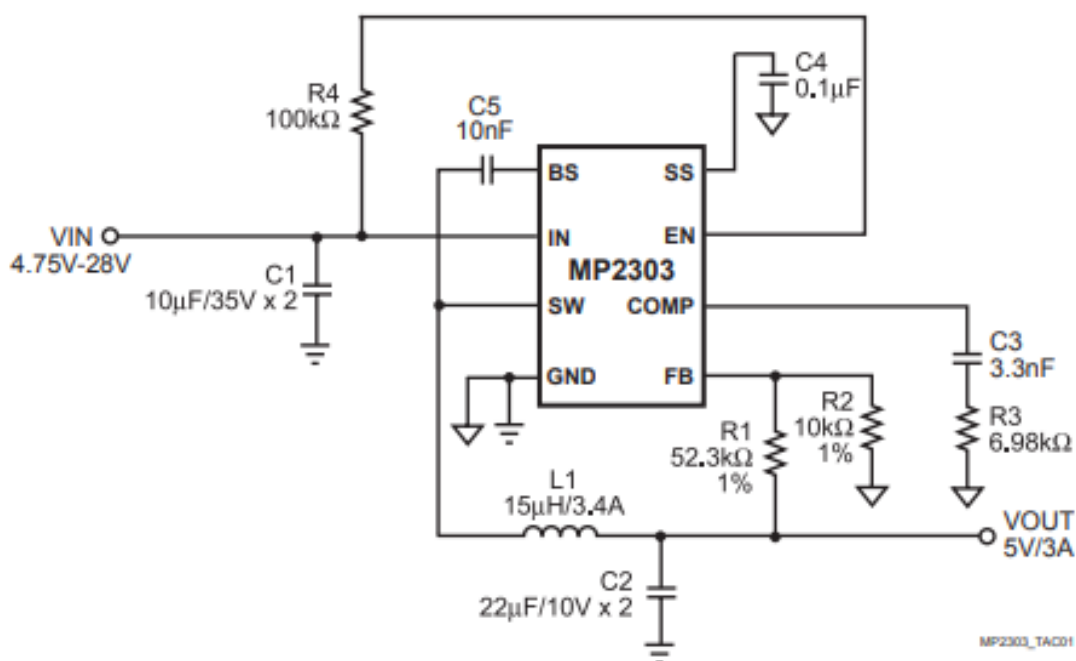


Рисунок 2.8 – Принципова схема модуля MP2303[22]

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики модуля MP2303

Вхідна напруга	від 4,75 В до 28 В
Вихідна напруга	від 0,8 В до 25 В
Робоча температура	від -40°C до +85°C
Постійний вихідний струм	3А
ККД	92%
Вихідна пульсація	<30 мВ
Частота перемикання	100 кГц до 1,5 МГц
Розміри	22мм x 17мм x 4мм

Модуль MP2303 має низький коефіцієнт пульсації, що дозволяє отримувати стабільний струм для живлення електронних пристроїв, таких як мікроконтролери, дисплеї, LED-лампи та інші електронні пристрої. Також, модуль можна використовувати як джерело живлення для різноманітних саморобних проектів. Він має дуже компактний розмір і може бути легко встановлений на плату для монтажу, що дозволяє ефективно використовувати простір і знижувати вартість виготовлення пристроїв. Також, модуль має високу ефективність, що дозволяє знижувати енергоспоживання і продовжувати час роботи електронних пристроїв від одного заряду акумулятора.

### 2.1.5 МДН транзистор IRLB4132

МДН транзистор IRLB4132 - це потужний MOSFET транзистор, який працює в режимі керування напругою на затворі. Він має номінальний струм стоку в 160 ампер і номінальну напругу дрен-витік в 30 вольт, що дозволяє його використовувати в широкому спектрі пристроїв. Даний транзистор має три піни: джерело (source), витік (drain) та затвор (gate). Затвор є вхідним електродом, який використовується для керування струмом, який протікає від джерела до витіку. При підведенні напруги на затвор, утворюється канал між джерелом і витіком, що дозволяє струму протікати через транзистор. IRLB4132 має досить високий

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		29

рівень захисту від перевантажень та перегріву, що дозволяє йому бути надійним елементом у високовимірних електронних пристроях. Основні технічні характеристики транзистора IRLB4132 наведено в таблиці 2.4.

Транзистор IRLB4132 часто використовують у паяльних станціях для керування температурою нагріву паяльника. Для цього користуються схемою керування температурою, яка включає в себе термодатчик, опірний дільник та транзистор. Термодатчик встановлюється в паяльний наконечник та вимірює температуру паяльника. Опірний дільник з'єднується з термодатчиком та формує сигнал напруги, який залежить від температури. Даний сигнал підводиться до ворота транзистора IRLB4132, який керує напругою на паяльнику. Коли температура паяльника нижче встановленого рівня, транзистор IRLB4132 дозволяє проходити струму від джерела до витоку, що нагріває паяльник. Коли ж температура досягає встановленого рівня, сигнал від термодатчика зменшує напругу на затворі транзистора, що зменшує струм, який проходить через паяльник.

Така схема керування температурою дозволяє забезпечити стабільну температуру паяльника та зменшити ризик перегріву, що може призвести до пошкодження паяльного наконечника або інших елементів паяльної станції. Транзистор IRLB4132 в даному випадку допомагає забезпечити швидке та точне керування напругою на паяльнику, що робить його ефективним компонентом для використання в паяльному обладнанні.

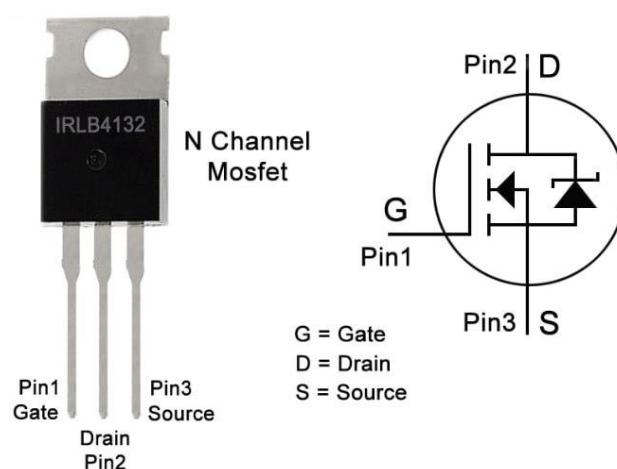


Рисунок 2.8 – розпінування транзистора IRLB4132[28]

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		30

Транзистор IRLB4132 має три контакти, позначені як D, S і G, які відповідають стоку, витоку і затвору. Розташування контактів можна знайти на маркувальному кожусі або в технічній документації. Зазвичай контакти D і S розташовані на одному боці, а контакт G - на протилежному боці. При підключенні до схеми важливо враховувати полярність, щоб уникнути пошкодження транзистора. Контакт D зазвичай розташований лівіше від маркувального коду, контакт S - правіше, а контакт G - поруч з контактом D зверху підключенні транзистора до схеми, щоб уникнути його пошкодження.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики модуля MP2303

Тип транзистора:	n-канальний MOSFET
Максимальна напруга стік-витік	30 В
Максимальна напруга гейт-витік	$\pm 20$ В
Максимальна сила струму стоку	240 А
Опір відкритого каналу	3.8 мОм (при $V_{gs} = 10$ В)
Максимальна потужність	330 Вт
Тип монтажу	периферійний (ТО-220АВ)

Даний транзистор буде застосований в розроблюваній паяльній станції в якості регулятора потужності паяльного елемента. Використання цього транзистора дозволяє досягти високої ефективності паяльної станції, забезпечуючи економію електроенергії та підвищення точності контролю температури паяльного процесу.

### 2.1.6 Операційний підсилювач LM358

LM358 - це низькопотужний двохканальний операційний підсилювач, що працює з напругою від одного джерела живлення. Він забезпечує високу точність підсилення, низький рівень шуму, низький споживання енергії та широку смугу пропускання. LM358 має вбудований компаратор, який може бути використаний

для порівняння сигналів, та він підтримує підключення конденсатора компенсації для стабілізації коливань. Завдяки своїм характеристикам та доступній ціні, LM358 є дуже популярним серед проектувальників і електронних інженерів для використання в різних додатках, таких як підсилювачі сигналу, фільтри, генератори сигналів, інтерфейси сенсорів тощо. Операційний підсилювач LM358 працює на принципі заснованому на використанні внутрішніх транзисторів та операційних підсилювачів, що дозволяє забезпечити високу точність підсилення сигналів.

На рисунку 2.10 зображено операційний підсилювач LM358, на рисунку 2.11 показано його розпінування.

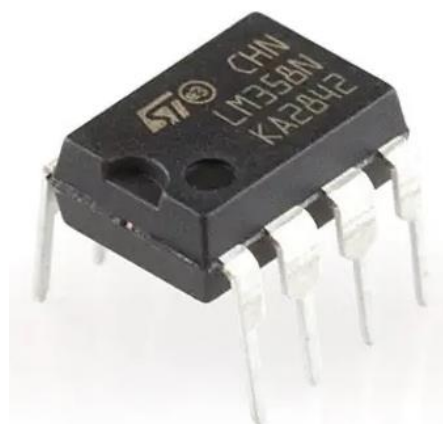


Рисунок 2.9 – операційний підсилювач LM358[29]

LM358 має два входи: неінвертуючий та інвертуючий. Сигнал, що вводитьься на неінвертуючий вхід, підсилюється та виводиться на вихід підсилювача, амплітуда його підсилення залежить від різниці потенціалів на неінвертуючому та інвертуючому входах. Якщо напруги на входах підсилювача однакові, то на вихід виходить нульова напруга. Якщо ж різниця потенціалів на входах збільшується, то на виході з'являється відповідний вихідний сигнал з підсиленою амплітудою. При цьому, залежно від значення різниці потенціалів на входах, вихідний сигнал може бути як додатним, так і від'ємним. LM358 має високу точність та стабільність підсилення сигналів. Крім того, його можна

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		32

використовувати в широкому спектрі застосувань, таких як усіякі засоби зв'язку, системи контролю та регулювання, а також вимірювальна та аналітична техніка.

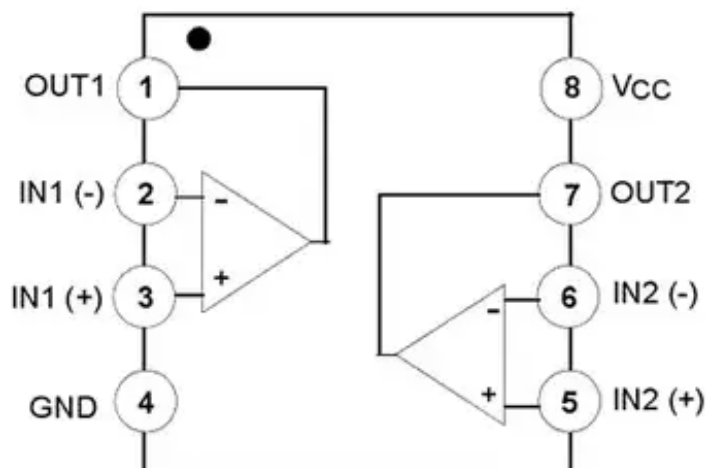


Рисунок 2.9 – Розпінування операційного підсилювача LM358 [29]

Операційний підсилювач LM358 має 8 виводів, які мають наступне призначення:

1. Вхід неінвертуючого підсилювача (non-inverting input)
2. Вхід інвертуючого підсилювача (inverting input)
3. Вихід підсилювача (output)
4. Напряга живлення ( $V^+$ )
5. Вхідне заземлення (Ground)
6. Вихідне заземлення (Ground)
7. Вихід підсилювача (output)
8. Напряга живлення ( $V^-$ )

Виводи 1 та 2 є входними виводами підсилювача, через які вводиться входний сигнал. Вхід 1 є неінвертуючим, а вхід 2 є інвертуючим. Вивід 3 є вихідним виводом підсилювача, на якому відбувається виведення підсиленого сигналу. Виводи 4 та 8 є виводами живлення. Напряга живлення може бути в діапазоні від 3 до 32 В, в залежності від конкретної версії підсилювача. Виводи 5 та 6 є виводами заземлення, через які підключаються земляні джерела. Вивід 7 також є вихідним виводом підсилювача, який може бути використаний для підключення зовнішнього заряду.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

В розроблюваній паяльній станції даний операційний підсилювач буде використаний для підсилення сигналів датчиків. Для цього потрібно підключити термопару до входу інверсії або неінверсії операційного підсилювача, і джерело живлення операційного підсилювача повинно бути підключене до відповідного джерела живлення в паяльній станції.

### 2.1.7 Роз'єм для підключення живлення

Роз'єм для підключення зовнішнього постійного струму з діаметром 2,1 мм є дуже поширеним в електроніці та електроприладобудуванні. Він має циліндричну форму та складається з центрального металевого контакту та зовнішнього металевого бортика. Контакт має діаметр 2,1 мм і розташований у середині бортика. Роз'єм призначений для передачі постійного струму та зазвичай використовується для живлення електронних пристроїв, таких як мережеві адаптери, електронні пристрої для автомобілів, світлодіодні стрічки, радіозв'язок та інші пристрої.

Даний роз'єм використовується у багатьох паяльних станціях для живлення. Його головна перевага полягає в тому, що він забезпечує надійне та стабільне живлення паяльної станції. Крім того, цей роз'єм досить популярний та доступний для придбання, що дозволяє легко знайти заміну в разі пошкодження. Однак, серед недоліків можна виділити те, що роз'єм для підключення зовнішнього постійного струму має певні обмеження в розмірі, тому не всі блоки живлення можуть підходити для даного роз'єму. У паяльних станціях роз'єм для підключення зовнішнього постійного струму використовується для живлення, а також для підключення додаткових аксесуарів, таких як USB-зарядники, освітлювальні лампи тощо. Для забезпечення стабільної та безперебійної роботи паяльної станції важливо використовувати блок живлення з потрібною потужністю, а також дотримуватися всіх вимог щодо експлуатації паяльної станції та засобів безпеки.

Переваги роз'єму для підключення зовнішнього постійного струму 2,1 мм:

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		34

1. Широко поширений: цей роз'єм є одним з найпоширеніших роз'ємів для підключення зовнішнього постійного струму.
2. Легко знаходити замітники: через його популярність, замітники цього роз'єму можна легко знайти в багатьох магазинах.
3. Надійний: цей роз'єм має стійкі контакти, що забезпечує надійний зв'язок між пристроями.
4. Зручний: роз'єм легко підключається і відключається, що робить його зручним у використанні.



Рисунок 2.11 – графічне зображення роз'єму 2,1 мм [33]

Недоліки роз'єму для підключення зовнішнього постійного струму 2,1 мм:

1. Не забезпечує стійкий зв'язок при сильних вібраціях: цей роз'єм може мати проблеми зі зв'язком, якщо пристрій, до якого він підключений, вібрує або рухається.
2. Не підходить для великих струмів: цей роз'єм зазвичай використовується для невеликих струмів, тому не підходить для великих електричних навантажень.
3. Розмір обмежує його використання: через малий розмір цього роз'єму, він може бути незручним для використання з деякими типами кабелів або пристроїв.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		35

## 2.1.8 DIN роз'єм для підключення паяльника

5-піновий DIN роз'єм є стандартним роз'ємом для підключення паяльних станцій і паяльників до блоків живлення. Роз'єм має форму круга з діаметром приблизно 13 мм і складається з п'яти контактів, розташованих в одному ряді. Контакти мають номерацію від 1 до 5 і виглядають як малинові або чорні вставки всередині круглої металевої оболонки.

Контакт 1 зазвичай призначений для підключення нульового проводу, контакт 2 - для підключення фазового проводу, контакт 3 - для підключення внутрішнього опору паяльника (якщо він є), контакт 4 - для підключення внутрішнього термодатчика паяльника, а контакт 5 - для підключення зовнішнього термодатчика, якщо він є.



Рисунок 2.12 – 5-піновий DIN роз'єм [32]

5-піновий DIN роз'єм дозволяє забезпечити ефективне живлення паяльних станцій та паяльників, а також забезпечити передачу сигналів від термодатчиків до блоків живлення. Недоліком 5-пінового DIN роз'єму для підключення паяльника може бути обмежена кількість пінів, що знижує можливості для передачі даних або ж електроживлення. Також, зі зношуванням роз'єму може знижуватись якість з'єднання, що може призвести до втрати сигналу. Крім того, цей роз'єм може бути менш універсальним порівняно з іншими роз'ємами, що знижує його придатність для використання в різних пристроях.

5-піновий DIN роз'єм для підключення паяльника має наступні переваги:

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		36

1. Забезпечує надійне з'єднання між паяльником та блоком живлення.
2. Існує стандартна розпіновка для цього роз'єму, що забезпечує сумісність між різними моделями паяльних станцій.
3. Він має міцну механічну конструкцію, що дозволяє використовувати його у важких умовах.
4. Роз'єм має захист від неправильної вставки, що запобігає пошкодженню паяльника або блоку живлення.
5. За допомогою цього роз'єму можна передавати сигнали для керування температурою паяльника.

Узагалі, DIN роз'єм є досить популярним і зручним роз'ємом для підключення паяльників, тому що він забезпечує зручність в експлуатації, а також підвищує надійність з'єднання.

### 2.1.9 Конденсатори та резистори

Електролітичний конденсатор на 470мкФ 25В є типом конденсатора, який використовує електроліт як діелектрик. Він має ємність 470 мікрофарад і робочу напругу 25 вольт. Такі конденсатори зазвичай мають циліндричну форму та два виводи, один з яких позначається як "+" (додатній) або "anode", а інший - як "-" (від'ємний) або "cathode". Електролітичні конденсатори часто використовуються в електроніці як фільтри, які забезпечують гладку постійну напругу. Вони також можуть використовуватися для зберігання енергії або як компоненти у коливальних схемах.

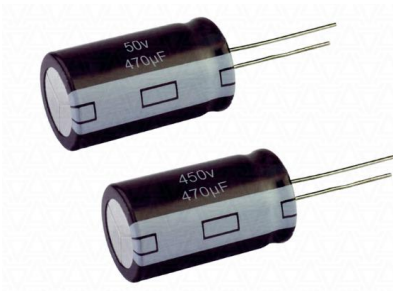


Рисунок 2.13 – конденсатор на 470мкФ 25В [34]

В паяльній станції електролітичний конденсатор використовується для згладжування напруги. Він підключається до схеми блоку живлення або вимірювального пристрою, що допомагає забезпечити стабільну роботу паяльної станції. Згладжування напруги полягає у зменшенні пульсаційності напруги в схемі та стабілізації її рівня. Це допомагає зменшити шум і збільшити точність вимірювань та регулювання температури в паяльній станції. Електролітичні конденсатори, завдяки своїй високій ємності, є ефективними для згладжування напруги в паяльних станціях.

Одним з недоліків електролітичних конденсаторів є їх обмежена тривалість роботи. Такі конденсатори піддаються процесу електролітичної корозії, що може призвести до зменшення ємності та погіршення електричних параметрів. Крім того, вони мають певний ризик витoku, що може викликати пошкодження інших елементів електричної схеми. Тому для більш критичних застосувань можуть використовуватися інші типи конденсаторів, наприклад, керамічні або плівкові.

Резистор - це електронний компонент, який призначений для обмеження струму в електричному колі. Резистори можуть мати різні значення опору, що вимірюється в омах (Ом).



Рисунок 2.13 – МБМ резистори [36]

Резистори на 470 Ом, 2,7 кОм, 3,3 кОм, 10 кОм використовуються в схемі паяльної станції для різних цілей. Резистор на 470 Ом використовується для обмеження струму в LED дисплеї, щоб запобігти пошкодженню. Резистор на 2,7 кОм використовується для обмеження струму в транзисторі, щоб запобігти його перегріву. Резистор на 3,3 кОм використовується для забезпечення стійкості

роботи операційного підсилювача. Резистор на 10 кОм використовується як потенціометр для регулювання напруги вхідного сигналу до операційного підсилювача. Резистори можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як вуглецевий склад, металевий плівковий склад, керамічний склад тощо. Кожен матеріал має свої унікальні властивості, такі як точність, стійкість, шум, температурна стійкість тощо, що дозволяє вибирати резистори для різних застосувань залежно від їх вимог.

#### 2.1.10 Потенціометр на 10 кОм

Потенціометр на 10 кОм - це електронний компонент з регульованим опором на 10 кілометрів (10,000 ом). Це означає, що його опір може бути налаштований в діапазоні від 0 до 10 кОм за допомогою рухомого контакту, який переміщується по поверхні резистора.

У схемі паяльної станції, потенціометр на 10 кОм використовується для регулювання температури паяльного наконечника. Цей потенціометр зв'язаний з мікроконтролером, який вимірює його опір та використовує його значення для встановлення потрібної температури. Зміна опору потенціометра змінює відповідний сигнал, що передається мікроконтролеру, який регулює вихідну потужність паяльного наконечника для досягнення потрібної температури. Таким чином, потенціометр дозволяє користувачеві точно налаштувати бажану температуру паяльного наконечника для конкретної роботи.



Рисунок 2.13 – потенціометр на 10 кОм [37]

Потенціометр має три виводи - два зовнішні та один середній, який є перемикачем. У випадку з схемою паяльної станції, потенціометр на 10 кОм призначений для налаштування температури паяльника. Для підключення потенціометра, один з його зовнішніх виводів потрібно підключити до живлення (VCC), другий - до землі (GND), а середній - до аналогового входу мікроконтролера (наприклад, A0 на Arduino). В залежності від того, які виводи потенціометра використовуються для змінної опору, можна налаштувати температуру паяльника. Наприклад, коли змінна опір підвищується, температура паяльника знижується, а коли опір зменшується, температура паяльника підвищується.

Переваги використання потенціометра на 10 кОм у схемі паяльної станції можуть включати:

1. Регулювання температури: Потенціометр дозволяє регулювати напругу на термопарі, що в свою чергу впливає на температуру паяльного наконечника. Це дозволяє точно контролювати температуру під час паяння.

2. Гнучкість: Потенціометр на 10 кОм дозволяє налаштовувати температуру під час різних видів паяння. Це особливо корисно, якщо вам потрібно працювати з різними матеріалами, які потребують різних температур паяння.

3. Економія електроенергії: Користувач може знизити температуру, коли станція не використовується, щоб економити електроенергію.

4. Довговічність: Потенціометр на 10 кОм є одним з найбільш надійних і довговічних компонентів паяльної станції. Він здатний працювати протягом тривалого часу при правильному використанні і підтримці.

5. Простота використання: Використання потенціометра на 10 кОм дуже просте, і його можуть використовувати навіть початківці без попереднього досвіду в паянні.

6. Доступність: Потенціометри на 10 кОм є дуже доступними і можуть бути легко придбані в будь-якому електронному магазині або онлайн-магазині.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
						40
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

### 2.1.11 Джерело живлення на 3А, 24В.

Джерело живлення на 3А, 24В для паяльної станції є важливою складовою системи паяння. Воно повинно видавати стабільну напругу в 24 вольти, щоб забезпечити точність і надійність паяння. Воно також повинно мати захист від перенапруги, щоб запобігти пошкодженню паяльної станції в разі непередбачуваних стрибків напруги в електромережі. А також джерело живлення повинно мати захист від перевантаження, щоб запобігти пошкодженню джерела живлення та паяльної станції. Джерело живлення повинно мати високу ефективність, щоб забезпечити економію електроенергії та довговічність роботи.

В якості блока живлення для паяльної станції нам чудово підійде зарядка від ноутбука. Основними перевагами використання зарядки від ноутбука як блока живлення для паяльної станції є:

1. Наявність: Зарядки від ноутбуків є досить поширеними і легко доступними на ринку, що робить їх зручним варіантом для живлення паяльної станції, особливо якщо вам не потрібна висока потужність.

2. Економічність: Використання зарядки від ноутбука може бути дешевшим варіантом, порівняно з придбанням спеціального блока живлення для паяльної станції.

3. Мобільність: Зарядки від ноутбука зазвичай мають компактний розмір та можуть бути перенесені з легкістю, що робить їх зручними для використання в різних місцях.

4. Ефективність: Більшість зарядних пристроїв для ноутбуків мають вбудовану систему захисту від перенапруги та перевантаження, що дозволяє забезпечити стабільне живлення паяльної станції

5. Низький рівень шуму: Зарядки від ноутбука, як правило, працюють досить тихо, що може бути корисно для тих, хто шукає рішення з низьким рівнем шуму.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		41



Рисунок 2.13 – Блок живлення [38]

У загальному, зарядка від ноутбука на 3А, 24В для паяльної станції буде надійним, стабільним та ефективним джерелом живлення. І зможе забезпечити безперебійну роботу паяльної станції та зручність користування.

## 2.2 Принципова схема паяльної станції

У процесі створення паяльної станції мною були виконані наступні налаштування. Спочатку було підключено дисплей до плати Arduino: VCC - до 5V, GND - до GND, SCL - до A5, SDA - до A4.

Далі підключаємо потенціометр: центральний пін йде до A7, лівий до GND, правий до 5V. Тепер підключимо операційний підсилювач LM358: 1 вивід підключаємо до пина A0, 2 пін через резистор буде підключено до DIN роз'єму контакт 1 (red), вивід 3 до контакту DIN роз'єму 2 (blue), 4 підключаємо до GND (green), 5, 6, 7 в нас не задіяні, до пина 8 підключається напруга 5V. Польовий транзистор підключаємо наступним чином: затвор (лівий контакт) підключаємо до пина D10, стік (середній контакт) та витік (правий контакт) підключаються до відповідних виводів DIN роз'єму 3 та 4 (white, black). До контакт D3 буде підключений світлодіод, який буде світитися синім коли паяльна станція увімкнена. Живлення вже підключимо на етапі зборки. На розробленій платі є клеми IN( ліва +, права -) на які ми будемо подавати живлення, воно буде протікати через фільтруючий конденсатор до модуля MP2303

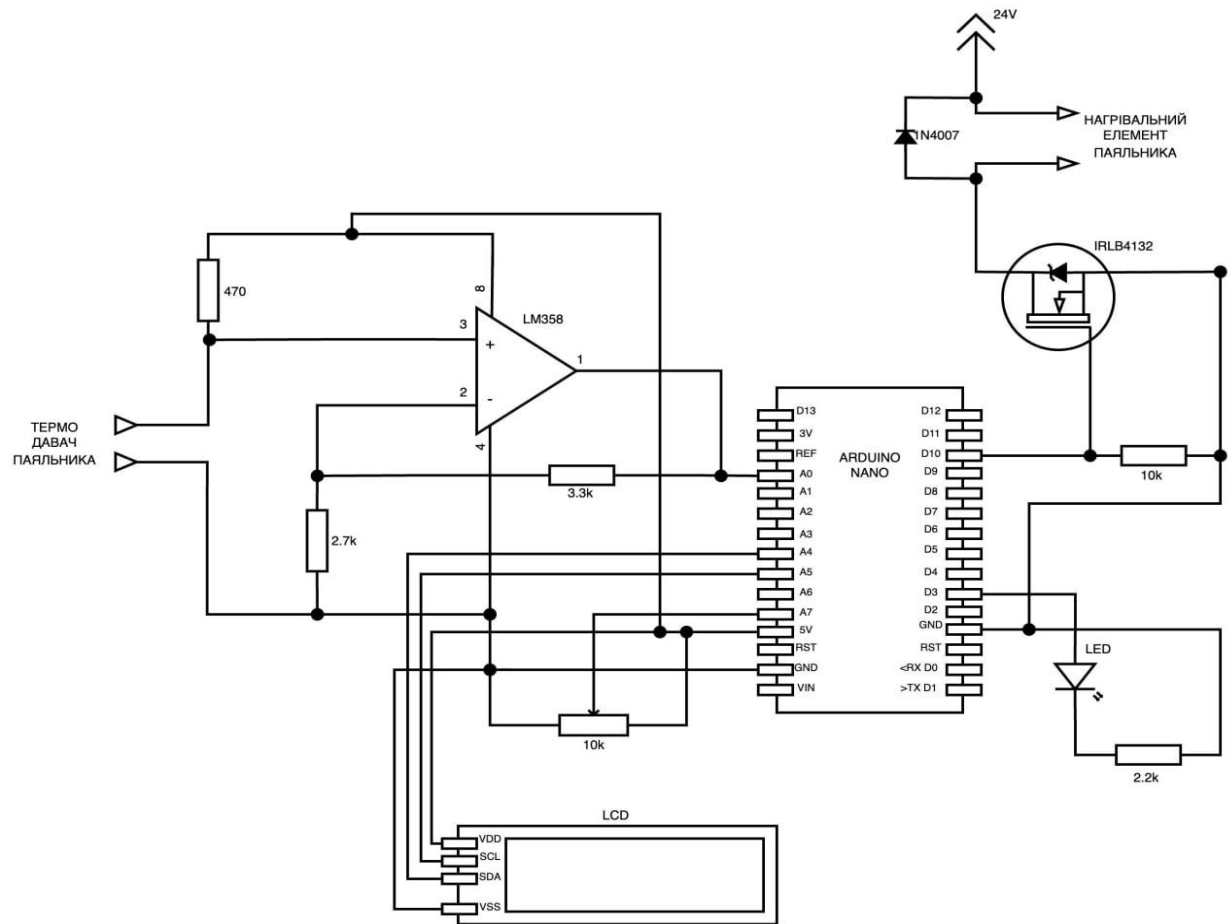


Рисунок 2.14 – Принципова схема паяльної станції

### 2.3 Проектування та розробка друкованої плати для паяльної станції

Друкована плата для розроблюваної паяльної станції була спроектована за допомогою програмного забезпечення для проектування електронних схем Eagle. Перш за все, було створено принципову схему рис. 2.14 Ця схема містить всі необхідні компоненти, такі як мікроконтролер, операційний підсилювач, LCD дисплей, індикатор, транзистори, резистори та інші., які використовуються для керування нагрівальним елементом.

Після створення електричної схеми, в тій же програмі був створений макет плата рис. 2.16 та розроблена 3D візуалізація рис. 2.15, на якій були розміщені всі компоненти схеми. 3D візуалізація дозволяє побачити як розміщені всі елементи які будуть в подальшому запаєні на плату.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

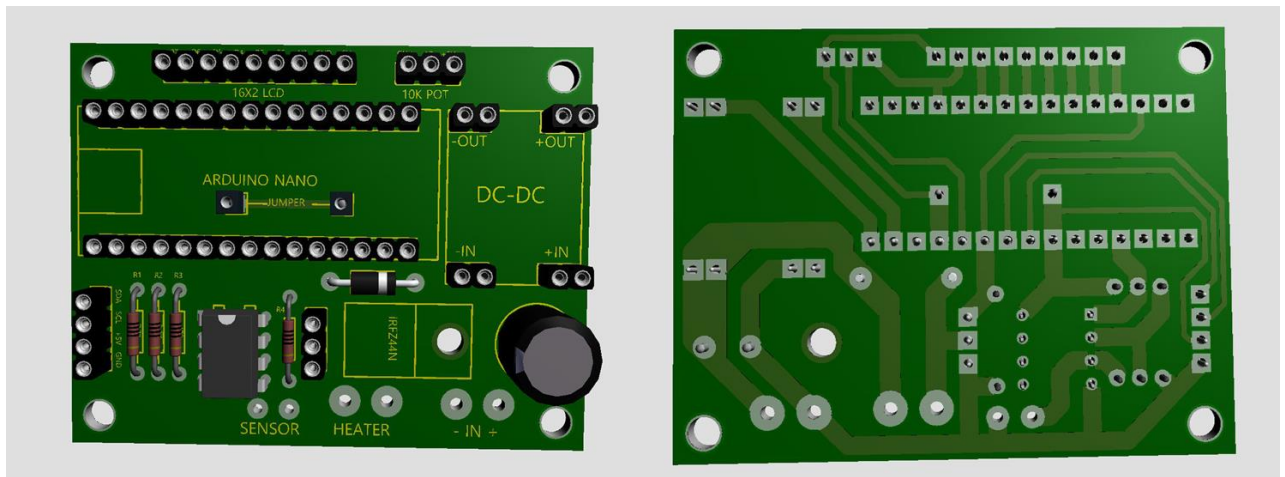


Рисунок 2.15 – 3D візуалізація розроблюваної плати

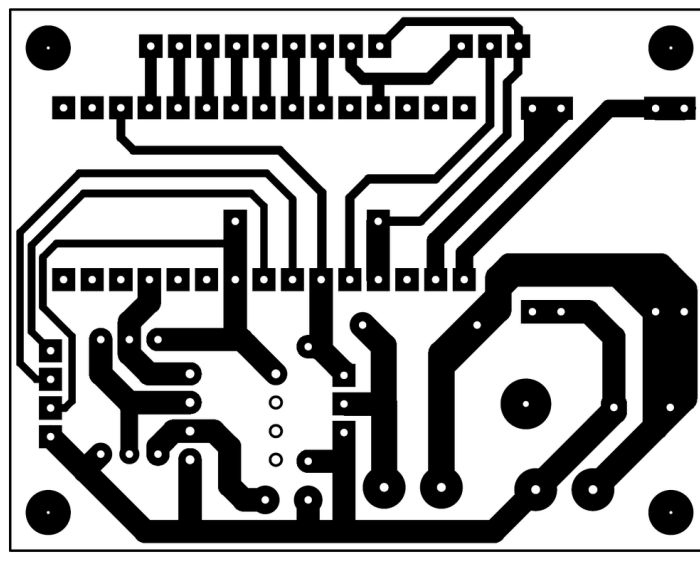


Рисунок 2.16 – Макет плати паяльної станції

Після створення макету було виготовлено друковану плату використовуючи Лазерно-праскову технологію, далі розглянемо її суть.

Спочатку ми друкуємо лазерним принтером наш макет на папері для термопереносу. При цьому ми вимикаємо функцію економії тонеру, вибираємо максимально чорний колір для друкування макету, та виставляємо максимальну якість друку, виконавши всі ці пункти друкуємо макет.

З початку нам потрібно підготувати текстоліт, а саме беремо мілкий наждачний папір та обробляємо текстоліт до то глянцевої поверхні, потім миємо його з милом під водою, висушуємо, та знежирюємо його спиртом, все тепер текстоліт готовий до перенесення макету.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Тепер нам потрібно розігріти праску до температури 200°C, кладемо текстоліт на термопрокладку, накриваємо листком простого паперу та прогріваємо 20 секунд, це потрібно для того текстоліт не зіпсував доріжки на макеті. Після цього кладемо макет на текстоліт та гріємо його поки бумага не пожовтіє. Тонер на бумазі починає плавитися та переноситься на текстоліт.

Далі обережно відриваємо бумагу, якщо лишилися мілкі частинки бумаги то беремо мокру ватку і вимиваємо їх. Мають лишитися лише доріжки та місця для отворів під елементи. І на кінець залишається протравити плату в розчині перекису водню та лимонної кислоти. Травимо її близько 10 хвилин, після процесу травлення плату потрібно промити під водою.

## 2.4 Алгоритм роботи розроблюваної паяльної станції

Алгоритм роботи паяльної станції можна описати таким чином:

1. Підключення живлення. Після підключення живлення до паяльної станції, контролер станції запускається та ініціалізує всі необхідні компоненти, включаючи датчик температури, LCD-дисплей та інші.

2. Попередня настройка параметрів. Користувач може налаштувати певні параметри паяльної станції, такі як бажану температуру паяння, час автоматичного вимкнення та інші

3. Зчитування температури. Датчик температури на паяльній станції зчитує поточну температуру паяльного жала. Зчитані дані перетворюються на відповідну температуру у градусах Цельсія та виводяться на дисплей.

4. Підтримання стабільної температури. Контролер паяльної станції порівнює зчитану температуру насадки з бажаною температурою, встановленою користувачем. Якщо зчитана температура менша за бажану, то контролер збільшує потужність паяльної станції. Якщо зчитана температура більша за бажану, то контролер зменшує потужність станції.

5. Автоматичне вимкнення. Якщо протягом певного часу не було здійснене жодного паяння, то паяльна станція автоматично вимикається для заощадження електроенергії та забезпечення безпеки користувача.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		45

6. Завершення роботи. Після завершення роботи користувач може вимкнути паяльну станцію та відключити її від джерела живлення.

## 2.5 Висновки

У другому розділі відбулося обґрунтування вибору програмного забезпечення та апаратних ресурсів для реалізації паяльної станції. Для цього була проведена аналітична робота з вивченням наявних на ринку рішень та їх порівнянням. В результаті було вибрано оптимальне програмне забезпечення, що включало в себе мікроконтролер, який буде забезпечувати управління паяльною станцією, дисплей, який буде відображати інформацію про температуру і режим роботи, а також набір елементів для збірки паяльної станції.

Також на даному етапі було складено список дій, який містив наступні пункти:

1. Підготувати необхідні компоненти для зборки паяльної станції.
2. Змоделювати та налаштувати програмне забезпечення для мікроконтролера.
3. Підготувати плату для монтажу компонентів.
4. Змонтувати компоненти на плату та підключити їх між собою.
5. Перевірити працездатність паяльної станції та налаштувати її параметри.

Такий підхід дозволяє створити паяльну станцію, яка повністю задовольняє потреби користувача та має необхідні функції для виконання різноманітних завдань.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		46

### 3. РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ “ЦИФРОВА ПАЯЛЬНА СТАНЦІЯ” НА ОСНОВІ ПРОГРАМОВАНОГО КОНТРОЛЕРА ARDUINO NANO

#### 3.1 Встановлення середовища розробки для Arduino

Щоб реалізувати програмно-апаратну складову паяльної станції, потрібно завантажити та встановити середовище розробки Arduino IDE. Воно є безкоштовним і надає можливість розробляти програмне забезпечення для мікроконтролерів Arduino. Мною була обрана найновіша версія Arduino IDE на момент написання дипломного проекту - 2.0.4. Ця версія має покращену функціональність та додаткові можливості порівняно з попередніми версіями. Дане програмне забезпечення сумісне з різними операційними системами. В моєму випадку це macOS Ventura 13.2.1. Arduino IDE містить всі потрібні інструменти для розробки програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції, що дозволяє здійснити всі необхідні кроки без додаткового ПЗ. Завдяки зручному інтерфейсу програмування можна гарантувати правильність і відсутність помилок при створенні програмного коду для пристрою.

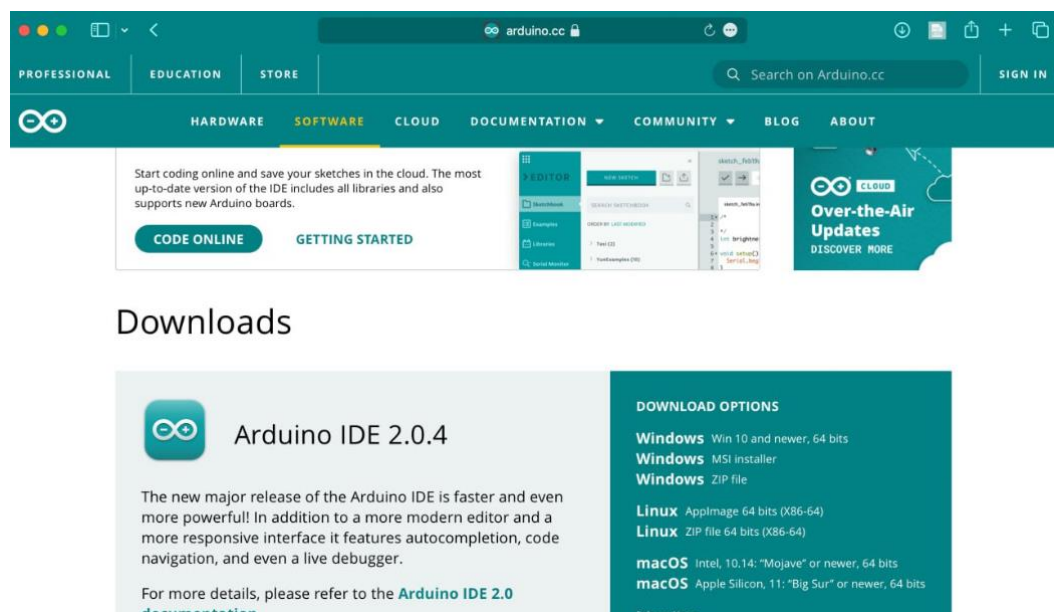


Рисунок 3.1 – Офіційний сайт arduino.cc

Для завантаження програми необхідно відвідати веб-сайт Arduino в браузері і вибрати версію для встановлення, яка відповідає операційній системі. У моєму випадку, я хочу завантажити програму на macOS. На рисунку 3.1 представлені два варіанти завантаження, один для процесорів Intel, інший для процесорів Apple Silicon M1. Оскільки у мене макбук на процесорі M1, я обрав другий варіант.

Після цього я переходжу на наступну сторінку сайту, де можу обрати між двома кнопками: "Just Download", що означає безкоштовне завантаження програмного забезпечення, або "Contribute&Download", яка дає можливість зробити внесок в розмірі 3, 5, 10, 25 або 50 доларів. На рисунку 3.2 показана дана сторінка вибору.

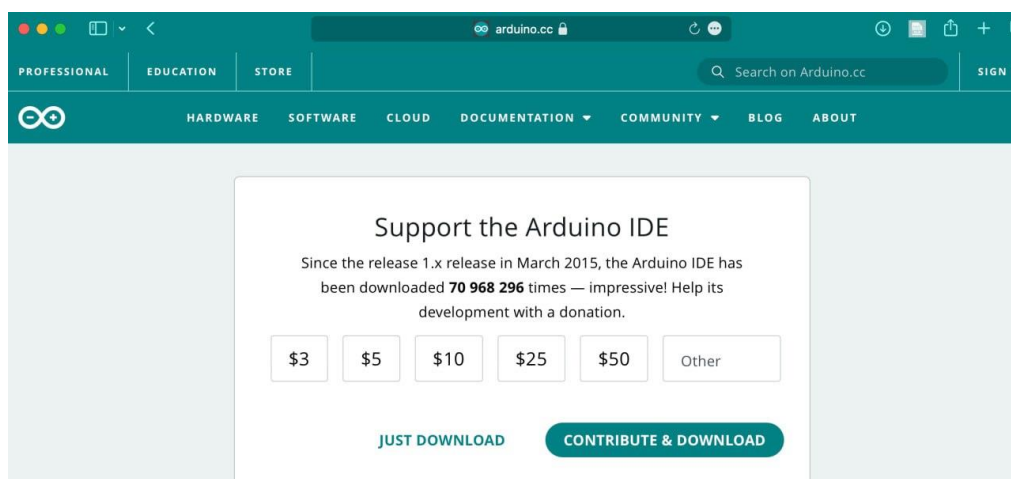


Рисунок 3.2 – Сторінка для завантаження Arduino IDE

Після натискання кнопки «Just Download» було завантажено файл `arduino-ide_2.0.4_macOS_arm64.dmg`. Далі нам потрібно інстальовати дане програмне забезпечення. Це робиться дуже просто клікаємо на програму нам відкривається наступне вікно рисунок 3.3, наводимо курсор на “Arduino IDE” вибираємо його і переносимо в папку “Application”. Після чого програма встановиться і можна переходити до наступного етапу розробки.

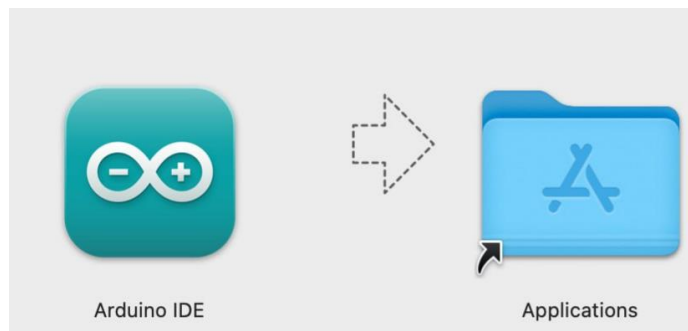


Рисунок 3.3 – Інсталювання Arduino IDE

### 3.2 Виготовлення корпусу для паяльної станції

У цьому розділі ми виготовимо корпус для розроблюваної паяльної станції на 3D-принтері. Виготовлення корпусу - це важкий етап проекту, який вимагає уваги до деталей та точності, щоб забезпечити належну функціональність та естетику пристрою. Розробляти 3D-модель корпусу будемо у спеціалізованому програмному забезпеченні SOLIDWORKS.

Першим кроком в розробці моделі є створення нового проекту та налаштування параметрів у програмі SOLIDWORKS. На початку ми встановлюємо необхідні параметри для моделювання, такі як одиниці вимірювання, точність моделі, типи файлів та інші важливі налаштування. Після цього переходимо до створення передньої частини корпусу. За допомогою розмірів та вимог, ми створюємо квадратну базову форму для передньої частини корпусу. Додаємо необхідні посадочні місця для розміщення LCD дисплею, потенціометра, DIN роз'єму та світлодіоду. Також враховуємо необхідність створення посадочних місць для фіксації екрану та задньої кришки корпусу.

Наступним кроком є розробка задньої кришки корпусу. Ми створюємо прямокутну форму задньої кришки, відповідну розмірам корпусу. Тут також додаємо посадочного місця для плати керування та роз'єму живлення. Крім того, розташовуємо 2 отвори для фіксації задньої кришки на корпусі. Окремо розробляється насадка на потенціометр. Вона має круглу форму, що відповідає діаметру потенціометра. Розроблені моделі показано на рисунку 3.4.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		49

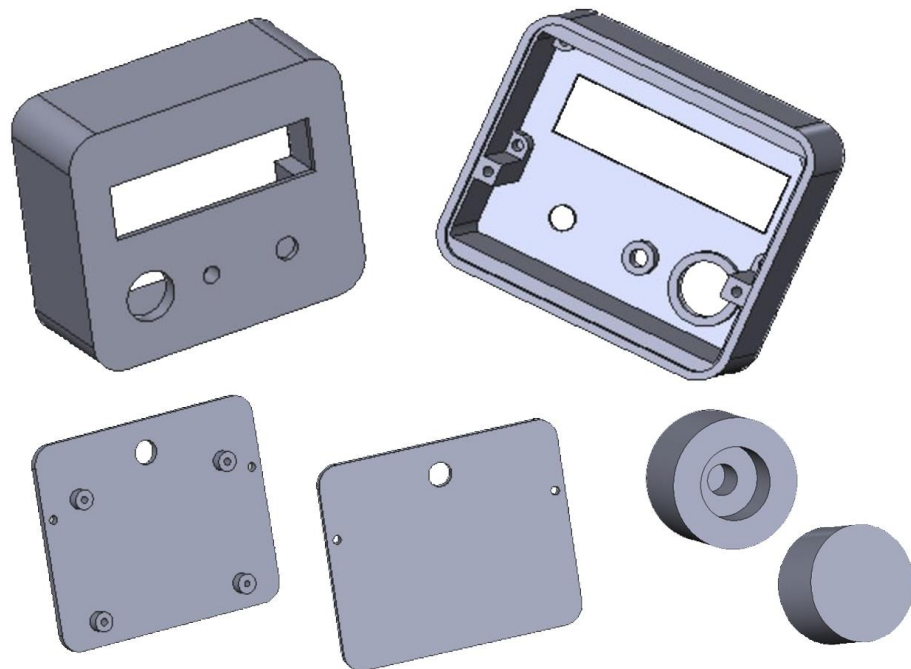


Рисунок 3.4 – 3D модель розробленого корпусу

У процесі детального моделювання кожної з частин корпусу ми додатково деталізуємо кожен з них, додаємо додаткові текстури, які забезпечують зовнішній вигляд та функціональність. Після створення 3D-моделі корпусу у програмі SOLIDWORKS проводиться перевірка наявності помилок та аналіз стійкості та міцності конструкції. Для цього використовуються спеціальні програмні засоби, що дозволяють виявити можливі проблеми і внести необхідні зміни. Далі йде оптимізація та вдосконалення моделі для досягнення найкращих результатів. Під час оптимізації можуть бути застосовані різні методи, такі як редизайн, зміна матеріалу чи структури для поліпшення властивостей корпусу.

Коли перевірку буде завершено, можна переходити до самого друку розробленої моделі. Тут важливо налаштувати принтер згідно потрібних параметрів, таких як висота шару та відсоток заповнення (у моєму випадку - 0,3 мм та 30%). Далі обираємо матеріал для друку, у моєму випадку - ABS пластик. Після виконання всіх цих моментів можна перейти до самого друку. Процес виготовлення корпусу зображено на рисунку 3.5.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

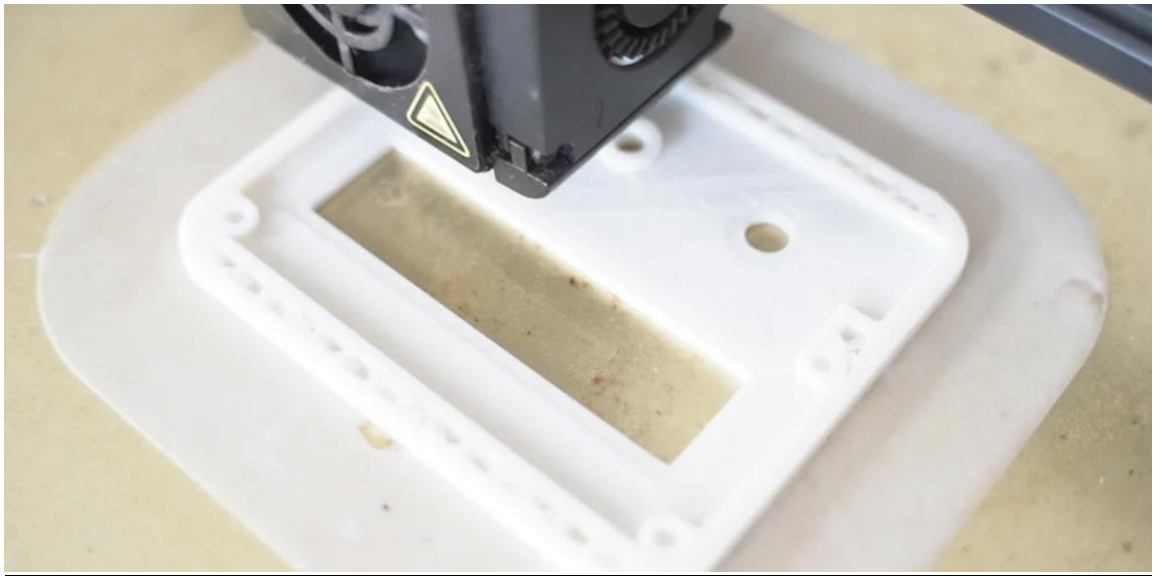


Рисунок 3.5 – Процес друку корпусу на 3D принтері

Після того, як наша модель буде роздрукована, необхідно її пошліфувати. Для цього беремо наждачний папір різної зернистості від 120 до 600 grit, і починаючи з меншої зернистості, поступово шліфуємо нашу модель до досягнення 600 зернистості. Це дозволить отримати гладку поверхню нашого корпусу. Фінальним етапом буде покраска розробленої моделі у чорний колір. Після виконання всіх цих кроків можна перейти до збірки всіх компонентів у розроблений корпус.

### 3.3 Розпайка елементів на друковану плату

Після виготовлення друкованої плати нам потрібно встановити всі радіотехнічні елементи на свої місця та виконати їх монтаж. Для монтажу компонентів будемо використовувати паяльник на 40 Вт, флюс та припій ПОС-40.

Перш за все запаяємо перемичку jumper, сокет для Arduino nano та мікросхему LM385, I2C роз'єм для підключення LCD дисплею та роз'єм для підключення потенціометра. Далі паяємо резистори R1 - 2,7 кОм, R2 - 3,3 кОм, R3 – 470 Ом, R4 – 10 кОм, діод 1N4007, мосфет IRLB4132. І на кінець припаюємо модуль MP2303. Процес розпайки зображений на рис. 3.6 і відбувається згідно розробленої принципової схеми. На рисунку 3.7 показано готову плату.

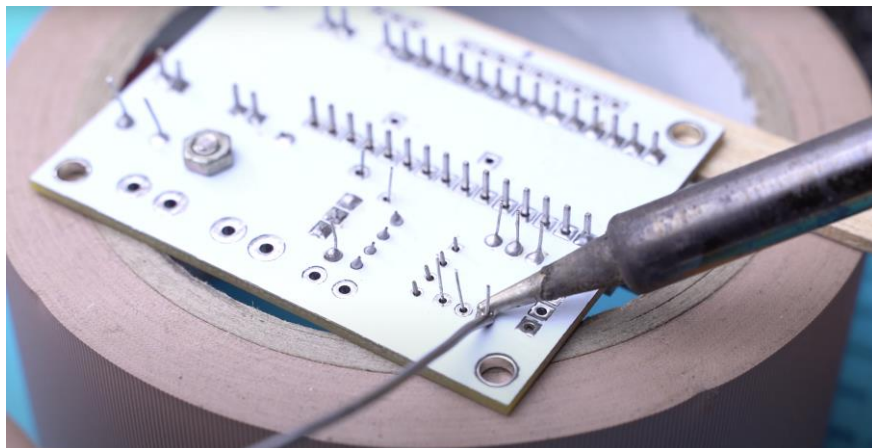


Рисунок 3.6 – Процес паяння компонентів

Коли всі радіоелектронні компоненти будуть запаяні, нам потрібно пообкушувати лишні виводи кусачками і обов'язково очистити плату від залишків флюсу, це можна зробити використавши спирт і зубну щітку. Після того, як пайку було завершено виконуємо візуальну перевірку монтажу на наявність можливих помилок, наприклад, чи всі елементи запаяні на свої місця, чи правильно спрямовані діоди чи не залишилися зайві краплі припою. Після візуальної перевірки перевіряємо плату мультиметром, він дозволяє перевірити, чи не з'єднані між собою неправильно контакти на платі, чи немає замикань, а також перевіряємо наявність необхідних значень опорів і напруг на окремих елементах. Відразу після того, як монтаж було перевірено і всі помилки виправлені, друкована плата готова до подальшого програмування та збирання в корпус.

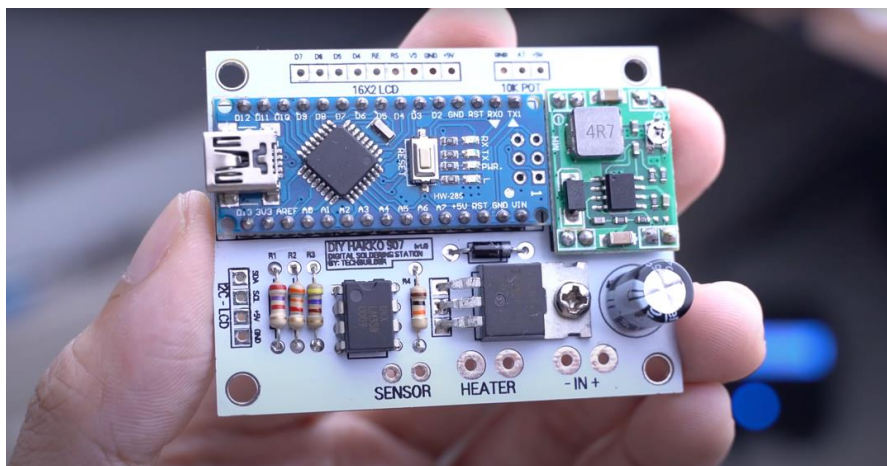


Рисунок 3.7 – Готова розпаяна плата

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

### 3.4 Підключення всіх елементів паяльної станції

Наступним кроком після успішної розпайки радіоелектронних компонентів та перевірки коректної їх роботи буде монтаж основних агрегатів паяльної станції у розроблений корпус та їх підключення до плати керування.

Монтувати елементи будемо по порядку, почнемо з LCD дисплею: беремо наш дисплей і закладаємо його в корпус і фіксуємо 4 саморізами, але перед тим до контактів VDD, SCL, SDA, VSS - I2C роз'єму плати припаюємо 4 провідки для підключення нашого дисплею до плати керування.

Після успішного встановлення нашого дисплею, вмонтуємо змінний резистор. Це зробити дуже просто: відкручуємо і знімаємо гайку та шайбу з різьби потенціометра та вставляємо його у відповідний роз'єм у корпусі. Після цього закладаємо шайбу і гайкою фіксуємо наш змінний резистор. Тепер нам залишається вмонтувати DIN роз'єм для підключення нашого паяльника. Це також доволі просто зробити: беремо наш роз'єм та закладаємо його у його місце в корпусі, після чого фіксуємо його та проклеюємо епоксидним клеєм. Даний процес показано на рисунку 3.8



Рисунок 3.8 – Проклеювання DIN роз'єму

На даному етапі ми зафіксували всі фронтальні елементи, і нам залишилося спаяти всі елементи між собою, підключити живлення та прикрутити плату керування до задньої кришки корпусу паяльної станції.

Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Першочергово припаємо наш дисплей до плати, використовуючи проводки, запаяні раніше. VDD, SCL, SDA, VSS підключаємо до контактної площадки I2C-LCD, яка розміщена з лівої сторони плати. Далі ми припаємо проводками потенціометр до контактної площадки, яка розміщена у верхній частині плати. GND до лівого контакту, А7 до середнього контакту, а 5V до правого контакту потенціометра. Також, щоб бачити коли плата буде працювати під сильним навантаженням, був вмонтований світлодіод, який анодом через резистор підключений до контакту А0, а катодом підключений до лівого контакту (GND) потенціометра.

Далі підключаємо DIN роз'єм: 5 та 4 пін підключається до контактної площадки HEATHER, 5 пін до правого контакту, 4 пін до лівого. Ці контакти відповідають за нагрів паяльника, 1 та 2 піни відповідають за температурний датчик паяльника, 1 пін - лівий контакт, 2 пін - правий контакт. І на кінець, вмонтовуємо в задню кришку корпусу роз'єм для живлення, фіксуємо нашу плату саморізами та припаємо роз'єм до контактної площадки IN: плюс до плюса, а мінус до мінуса. На рисунку 3.9 зображено повністю розпаяну та зібрану в корпус розроблювану цифрову паяльну станцію.

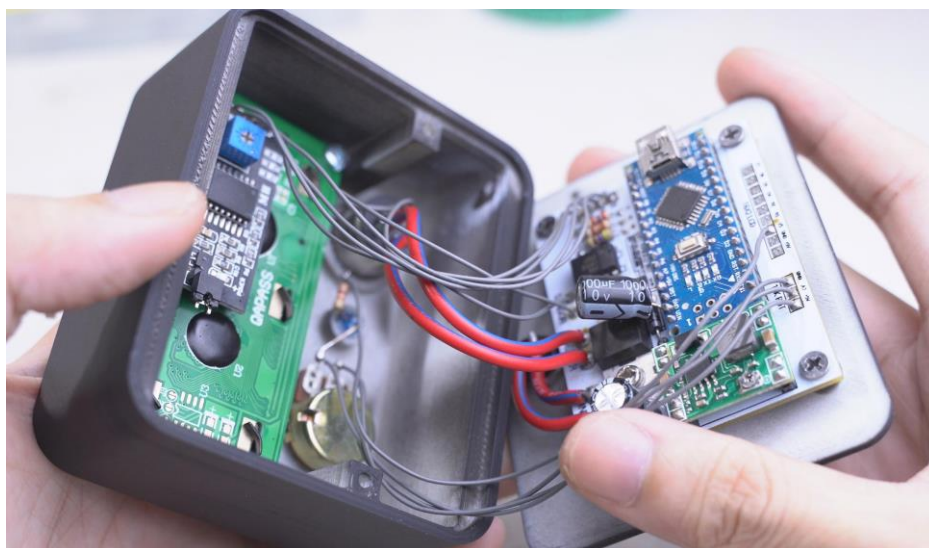


Рисунок 3.9 – Розпаяна цифрова паяльна станція

Після закінчення всіх паяльних робіт очищаємо місця пайки від залишків флюсу та обов'язково перевіряємо на наявність дефектів. Якщо все добре, то

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		54

переходимо до наступного етапу, а саме написання програмного коду для правильної роботи розроблюваної паяльної станції.

### 3.5 Розробка програмного забезпечення для цифрової паяльної станції

На попередньому етапі було виконано збірку розроблюваної паяльної станції. І тепер для її роботи потрібно написати програмний код. Для написання нашого ПЗ використаємо середовище для розробки Arduino IDE яке ми встановлювали раніше.

Даний код має дві основні функції *setup()* та *loop()* в першій відбувається ініціалізація початкових параметрів, а другій виконуються основні функції програми, також є третя допоміжна функція *lcdSetup()* вона слугує для початкового налаштування LCD-дисплею. Розроблене ПЗ слугуватиме для керування температурою паяльника. Суть його наступна: програма отримує дані про поточну температуру і задану температуру, порівнює їх та на основі цього керує потужністю паяльника. Також програма зчитує дані з потенціометра, щоб встановити задану температуру. Дані відображаються на LCD дисплеї. Далі розглянемо детальну роботу цих функцій.

Функція `void setup()` викликається один раз під час початкової налаштування мікроконтролера Arduino. Вона виконується перед початком основного циклу роботи функції `void loop()`. Перш ніж програма розпочне свою роботу, вона виконує налаштування введення/виведення пінів за допомогою функції `pinMode()`. Це дозволяє визначити режим роботи певних пінів мікроконтролера. У даному випадку, наступні піни встановлюються в певні режими:

1. Пін `TEMPERATURE_SENSOR` встановлюється як вхідний (INPUT). Це означає, що цей пін призначений для підключення температурного датчика, і мікроконтролер буде читати значення температури з цього піна.

2. Пін `KNOB` встановлюється як вхідний (INPUT). Це означає, що цей пін призначений для підключення потенціометра або іншого аналогового сенсора, і мікроконтролер буде читати значення, яке відповідає положенню потенціометра.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		55

3. Пін IRON\_PIN встановлюється як вихідний (OUTPUT). Цей пін відповідає за управління паяльником, тому мікроконтролер може встановлювати на ньому сигнал високого або низького рівня для вмикання або вимикання паяльника.

4. Пін LED\_PIN встановлюється як вихідний (OUTPUT). Цей пін відповідає за управління світлодіодом, і мікроконтролер може встановлювати на ньому сигнал високого або низького рівня для вмикання або вимикання світлодіода.

```
void setup() {  
  pinMode(TEMPERATURE_SENSOR, INPUT);  
  pinMode(KNOB, INPUT);  
  pinMode(IRON_PIN, OUTPUT);  
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);  
  pinMode(A6, INPUT);  
  
  lcdSetup();  
  
  lcd.setCursor(0, 1);  
  lcd.print("PRESET T: ");  
  lcd.setCursor(0, 0);  
  lcd.print("ACTUAL T:");  
}
```

Після налаштування пінів, викликається функція lcdSetup(), яка відповідає за налаштування LCD-дисплею. В рамках цієї функції виконуються такі дії:

1. backlight(): Увімкнення підсвічування дисплею.
2. init(): Ініціалізація дисплею.
3. clear(): Очищення дисплею.

Ці методи дозволяють налаштувати LCD-дисплей перед використанням, забезпечуючи його коректну роботу. Функція lcdSetup() викликається у функції setup(), щоб налаштувати дисплей перед початком виконання основного циклу програми.

```

void lcdSetup() {
  lcd.backlight();
  lcd.init();
  lcd.clear();
}

```

Тепер роглянемо роботу функції loop(). Ця функція є основним циклом виконання розробленої програми. У даній функції відбувається постійне зчитування значень датчиків, обчислення температури, керування паяльником і оновлення виведення на LCD-дисплей. Основні кроки в функції loop() включають наступне:

1. Отримання значення потенціометра і встановлення цільової температури:

Спочатку відбувається зчитування значення з потенціометра за допомогою функції analogRead(KNOB). Зчитаний результат зберігаємо у змінній rawKnobValue. За допомогою функції map() виконуємо перетворення значення потенціометра з діапазону 0-1023 на діапазон minTemperature-maxTemperature. Отримане значення цільової температури зберігаємо у змінній targetTemperature.

```

void loop() {
  rawKnobValue=analogRead(KNOB);
  targetTemperature=map(rawKnobValue,0,1023,minTemperature,
maxTemperature);

```

2. Отримання значення температурного датчика і перетворення його на температуру:

Далі зчитуємо значення температурного датчика за допомогою функції analogRead(TEMPERATURE\_SENSOR) а результат зберігаємо у змінній rawTemperatureValue. Функції map() використовується для перетворення значення температурного датчика з діапазону minADCValue-maxADCValue на діапазон minTemperature-maxTemperature. Отриману значення поточної температури зберігаємо у змінній currentTemperature.

```

  rawKnobValue=analogRead(KNOB);

```

```
targetTemperature=map(rawKnobValue,0,1023,minTemperature,maxTemperature);
```

3. Обчислення середніх значень цільової температури та поточної температури:

На даному етапі відбувається перевірка умови, чи було зібрано достатню кількість зразків (`sampleCounter < averageSampleCount`) для обчислення середніх значень. Якщо умова виконується, то додаємо поточну температуру до змінної `temperatureSum` і цільову температуру до змінної `knobValueSum`. Збільшуємо лічильник `sampleCounter`.

Якщо умова не виконується, то обчислюємо середнє значення поточної температури (`averageCurrentTemperature`) шляхом поділення суми значень `temperatureSum` на `averageSampleCount` і віднімання 1 (для компенсації попереднього віднімання). Обчислюємо середнє значення цільової температури (`averageTargetTemperature`) шляхом поділення суми значень `knobValueSum` на `averageSampleCount`. Обнуляємо змінні `knobValueSum`, `temperatureSum` та `sampleCounter` для підготовки до нового набору зразків.

```
if(sampleCounter<averageSampleCount){
    temperatureSum+=currentTemperature;
    knobValueSum+=targetTemperature;
    sampleCounter++;
}else{
    averageCurrentTemperature=(temperatureSum/averageSampleCount)-1;
    averageTargetTemperature=knobValueSum/averageSampleCount;
    knobValueSum=0;
    temperatureSum=0;
    sampleCounter=0;
}
```

4. Встановлення значення ШІМ (PWM) для керування пристроєм:

Тут відбувається перевірка умови, чи значення потенціометра (`analogRead(KNOB)`) дорівнює 0. Якщо так то це означає, що потенціометр вимкнений і умова виконується, тому вимикаємо світлодіод

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

(digitalWrite(LED\_PIN, LOW)) і встановлюємо значення ШИМ (pwmValue) на 0. Якщо поточна температура (currentTemperature) менша або дорівнює цільовій температурі (targetTemperature), то вмикаємо світлодіод (digitalWrite(LED\_PIN, HIGH)) і встановлюємо значення ШИМ на максимальне (maxPWM). В іншому випадку, коли поточна температура більша за цільову, вимикаємо світлодіод і встановлюємо значення ШИМ відповідно до відношення між поточною температурою та максимальною температурою.

```
if(analogRead(KNOB)==0){
  digitalWrite(LED_PIN,LOW);
  pwmValue=0;
}elseif(currentTemperature<=targetTemperature){
  digitalWrite(LED_PIN,HIGH);
  pwmValue=maxPWM;
}else{
  digitalWrite(LED_PIN,LOW);
  pwmValue=map(currentTemperature,targetTemperature+1,maxTemperature,max
PWM,0);
}
```

#### 5. Виведення даних на LCD-екран:

Тут відбувається Зчитування поточного часу (currentMillis) за допомогою функції millis(). Далі перевірка умови, чи пройшло достатньо часу з останнього оновлення екрана LCD (currentMillis - previousMillis >= lcdRefreshInterval), де lcdRefreshInterval визначає інтервал оновлення екрана. Якщо умова виконується, то оновлюємо значення на LCD-екрані:

Встановлюємо позицію курсора на другому рядку (lcd.setCursor(10, 1)) і очищаємо попереднє значення (lcd.print(" ")). Виводимо середнє значення цільової температури (averageTargetTemperature) на другому рядку екрана. Встановлюємо позицію курсора на першому рядку (lcd.setCursor(10, 0)) і очищаємо попереднє значення (lcd.print(" ")). Виводимо середнє значення поточної температури (averageCurrentTemperature) на першому рядку екрана. І на кінець поновлюємо значення previousMillis для наступної перевірки інтервалу оновлення екрана.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

```

unsigned long currentMillis=millis();
if(currentMillis-previousMillis>=lcdRefreshInterval){
previousMillis=currentMillis;
lcd.setCursor(10,1);
lcd.print("");
lcd.setCursor(10,1);
lcd.print(averageTargetTemperature);
lcd.setCursor(10,0);
lcd.print("");
lcd.setCursor(10,0);
lcd.print(averageCurrentTemperature);
}

```

Функція void loop() виконується безперервно, зчитуючи значення потенціометра, температурного датчика, обчислюючи середні значення температур, встановлюючи значення ШІМ для керування пристроєм та виводячи дані на LCD-екран. Вона забезпечує неперервну роботу системи контролю температури жала паяльника.

### 3.6 Тестування та результати роботи паяльної станції

Одним з важливих етапів розробки - цифрової паяльної станції є тестування її роботи. Цей процес дозволяє перевірити функціональність, безпеку та ефективність паяльної станції перед її практичним використанням. Далі розглянемо кроки які дозволять нам протестувати роботу паяльної станції.

У першу чергу, перевіряємо джерело живлення паяльної станції. Впевнимося, що гніздо та кабель живлення не пошкоджені. Підключаємо паяльник та джерело живлення до відповідних роз'ємів, після того як паяльну станцію буде заживлено перейдемо далі. Наступним етапом є налаштування температури. За допомогою потенціометра ми можемо змінювати температуру в заданому діапазоні, при чому це буде відображено на дисплеї. Важливо переконатися, що паяльник нагрівається до встановленої температури. Реальна

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		60

температура може відрізнятись від вказаної на дисплеї, для коректного відображення потрібно виконати калібрування паяльної станції для досягнення заданої точності.

Калібрування паяльної станції є важливим кроком для забезпечення точного температурного контролю та надійної роботи пристрою. Для вимірювання температури паяльного наконечника використовуємо мультиметр з термопарою високої точності. Тепер приступимо до вимірювання температури наконечника. Торкаємося термопарою до поверхні паяльного жала, забезпечуючи повний контакт. Чекаємо, коли показники на мультиметрі стабілізується, і зафіксуємо значення температури. Щоб отримати надійні результати, повторюємо цей процес кілька разів, вимірюючи різні точки на поверхні наконечника. Після цього порівнюємо виміряні значення температури зі значеннями, встановленими на паяльній станції. Вони повинні бути максимально близькими один до одного (допустима похибка  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ ). На рис 3.10 показано результати вимірювання заданої та фактичної температури.

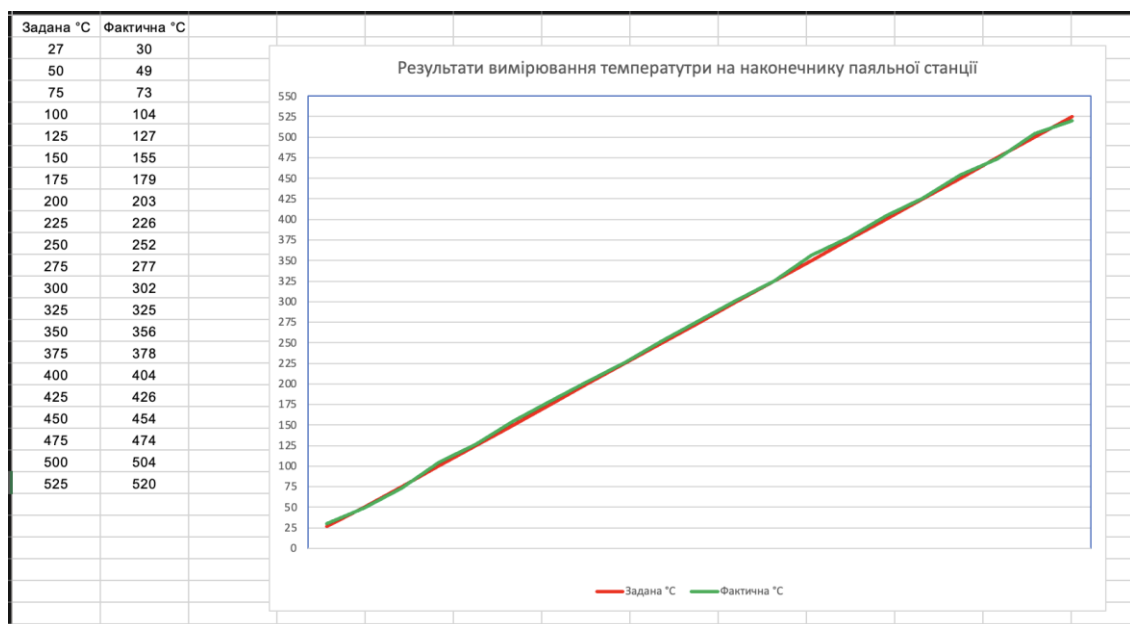


Рисунок 3.10 – Результати вимірювання

Після підтвердження стабільності температури, було виконано тестування функціональності паяльної станції. Проведене паяння на різних налаштуваннях температури дозволило перевірити точність регулювання температури, а також

функцію увімкнення і вимкнення світлодіодного індикатора. Результати тестування показали, що розроблена паяльна станція працює стабільно, температура тримається в заданому діапазоні, що є важливим фактором при паянні мілких елементів. Внутрішні датчики та алгоритми керування забезпечують точне підтримання температури без відхилень. Крім того, функції керування паяльною станцією працюють належним чином. Були успішно реалізовані функції налаштування температури, регулювання потужності нагріву та часу нагріву. Користувач може зручно налаштовувати параметри роботи станції, що дозволяє йому виконувати різноманітні завдання паяння залежно від вимог.

### 3.7 Висновки

Метою реалізації програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції на базі Arduino Nano, було виконано наступні кроки:

- 1) розробка корпусу для паяльної станції в спеціалізованому ПЗ та друк його на 3D принтері;
- 2) підбір радіоелектронних компонентів, виготовлення друкованої плати та розпайка всіх складових на розроблену плату.
- 3) підключення всіх елементів паяльної станції та їх збірка у розроблений корпус;
- 4) розробка програмного забезпечення та перевірка його на правильність роботи;
- 5) було проведено тестування та показані результати роботи програмно-апаратного комплексу паяльної станції.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		62

## ВИСНОВКИ

Через стрімкий розвиток електроніки процес монтажу елементів на друковані плати суттєво ускладнився через наявність мікросхем у яких контакти розташовані під елементом (монтаж типу BGA), а також ускладнився процес ремонту. В сьогоденних реаліях температура пайки може сягати до  $220^{\circ}\text{C}$ , а вже вища від неї температура буде небезпечною для елементів з p-n переходами. Тому для монтажу радіоелектронних елементів почали використовувати спеціальне устаткування назване паяльними станціями.

Паяльна станція, суттєво розширює функціонал та можливості для швидкої і якісної розпайки СМД елементів на друкованій платі, а саме: можливість регулювати температуру, наявність термоповітряного паяльного фену, платформи для підігріву плат, термопінцета, вакуумного оловідсосу і тд. Більшість всіх сучасних станцій комплектуються підставками для паяльника і фену та спеціальними тримачами(зжимачами) для плат, що в свою чергу теж спрощує роботу при пайці.

Зараз на ринку є багато різновидів паяльних станцій: термоповітряні, аналогові, індукційні, контактні, безконтактні, демонтажні. Нагрівальний елемент в яких може бути як періодичним так і постійним. Робочу температуру нагрівальних елементів таких станцій регулюється у діапазоні від  $100^{\circ}\text{C}$  до  $450^{\circ}\text{C}$ . А також існують певні спеціалізовані моделі, в яких робочий діапазон ще вищий. В основному при роботі використовують два типи паяльних станцій: для звичайного припою, по типу ПОС40, ПОС60 та для безсвинцевої пайки.

Зробити паяльну станції власноруч, можна із звичайного простого паяльника, але його потрібно трохи модернізувати: обладнати нагрівальний елемент паяльника термопарою, додати механізм для регулювання температури та оснастити пристроєм для швидкої зміни паяльних насадок(жал). При контактній пайці, регулювання температури не перегріває радіоелектронні елементи, що дозволяє подовжити їх строк служби.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		63

Наявність терморегулятора у контактній паяльній станції дозволяє плавно регулювати робочу температуру від **200°C** до **380°C**. Ці показники є оптимальними для нормального паяння.

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм..	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		64

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Kondaveeti H., Vanambathina S., Vappangi S. A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Comput. Sci. Rev.* 2021. Volume 40. P. 100-364. ISSN 1574-0137. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100364>.
2. Термоповітряна паяльна станція Accta 301: веб сайт. URL: <https://masteram.com.ua/uk/hot-air-rework-station-accta-301/> (дата звернення: 01.02.2023).
3. Термоповітряна паяльна станція Lukey 852D+: веб сайт. URL: <https://masteram.com.ua/uk/hot-air-soldering-station-lukey-852d-plus-with-soldering-iron/> (дата звернення: 02.02.2023).
4. Термоповітряна паяльна станція Aoyue int968A+: веб сайт. URL: <https://masteram.com.ua/uk/hot-air-soldering-station-aoyue-int968aplus/> (дата звернення: 04.02.2023).
5. Kamath V., Renuka A., Deep learning based object detection for resource constrained devices: Systematic review, future trends and challenges ahead. *Neurocomputing.* 2023. Volume 531. P. 34-60. ISSN 0925-2312. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2023.02.006>.
6. Xuefeng W., Lingyao S., Ziting Y., Xiuchen Z., Ying L. Preparation and performance of Sn-based composite solder joints by solid-liquid low-temperature solder bonding technology. *Journal of Materials Research and Technology.* 2023. Volume 24. P. 6378-6390. ISSN 2238-7854. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.04.234>.
7. Tongju W., Yongping L., Peng Z., Jian L., Hanguang F. Based on the technology of electromagnetic force driving and differential pressure control for producing solder balls. *Materials Letters.* 2021. Volume 286. P. 129-236. ISSN 0167-577X. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2020.129236>.
8. Anguiano C., Natzu K., Félix M., Hernández-Fuentes O., Herrera R., Salazar D. The effect of variable irradiation mask in Focused Infrared Light Soldering Systems for electronic components. 2021. *Optik.* Volume 242. P. 167-298. ISSN 0030-4026. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2021.167298>.

					КВРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		65

9. Wu J., Chu C., Liao Y. Solderable conductive paste for electronic textiles. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*. 2023. Volume 142. P. 104-616. ISSN 1876-1070. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2022.104616>.
10. Zhou D., Haseeb A., Andriyana A. Mechanical performance of advanced multicomponent lead-free solder alloy under thermal aging. *Materials Today Communications*. 2022. Volume 33. P. 104-430. ISSN 2352-4928. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104430>.
11. McGranahan A. FeatherFlame: An Arduino-Based Thermocouple Datalogging System to Record Wildland Fire Flame Temperatures in Agris. Rangeland Ecology & Management. 2021. Volume 76. P. 43-47. ISSN 1550-7424. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2021.01.008>.
12. Gao Y., Chen Z., Lin J., Liu Y. Development of an automated system for the soldering of USB cables. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2023. Volume 79. P. 102-440. ISSN 0736-5845. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102440>.
13. Straubinger D., Hurtony T., Géczy A. Impact of electromigration and isothermal ageing on lead-free solder joints of chip-sized SMD components. *Journal of Materials Research and Technology*. 2022. P. 308-318. ISSN 2238-7854. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2022.09.048>.
14. Mawire A., Lefenya M., Ekwomadu S., Shobo B. Performance of a medium temperature eutectic solder packed bed latent heat storage system for domestic applications. *Journal of Energy Storage*. 2020. Volume 28. P. 101-294. ISSN 2352-152X. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101294>.
15. Sarkar M., Gulshan F., Raihan M. Rashid H., Hasanuzzaman M.A Review of TiO<sub>2</sub>-nanoparticle Reinforced Lead-Free Solder Composites Used in Electronic Components Soldering. *Encyclopedia of Materials: Electronics*. 2023. P 456-463. ISBN 9780128197356. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819728-8.00002-4>.
16. Bhamre H., Deshmukh S., Shintre H., Ghodke P., Shinde S. Design and development of bottle sorting machine using Arduino. *Materials Today: Proceedings*. 2023. Volume 77, Part 3. P. 1023-1027. ISSN 2214-7853. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.252>.

					КВПКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		66

17. Yang M., Zhao X., Huo Yongjun., Tu Kin., Yingxia Liu. Comparison between bulk and particle solder alloy on the performance of low-melting solder joints. *Journal of Materials Research and Technology*. 2023. Volume 24. P. 71-80. ISSN 2238-7854. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.02.227>.

18. Whitehouse C., Corbett N., Brownlees J. 3D models of neurodegeneration: implementation in drug discovery. *Trends in Pharmacological Sciences*. 2023. Volume 44, Issue 4. P. 208-221. ISSN 0165-6147. <https://doi.org/10.1016/j.tips.2023.01.005>.

19. Плата контролера Arduino NANO: веб сайт. URL: <https://arduino.ua/prod166-arduino-nano-v3-0-avr-atmega328p-s-raspayannimi-razemami> (дата звернення: 04.03.2023).

20. Піни плати Arduino NANO: веб сайт. URL: <https://www.studiopieters.nl/arduino-nano-pinout/> (дата звернення: 04.03.2023).

21. Паяльник для паяльных станцій типу Hakko 907: веб сайт. URL: [https://ksger.com.ua/907.html?gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEckPDpidylRu1rzq1T\\_zP3C1iBLVqOoNF3cqeA79NxOGPBAKzvPTVEaAoDdEALw\\_wcB](https://ksger.com.ua/907.html?gclid=Cj0KCQjwmtGjBhDhARIsAEqfDEckPDpidylRu1rzq1T_zP3C1iBLVqOoNF3cqeA79NxOGPBAKzvPTVEaAoDdEALw_wcB) (дата звернення: 06.03.2023).

22. Понижуючий DC-DC модуль MP2303: веб сайт. URL: <https://tempus.prom.ua/ua/p1321222888-ponizhayuschij-preobrazovatel-mp1584en.html> (дата звернення: 08.03.2023).

23. Villarreal-Loya R., Garay-Reyes C., Mendoza-Duarte J, Hernández-Rivera J., Cruz-Rivera J., Estrada-Guel I., Martínez-Sánchez R. Ultra-low-temperature lead-free multicomponent alloy solder for application in heat-sensitive electronic components. *Materials Letters*. 2023. Volume 343. P. 134-342. ISSN 0167-577X. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2023.134342>.

24. Oliveira P., Hedengren J, Rossiter J. ntroducing Digital Controllers to Undergraduate Students using the TCLab Arduino Kit. *IFAC-PapersOnLine*. 2020. Volume 53, Issue 2. P. 17524-17529. ISSN 2405-8963. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.2662>.

25. Аналогова паяльна станція: веб сайт. URL: <https://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=403093> (дата звернення: 08.03.2023).

					КВРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		67

26. Seidel R., Ahrens T., Friedrich J., Reinhardt A., Franke J. Experimental identification and prioritization of design and process parameters on hole fill in mini wave soldering. *Microelectronics Reliability*. 2022. Volume 131. P. 114-497. ISSN 0026-2714. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2022.114497>.

27. LCD дисплей з синім підсвічуванням 1602 I2C: веб сайт. URL: <https://www.robostore.com.ua/ua/moduli-i-datchiki/monohromnyye-displei/lcd-displej-1602-i2c-s-sinej-podsvetkoj/> (дата звернення: 09.03.2023).

28. МДН транзистор IRLB4132: веб сайт. URL: <https://wintexservice.kiev.ua/ua/p1110691492-tranzistor-irlb4132-30v.html> (дата звернення: 10.03.2023).

29. Операційний підсилювач LM358: веб сайт. URL: <https://www.kosmodrom.ua/operaciyniy-posilyuvach/lm358n-nopb.html> (дата звернення: 11.03.2023).

30. Alsowidy S., Aljarbani M., Mohammed S. Gumaan. Microstructural and creep characterization of Sn-0.7Cu and Sn-0.7Cu-xBi lead-free solders for low cost electronic. *Results in Materials*. 2022. Volume 16. P. 100-319. ISSN 2590-048X. <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2022.100319>.

31. Akbari S, Lövberg A., Tegehall P., Brinkfeldt K., Andersson D. Effect of PCB cracks on thermal cycling reliability of passive microelectronic components with single-grained solder joints. *Microelectronics Reliability*. 2019. Volume 93. P. 61-71. ISSN 0026-2714. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2019.01.006>.

32. Restuccia F., Pagani M., Mascitti A., Barrow M., Marinoni M., Biondi A., Buttazzo G., Kastner R. ARTe: Providing real-time multitasking to Arduino. *Journal of Systems and Software*. 2022. Volume 186. P. 111-185. ISSN 0164-1212. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2021.111185>.

33. Роз'єм для підключення живлення: веб сайт. URL: <https://arduinka.biz.ua/uk/roz-m-zhivlennya-dc-022-5-5-h-2-1mm-p736c76.html> (дата звернення: 12.03.2023).

34. Електролітичний конденсатор на 470мкФ 25В: веб сайт. URL: <https://prom.ua/ua/p1830833167-elektroliticheskie-kondensatory-470.html> (дата звернення: 13.03.2023).

					КвРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		68

35. Електролітичний конденсатор на 470мкФ 25В: веб сайт. URL: <https://prom.ua/ua/p1830833167-elektroliticheskie-kondensatory-470.html> (дата звернення: 13.03.2023).

36. Резистори: веб сайт. URL: [https://beegreen.com.ua/rezistor-0-25w-10k-10kom-10kom-0-25vt-14491?gclid=CjwKCAjwvdajBhBEEiwAeMh1U-0leeB0RwZt-5cxJgx1FvJsQ0WNKTKn0KplWJcJWDvLfIQMAGd2XxoCtL8QAvD\\_BwE](https://beegreen.com.ua/rezistor-0-25w-10k-10kom-10kom-0-25vt-14491?gclid=CjwKCAjwvdajBhBEEiwAeMh1U-0leeB0RwZt-5cxJgx1FvJsQ0WNKTKn0KplWJcJWDvLfIQMAGd2XxoCtL8QAvD_BwE) (дата звернення: 13.03.2023).

37. Потенціометр(змінний резистор) на 10 кОм: веб сайт. URL: <https://techfactory.com.ua/p1524269588-rezistor-peremennyj-potensiometr.html> (дата звернення: 15.03.2023).

38. Блок живлення: веб сайт. URL: <https://ineed.ua/products/adapter-pitaniya-ac-dc-universalnyj-setevoj-blok-pitaniya-24v-3a> (дата звернення: 13.03.2023).

39. Sobolewski M., Wojewoda-Budka J., Huber Z., Zieba P., Wierzbicka-Miernik M. Solder joints reliability of through hole assemblies with various land and hole design. *Microelectronics Reliability*. Volume 125. 2021. P. 114-368. ISSN 0026-2714. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2021.114368>.

40. Lee B., Hsiao K., Lipkowitz G., Samuelsen T., DeSimone J. Characterization of a 30 μm pixel size CLIP-based 3D printer and its enhancement through dynamic printing optimization. *Additive Manufacturing*. 2022. Volume 55. P. 102-800. ISSN 2214-8604. <https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.102800>.

41. Sudheshwar A., Malinverno N., Hischier R., Nowack B., Som. C. Identifying sustainable applications for printed electronics using the multi-perspective application selection approach. *Journal of Cleaner Production*. 2023. Volume 383. P. 135-532. ISSN 0959-6526. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135532>.

42. Shi Q., Liu D., Huang J. Flexible. *Encyclopedia of Materials: Electronics*. Academic Press. 2023. P. 139-153. ISBN 9780128197356. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819728-8.00079-6>.

43. Romano T., Alix T., Lembeye Y., Lembeye N., Lembeye J. Towards circular power electronics in the perspective of modularity. *Procedia CIRP*. 2023.

					КВРКІ. 180235.19.03.51 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		69

<https://doi.org/10.1016/j.procir.2023.02.099>.

44. Tan H., Choong Y., Kuo C., Low H., Chua C. 3D printed electronics: Processes, materials and future trends. *Progress in Materials Science*. 2022. Volume 127. P. 100-945. ISSN 0079-6425. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2022.100945>.

45. Kumar N., Maurya A. Development of lead free solder for electronic components based on thermal analysis. *Materials Today: Proceedings*. 2022. Volume 62, Part 4. P. 2163-2167. ISSN 2214-7853. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.358>.

46. Arriola E., Ubando A., Gonzaga J., Lee C. Wafer-level chip-scale package lead-free solder fatigue: A critical review. *Engineering Failure Analysis*. 2023 Volume 144. P. 106-986. ISSN 1350-6307. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106986>.

47. Yahaya M., Nazeri M., Salleh N., Kurt A., Kheawhom S., Illés B., Skwarek A., Abdullah A., Mohamad A. Selective etching of lead-free solder alloys: A brief review. *Materials Today Communications*. 2022. Volume 33. P. 104-520. ISSN 2352-4928. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2022.104520>.

48. Lin S., Zhang D., Wang Y., Yu Z., Li Q., Wang F., Li Y., Guo Y., Miao J., Cui D., Chen D. A cost-effective and solderability stretchable circuit boards for wearable devices. *Sensors and Actuators A: Physical*. 2021. Volume 331. P. 112-924. ISSN 0924-4247. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.112924>.

49. Bisták P. Arduino Support for Personalized Learning of Control Theory Basics\*\*This work has been partially supported by the grants APVV SK-IL-RD-18-0008 and VEGA 1/0745/19. *IFAC-PapersOnLine*. 2019. Volume 52, Issue 27. P. 217-221. ISSN 2405-8963. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.759>.

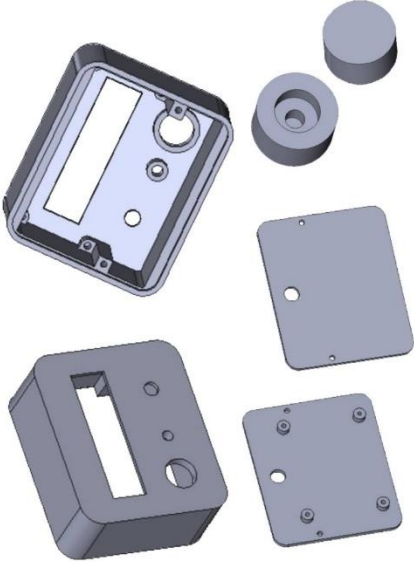
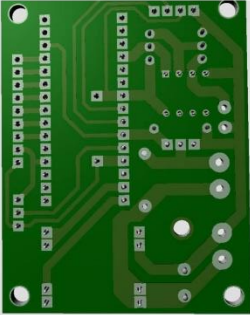

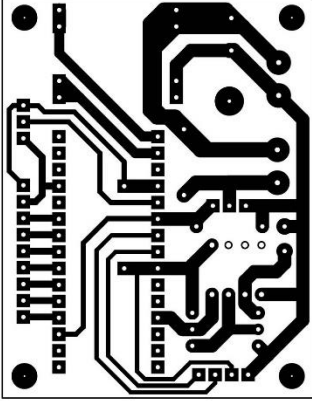
50. Kim D., Won M., Jang J., Kim S., Oh C. Development of solderable layer on power MOSFET for double-side bonding. *Microelectronics Reliability*. 2022. Volume 129. P. 114-482. ISSN 0026-2714. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2022.114482>.



**Додаток Б**  
**(обов'язковий)**

**Копія креслення «Візуалізація апаратних складових»**

Візуалізація апаратних складових

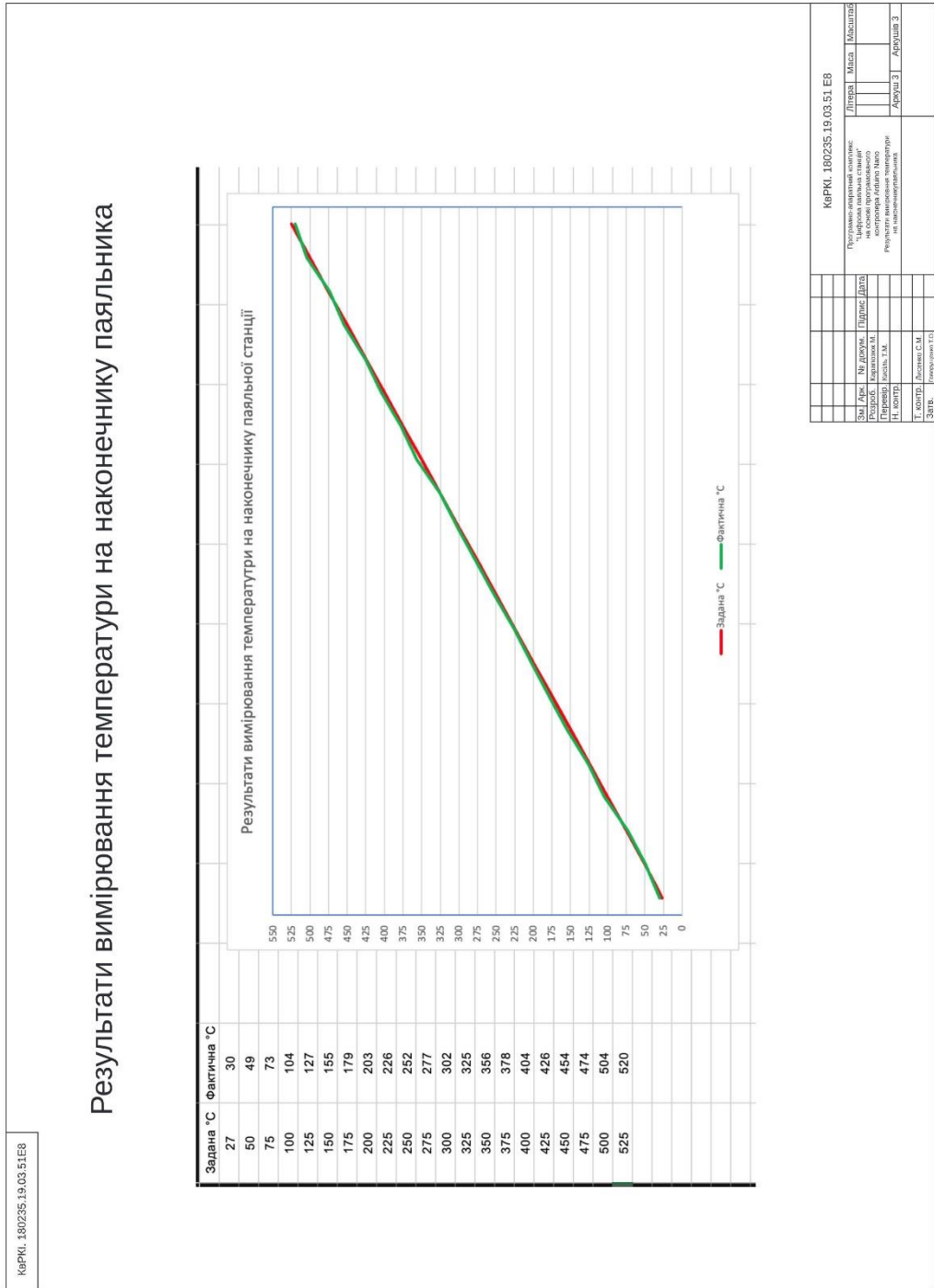





КерКМ.180235.19.03.51.E8

Лист	Місяць	Місця
КерКМ.180235.19.03.51.E8		
Продукція: Апаратні складові		
Цілі: Цілі в частині створення		
на основі програмованих		
Розробки: Казанкова М.		
Проект: Іншіт. Т.М.		
Н. контр:		
Т. констр.	Лисенко С.М.	Розробник Т.О.
З.І.В.		

**Додаток В**  
**(обов'язковий)**

**Копія креслення «Результати вимірювання температури на  
наконечнику паяльника»**



Додаток Г  
(обов'язковий)  
Лістинг коду

```
#define TEMPERATURE_SENSOR A0

#define KNOB A7

#define IRON_PIN 10

#define LED_PIN 3

int minTemperature = 27; // Нґнґмальна отримана температура жала
паяльника пґд час тестування (ЎС)

int maxTemperature = 525; // Нґаксимальна отримана температура жала
паяльника пґд час тестування (ЎС)

int minADCValue = 234; // Нґнґмальне отримане значення Ъ–Ц пґд час
тестування minTemperature

int maxADCValue = 733; // Нґаксимальне отримане значення Ъ–Ц пґд час
тестування minTemperature

int maxPWM = 255; // Нґаксимальна потужнґсть □ §Ї

int averageSampleCount = 5; // Їґлькґсть середнґх зразкґв

int lcdRefreshInterval = 80; // —астота оновлення LCD-дисплею
(мґлґсекунди)

int pwmValue = 0;

int rawTemperatureValue = 0;

int rawKnobValue = 0;

int sampleCounter = 0;

int targetTemperature = 0;

int averageTargetTemperature = 0;

int averageCurrentTemperature = 0;

unsigned long previousMillis = 0;
```

```

float currentTemperature = 0.0;
float temperatureSum = 0.0;
float knobValueSum = 0.0;
void lcdSetup() {
    lcd.backlight();
    lcd.init();
    lcd.clear();
}
void setup() {
    pinMode(TEMPERATURE_SENSOR, INPUT);
    pinMode(KNOB, INPUT);
    pinMode(IRON_PIN, OUTPUT);
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
    pinMode(A6, INPUT);
    lcdSetup();
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("PRESET T: ");
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("ACTUAL T:");
}
void loop() {
    // Тримання значення потенціометра і встановлення цільової
    температури
    rawKnobValue = analogRead(KNOB);

```

```

targetTemperature = map(rawKnobValue, 0, 1023, minTemperature,
maxTemperature);

// Тримання значення температурного датчика і перетворення його на
температуру

rawTemperatureValue = analogRead(TEMPERATURE_SENSOR);

currentTemperature = map(rawTemperatureValue, minADCValue,
maxADCValue, minTemperature, maxTemperature);

// Обчислення середніх значень цільової температури та поточної
температури

if (sampleCounter < averageSampleCount) {
    temperatureSum += currentTemperature;
    knobValueSum += targetTemperature;
    sampleCounter++;
} else {
    averageCurrentTemperature = (temperatureSum / averageSampleCount) - 1;
    averageTargetTemperature = knobValueSum / averageSampleCount;
    knobValueSum = 0;
    temperatureSum = 0;
    sampleCounter = 0;
}

if (analogRead(KNOB) == 0) {
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    pwmValue = 0;
} else if (currentTemperature <= targetTemperature) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    pwmValue = maxPWM;
}

```

```

} else {
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);

    pwmValue = map(currentTemperature, targetTemperature + 1,
maxTemperature, maxPWM, 0);
}

analogWrite(IRON_PIN, pwmValue);

unsigned long currentMillis = millis();

if (currentMillis - previousMillis >= lcdRefreshInterval) {
    previousMillis = currentMillis;

    lcd.setCursor(10, 1);

    lcd.print("  "); // Пчистити попередн№ значення

    lcd.setCursor(10, 1);

    lcd.print(averageTargetTemperature);

    lcd.setCursor(10, 0);

    lcd.print("  "); // Пчистити попередн№ значення

    lcd.setCursor(10, 0);

    lcd.print(averageCurrentTemperature);
}
}

```

Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

ID перевірки:  
1015343703

Дата перевірки:  
31.05.2023 12:51:20 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
31.05.2023 12:54:36 EEST

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Карапозюк\_Програмно-апаратний комплекс "Цифрова паяльна станція" на основі програм...

Кількість сторінок: 69 Кількість слів: 12368 Кількість символів: 91335 Розмір файлу: 19.38 MB ID файлу: 1015012109

## 1.49% Схожість

Найбільша схожість: 0.78% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1011282824)

1.36% Джерела з Інтернету 44 ..... Сторінка 71

1.17% Джерела з Бібліотеки 76 ..... Сторінка 71

## 0.19% Цитат

Цитати 1 ..... Сторінка 72

Посилання 1 ..... Сторінка 72

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 1

**Anti-Plagiarism v-15.257****Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%****Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 16%**

ID: 114368 Назва: БКР Програмно-апаратний комплекс "Цифрова паяльна станція" на основі програмованого контролера Arduino Nano Додано в БД: 2023-05-31 Автора: Карапозюк М.М. Керівники: Кисіль Т.М. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	79341	745	650 (1%)	12 (2%)

## Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

## РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Карапозюк Микола Миколайович

Тема: Програмно-апаратний комплекс «Цифрова паяльна станція» на основі програмованого контролера Arduino Nano

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 68

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є проектування та створення програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі кваліфікаційної роботи проаналізовано існуючі рішення програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції. Також було розглянуто різні підходи для реалізації даного проекту та визначені задачі для побудови програмно-апаратного комплексу цифрової паяльної станції. У другому розділі було проаналізовано існуючі на ринку апаратні складові, та обрано найбільш підходяще обладнання для побудови паяльної станції. Розроблено принципову схему та алгоритм роботи програмно-апаратного комплексу. Також спроектовано друковану плату для розміщення на ній елементів паяльної станції. В третьому розділі було реалізовано програмно-апаратний комплекс цифрової паяльної станції на базі Arduino Nano. Практична цінність роботи полягає в розробленому програмно-апаратному комплексі цифрової паяльної станції на базі Arduino Nano, який дозволяє підтримувати задану температуру паяльного жала, змінювати її у певному діапазоні та слідкувати щоб температура на екрані та жалі паяльники збігалася.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: не встановлено максимальний час безперервної роботи, що є важливим під час експлуатації.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на високому технічному рівні.


8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: добре/4.50/В

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) \_\_\_\_\_

Гурман Іван Васильович, доцент кафедри інженерії програмного забезпечення, ХНУ

“31” травня 2023 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС  
д-р.техн.наук, проф. Говорущенко Т. О.

Карапозюка Миколи Миколайовича

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ-19-3

### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

22 квітня 2023 року



**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ**  
**КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ**  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Програмно-апаратний комплекс «Цифрова паяльна станція» на основі програмованого контролера Arduino Nano

Автор: Карапозюк Микола Миколайович

Спеціальність: 123 – Компютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Кисіль Тетяна Миколаївна, к.ф.-м.н, доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укріття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформлені посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 1.49% і адресується до 50 першоджерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІІС

Т. М. Кисіль

С. М. Лисенко

Т. О. Говорущенко