

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**РАДІОТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
**КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ**

До захисту допущено:

В.о.зав. кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло СТЕПАНОВ

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проєкт**




на здобуття ступеня бакалавра

за освітньою-професійною програмою

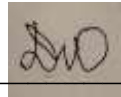
«Радіозв'язок і оброблення сигналів»

спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка

на тему: «Плата управління однопостовою ріжковою кавомашиною»

Виконав : студент IV курсу групи РА-81		
Дерікот Глеб Юрійович		
Прізвище, ім'я та по батькові		підпис
Керівник:		
Доцент, к.т.н. Лащевська Наталія Олександрівна		
Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові		підпис
Рецензент:		
Доцент, к.т.н., Гусєва Олена Володимирівна		
Посада, науковий ступінь, вчене звання, Прізвище, ім'я та по батькові		підпис

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент (-ка)  Дерікот Г.Ю.

Київ – 2022 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/П	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	РА81.421453.001.ТЗ	Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	РА81.421453.001 ПЗ	Пояснювальна записка	65	
3	A4	РА81.421453.001 СП	Специфікація на пристрій	2	
4	A2	РА81.421453.001 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
5	A2	РА81.421453.002 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
6	A3	РА81.421453.003 ЕЗ	Схема електрична принципова	1	
7	A4	РА81.421453.001 ПЕ	Перелік елементів	2	
8	A4	РА81.421453.002 ПЕ	Перелік елементів	1	
9	A4	РА81.421453.003 ПЕ	Перелік елементів	1	
10	A3	РА81.421453.001 СК	Складальний кресленик друкованої плати	1	
11	A3	РА81.421453.002 СК	Складальний кресленик друкованої плати	1	
12	A3	РА81.421453.003 СК	Складальний кресленик друкованої плати	1	
13	A1	РА81.421453.004 СК	Складальний кресленик пристрою	1	
14	A1	РА81.421453.001 СП	Специфікація на друкований вузол	3	
15	A1	РА81.421453.002 СП	Специфікація на друкований вузол	2	
16	A1	РА81.421453.003 СП	Специфікація на друкований вузол	3	
17	A3	РА81.758733.001	Друкована плата	1	
18	A3	РА81.758733.002	Друкована плата	1	
19	A3	РА81.758733.003	Друкована плата	1	

				РА81.421453.001		
	ПІБ	Підпис	Дата			
Розробник	ДерікотГ.Ю.			Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Керівник	Іашевська Н.О				1	1
Консультант					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф.ПРЕ, Гр. РА-81	
Н/контр.						
Зав.каф.						

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Радіотехнічний факультет**

**Кафедра прикладної радіоелектроніки**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітньо-професійна програма «Радіозв'язок і оброблення сигналів»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Михайло СТЕПАНОВ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проєкт студенту**

**Дерікота Глеба Юрійовича**

1. Тема проєкту «Плата управління однопостовою ріжковою кавомашиною», керівник проєкту Лащевська Н. О., Доцент, к.т.н, затверджені наказом по університету від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проєкту 09 червня 2022 року

3. Вихідні дані до проєкту :

Напруга живлення 220 В;

AVR Мікроконтролер;

Струм до 1 А;

Клавіатура з кнопок;

Індикація;

Кліматичні умови УХЛ 4 згідно ГОСТ15150-69;

4. Зміст пояснювальної записки :

1. Аналіз технічного завдання.
2. Аналіз значення плати керування.
3. Обґрунтування і вибір схеми.
4. Розрахунок друкованої плати.
5. Результати проектування.
6. Алгоритм роботи пристрою.
7. Висновок.

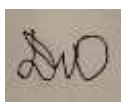
5. Перелік графічного матеріалу : Схеми електричні принципи, складальний кресленник пристрою, складальні креслення, друковані плати.

6. Дата видачі завдання 01 травня 2022 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз ТЗ та огляд існуючих рішень	01.05.2022 – 03.05.2022	
2	Розробка структурної схеми	04.05.2022 – 06.05.2022	
3	Розробка схем електричних принципів	06.05.2022 – 15.05.2022	
4	Вибір елементної бази	16.05.2022 – 21.05.2022	
5	Проектування друкованих плат та корпусу	22.05.2022 – 02.06.2022	
6	Розробка алгоритму роботи	03.06.2022 – 06.06.2022	
7	Висновок	07.06.2022 – 08.06.2022	

Студент



Дерікот Глеб Юрійович

Керівник



Лащевська Наталія Олександрівна

## **АНОТАЦІЯ**

Темою даного дипломного проєкту є «Плата управління однопостовою ріжковою кавомашиною». Диплом викладено на 65 сторінках, які включають 4 таблиць, 48 ілюстрацій та має 20 додатків.

Метою дипломного проєкту є розробка плати керування однопостовою ріжковою кавомашиною, яка вирішує проблему обмеженості базового функціоналу в кавомашинах середнього цінового сегменту. Даний пристрій дозволяє розширити базовий функціонал стандартної кавомашини за відносно невеликі кошти порівняно з купівлею кавомашини більш високого цінового сегменту.

Ключові слова : ріжкова кавомашина, плата керування, мікроконтролер, керування помпою, регулювання температури.

## **ANNOTATION**

Topic of the diploma is “Control board for single group carob coffee machine“ that consist of 65 pages with 48 illustrations, 4 tables and 20 additions.

The purposes of this project is developing of control board for single group carob coffee machine, that add missing functionality medium price segment coffee machine. Has positive economical effect, allows to add missed functionality for price that is much lower than relatively to difference of prices between of coffee machines of different price segment.

Keywords: carob coffee machine, microcontroller, PID regulator, control board, temperature regulation

**Пояснювальна записка  
до дипломного проєкту  
на тему:  
«Плата управління однопостовою  
ріжковою кавомашиною»**

Київ — 2022 року

## ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	5
ANNOTATION .....	6
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	12
ВСТУП .....	13
1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ.....	14
2 АНАЛІЗ ЗНАЧЕННЯ ПЛАТИ КЕРУВАННЯ .....	16
2.1 Особливості роботи однопостової ріжкової кавомашини .....	16
2.2 Формування смаку кави .....	17
2.3 Ідея використання плати керування ріжковою кавомашиною .....	18
2.4 Аналіз аналогів присутніх на ринку .....	19
2.5 Висновок до розділу .....	22
3 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СХЕМИ.....	23
3.1 Обґрунтування структурної схеми.....	23
3.2 Обґрунтування схемотехнічних рішень .....	25
3.2.1 Рішення для блоку контролю.....	25
3.2.2 Рішення для блоку індикації.....	26
3.2.3 Рішення для блоку керування помпою та нагрівачем.....	28
3.3 Вибір елементної бази .....	29
3.3.1 Мікроконтролер DD2 (ATMEGA328P-AU) .....	29
3.3.2 Мікросхема DD1 (MAX7219EWG) .....	30
3.3.3 Мікросхема DD3 (MAX31865AAP) .....	30
3.3.4 Датчик температури ВК1 (PT100).....	31

<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>								
					<b>Плата управління однопостовою ріжковою кавомашиною</b>			
<b>ЗМ.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>		<b>Лім.</b>	<b>Лист</b>	<b>Листів</b>
Розробив		Дерікот Г.Ю					8	91
Перевірів		Лащевська				<b>РА-81, РТФ</b>		
Н. Контр.		Лащевська						
Затвер-		Лащевська						



3.3.5 Чотирирозрядні семисегментні індикатори зі спільним катодом HG1, HG2 (GNQ-5641AD).....	31
3.3.6 Операційний підсилювач DA1 (LM358).....	32
3.3.7 Світлодіод HL1 (7012X1).....	32
3.3.8 Перетворювач змінної напруги в постійну U3 (MYRRA 47153) .....	33
3.3.9 Лінійний стабілізатор DA2 (Ncp1117st50t3g).....	33
3.3.10 Лінійний стабілізатор DA3 (LM6206N3).....	34
3.3.11 Перетворювач змінної напруги в постійну U1 (VTX-214-003-105).....	34
3.3.12 Транзисторний оптрон U2 (4N25).....	35
3.3.13 Біполярний р-п-р транзистор VT1 (BC556).....	35
3.3.14 Біполярний транзистор з ізольованим затвором n-типу VT2 (IRGB14C40LPBF) .....	36
3.3.15 Діоди VD1, VD2, VD3 (1N4007).....	37
3.3.15 Кнопки SB1, SB2, SB3, SB4, SB5 (1825910-2).....	37
3.3.16 Електролітичні конденсатори C4, C6, C8 (EEEFN1C470UR).....	38
3.3.17 SMD конденсатори C3, C5, C7, C9, C10 (0805YA101FAT2A) .....	38
3.3.18 SMD конденсатори C1,C2 (0805YA220JAT2A).....	39
3.3.19 SMD резистори R8, R2 (RC0805JR-1010K0L) .....	39
3.3.20 SMD резистори R7, R3, R4, R5 (RC0805JR-101KL).....	39
3.3.21 SMD резистори R9 (RC0805JR-10470RL) .....	39
3.3.22 SMD резистори R1 (RP73PF2A9K53BTDF).....	40

3.3.23 SMD резистори R6 (RC0805JR-101ML) .....	40
3.3.24 SMD резистори R11 (CRM1206-JW-103ELF) .....	40
3.3.25 SMD резистори R10 (CRM1206-JW-474ELF) .....	40
3.3.26 SMD резистори R12 (CRM1206-JW-104ELF) .....	40
3.3.26 SMD резистори R13 (CRM1206-JW-102ELF) .....	41
4 РОЗРАХУНОК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ .....	42
4.1 Вибір методу виготовлення друкованої плати .....	42
4.2 Вибір провідникового матеріалу та матеріалу основи друкованого монтажу. ....	42
4.3 Розмір друкованої плати .....	42
4.4 Вибір класу точності пристрою.....	49
4.5 Розрахунок ширини друкованих провідників.....	49
5 РЕЗУЛЬТАТИ ПРОЕКТУВАННЯ .....	52
6 АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ.....	63
6.1 Основні блоки алгоритму.....	63
6.2 Опис алгоритму.....	63
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ .....	66
ДОДАТОК А.....	69
ДОДАТОК Б .....	72
ДОДАТОК В.....	74
ДОДАТОК Г .....	75
ДОДАТОК І.....	76

ДОДАТОК Д.....	79
ДОДАТОК Е.....	81
ДОДАТОК Є.....	84
ДОДАТОК Ж.....	86
ДОДАТОК З.....	87

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП — Друкована плата

ЕБ — Емітер-база

ЕК — Емітер-колектор

КБ — Колектор-база

КЕ — Колектор-емітер

ПІД — Пропорційно-інтегрально-диференціальний

САПР – Система Автоматичного Проектування

ADC — Analog-to-Digital convertor

DAC – Digital-to-Analog

DSP — Digital signal processing

EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

ICSP — In Circuit Serial Programming

PWM — Pulse-Width Modulation

RTD — Resistance Temperature Detector

SPI — Serial Peripheral Interface

SSR — Solid State Relay

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						12
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

В наш час кава являється одним із розповсюджених напоїв світу. Якщо ж подивитись на світовий ринок збуту, то можна помітити, що обсяги торгівлі кавою поступаються тільки обсягом торгівлею нафти, тому не дивно, що людство придумало багато технологічних рішень для приготування кави.

Існує багато різновидів кавових машин, але в комерційних закладах, які спеціалізуються на приготуванні кави та в домівках у поціновувачів вишуканого еспресо, використовуються саме ріжкові кавомашини, оскільки вони дозволяють приготувати каву, яка буде задовольняти стандартам розробленим італійським інститутом по стандартизації еспресо. Тому існує велика кількість ріжкових кавомашин, які відрізняються між собою якістю збірки, реалізацією базових технічних вузлів, наявністю допоміжного функціоналу, дизайну. Відповідно до перерахованих пунктів формується ціна кавомашини, різниця між представниками різних цінових сегментів досягає великих сум.

Метою дипломного проєкту, є розробка плати керування однопостовою ріжковою кавомашиною, яка інтегрується в існуючу кавомашину та підвищує функціональний рівень, до рівня більш дорожчої цінової категорії за невеликі кошти.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						13
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

Згідно технічного завдання необхідно розробити плату керування, яка буде встановлюватись на однопостові ріжкові кавомашини та буде покращувати їх функціонал, та якість роботи.

Плата повинна мати живлення 220 В від мережі кавомашини. Так як плата керування буде створена на базі мікроконтролера з живленням 5 В, на вході плати має знаходитись перетворювач напруги з 220 В на 6 В, які надалі за допомогою стабілізатора будуть знижених до стабільних 5В.

У схемі має бути врахований конектор, який буде з'єднувати дві частини плати, враховане розміщення кнопок управління та індикації.

Згідно ГОСТ 15150-69 кліматичне виконання та категорія розміщення буде відповідати шифру УХЛ 4.1, що означає, що пристрій буде експлуатуватись в об'єднані помірною та холодно кліматичних районах, у закритому приміщенні з опалення та наявністю штучної вентиляції, тобто з регулюванням температури приміщення, відсутності низької температури та наявності пилу у мінімальній кількості.

Вимоги до клімату для даної категорії (УХЛ 4.1) :

- Робоча температура від +10 до +25 °С;
- Граничні робі температури від +1 до +40 °С;
- Середньорічна вологість 60 % при +20 °С;
- Верхнє значення відносної вологості 80 % при + 25°С;
- Абсолютна вологість 10 г \* м<sup>3</sup>.

Для забезпечення даних кліматичних умов, прилад має бути розміщений в корпусі, який забезпечить достатню волого захищеність.

Згідно з вимогами ГОСТ 23088-80, пакування має забезпечити від факторів зовнішнього впливу при транспортуванні виробу та повинна зберігати виріб під час строку збереження, згідно встановлених технічних стандартів. Пакування повинно забезпечувати захист від електростатичного струму.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						14
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

В якості пакування для споживача можливо використовувати коробки та касети зі спіненого полістиролу та других полімерних матеріалів, картоні коробки, пакети з полімерних плівок та інших матеріалів, які відповідають нормативно технічній документації.

Для постачання виробів споживачу, можна використовувати контейнери. Це потрібно обов'язково забезпечувати для транспортуванням морським або річковим шляхом, якщо в якості пакування використовуються ящики з картону. Упаковані прилади мають бути закріпленими за допомогою перегородок, ущільнювальних пластин, тощо, для усунення їх переміщення в процесі транспортування.

Вироби упаковані виробником можна транспортувати будь яким транспортом, на будь яку відстань в умовах дійсного стандарту, по правилах перевезення вантажу на певному виді транспорту.

Транспортування виробів потрібно виконувати в закритому транспорті. В контейнерах вироби транспортують в відкритих транспортних засобах.

					<i>РА81.421453.001 ПЗ</i>	<i>Лис</i>
						<i>15</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2 АНАЛІЗ ЗНАЧЕННЯ ПЛАТИ КЕРУВАННЯ

### 2.1 Особливості роботи однопостової ріжкової кавомашини

Ріжкова кавомашина – це пристрій для приготування кави методом проливання гарячої води під тиском через мелену каву, тобто екстракцією.

Ріжкова кавомашина складається з таких головних компонентів :

- Резервуар з водою;
- Бойлер (помпа);
- Паровий кран;
- Нагрівач;
- Ріжок з кавою (холдер).

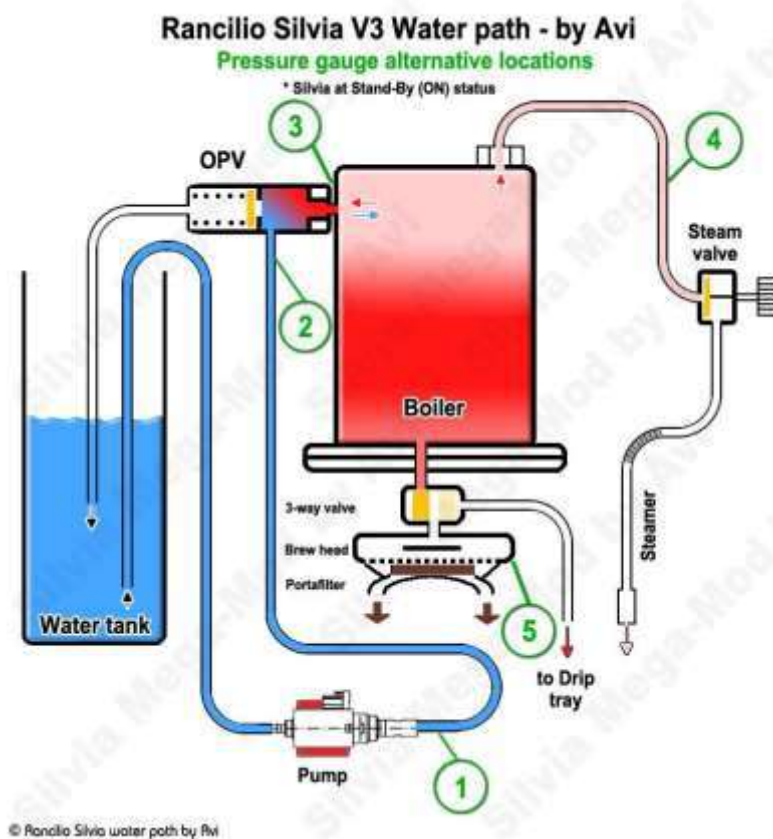


Рисунок 2.1 – Структура ріжкової кавомашини Rancilio Silvia

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ

Лис

16



Вони поділяються на парові та помпові і відрізняються специфікою своєї роботи. У паровій кавомашині вода з резервуару за допомогою нагрівача доводиться до кипіння (приблизно 98 – 100) градусів, випаровується і під тиском гарячої пари з нагрівної камери проходить через ріжок з меленою кавою і в результаті отримується кава.

В свою чергу в помповій ріжковій кавомашині за допомогою нагрівача вода підігрівається до 92-95 градусів, а згодом з тиском в 15 бар, створеним помпою, проштовхується через мелену каву в ріжку.[1]

## 2.2 Формування смаку кави

Смак кави залежить від багатьох факторів, а саме :

- Сорт та вид кавових зерен, їх ступінь обсмаження, купаж ( пропорції суміші зерен);
- Правильний помел зерен, для деяких сортів потрібен більш крупний помел, для інших більш дрібний;
- Кількість меленої кави на порцію;
- Якість води;
- Правильний алгоритм роботи кавомашини;
- Температура води;
- Правильний тиск при приготуванні.

Всі ці фактори дуже важливі для приготування смачної кави, можна помітити, що більшість пунктів стосуються діяльності людини в процесі підготовки до приготування: вибрати сорт потрібного обсмаження, потім правильно її перемолоти, далі правильно відміряти порцію, потім правильно забити ріжок, залити якісну воду – все це залежить саме від людини, яка готує каву, а вже інші пункти залежать саме від кавомашини.[2]

Температура води являється дуже важливим фактором, саме від неї залежить наскільки сильно вивариться кава та всі її смакові властивості отримає напій. Похибка навіть у один градус має змогу повністю зіпсувати смак кави,

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						17
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

тому у дорогих кавомашинах за стабільністю нагрітої води слідкують і це є одним з основних ціноутворюючих факторів.

Також потрібно слідкувати за тиском проливу, тому що, якщо весь час стабільно тримати високий тиск, мелена кава, яка спочатку була сильно утрамбована у ріжок, починає розмиватись і в результаті кава перестає нормально виварюватись і починається проливатись рідина з мінімальним вмістом кави та максимальним вмістом води, що дуже сильно позначається на смаку. Тобто можна зробити висновок, що через деякий час, після початку проливу, потрібно поступово зменшувати тиск.

Насправді алгоритм роботи дуже простий і стандартизований :

1. Нагрів води до потрібної температури;
2. Блумінг – попереднє змочування меленої кави в ріжку. Ця дія покращує ступінь екстракції, мелена кава починає рівномірно виварюватись. Зникає негативне явище – створення каналів, полягає воно в тому, що після взаємодії води з сухою меленою кавою деякі частинки намокнуть швидше ніж інші, та створяться канали через які буде протікати значно більша кількість води і в результаті буде отримуватись нерівномірна екстракція.
3. Пролив води фіксований проміжок часу 25-30 секунд. Так як після певного проміжку часу, мелена кава починає втрачати свої властивості.

### **2.3 Ідея використання плати керування ріжковою кавомашиною**

Наявність автоматизації виконання алгоритму роботи кавомашини, стабільність її температури нагріву, тиску поділяє однопостові ріжкові кавомашини на різні класи, які відносяться до різних цінових сегментів.

У простих кавомашинах відсутня автоматизація, її конфігурація, контроль стабільності температури присутній на низькому рівні, контроль тиску.

У кавомашинах вищого рівня, всі необхідні елементи присутні і коштують вони відповідно, різниця досягає сотень доларів.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						18
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Ідея плати керування полягає в тому, що її підключення до простих каво-машин вирішує відсутність функціональних особливостей та виносить каво-машину на вищий якісний рівень, що дозволяє за ціну відносно невелику від різниці між цінними сегментами, отримати змогу готувати якісного рівня.

#### 2.4 Аналіз аналогів присутніх на ринку

*PID Temperature Control Retrofit KIT for Rancilio Silvia* ціна 149,50 \$.



Рисунок 2.2 – PID Temperature Control Retrofit KIT

Після підключення ПІД контролера до нагрівача, дозволяє конфігурувати температуру нагрівача та контролювати її з точністю у  $\pm 1$  F.

В комплект входить :

- Блок управління в корпусі з нержавіючої сталі;
- Solid state relay з кріпленням та теплопровідною пастою;
- Платиновий датчик температури;
- Жаростійкі дроти з кольоровим маркуванням;
- Документація зі збирання.[3]

*PID Retrofit KIT for Rancilio Silvia /w pre-infusion* ціна 199,50 \$ (+10 \$ за білий колір індикаторів)

					РА81.421453.001 ПЗ	Лис
						19
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Цей комплект ПИД-регулятора керує помпою, температурою води для заварювання та температурою пари. Має функцію Блумінгу.

Комплект аналогічний як до PID Temperature Control Retrofit KIT for Rancilio Silvia, відмінність у одному додатковому SSR.[4]



Рисунок 2.3 – PID Retrofit KIT for Rancilio Silvia /w pre-infusion

*PID e-Kit GH box Plug and Play with Steam control and LED* ціна 250 \$.



Рисунок 2.4 – PID e-Kit GH box Plug and Play with Steam control and LED зображення світлодіоду

					РА81.421453.001 ПЗ	Лис
						20
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.5 – PID e-Kit GH box Plug and Play with Steam control and LED

Дозволяє керувати температурою води для заварювання, температурою пари та додатковим світлодіодним індикатором.

Комплект включає в себе :

- ПІД регулятор;
- Корпус із нержавіючої сталі;
- SSR у кількості дві штуки;
- Термопара;
- Світлодіод;
- Стяжки;
- документація зі збирання.[5]

Висновок :

Усі продемонстровані аналоги подібні за структурою та мають схожі рішення для виводу інформації та контролю і конфігурування, а саме кнопки та семисегментна індикація. Також корпуси виконані з нержавіючої сталі, які ідеально вписуються у зовнішній вигляд ріжкової кавомашини.

					РА81.421453.001 ПЗ	Лис
						21
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналізуючи аналоги, можна зробити висновок, що вони зроблені якісно, єдиний недолік який можна виділити – це їх ціна.

## 2.5 Висновок до розділу

Підсумовуючі викладену у розділі інформацію, можна зробити висновок, що плата управління ріжковою кавомашиною повинна мати наступну функціональність :

1. Керування температурою нагрівача (води) з високою точністю/стабільністю;
2. Керування роботою помпи;
3. Можливість конфігурації роботи;
4. Індикація технічної інформації.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						22
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 3 ОБГРУНТУВАННЯ ТА ВИБІР СХЕМИ

### 3.1 Обґрунтування структурної схеми

Для реалізації всіх функціональних властивостей плати керування була розроблена структурна схема пристрою :

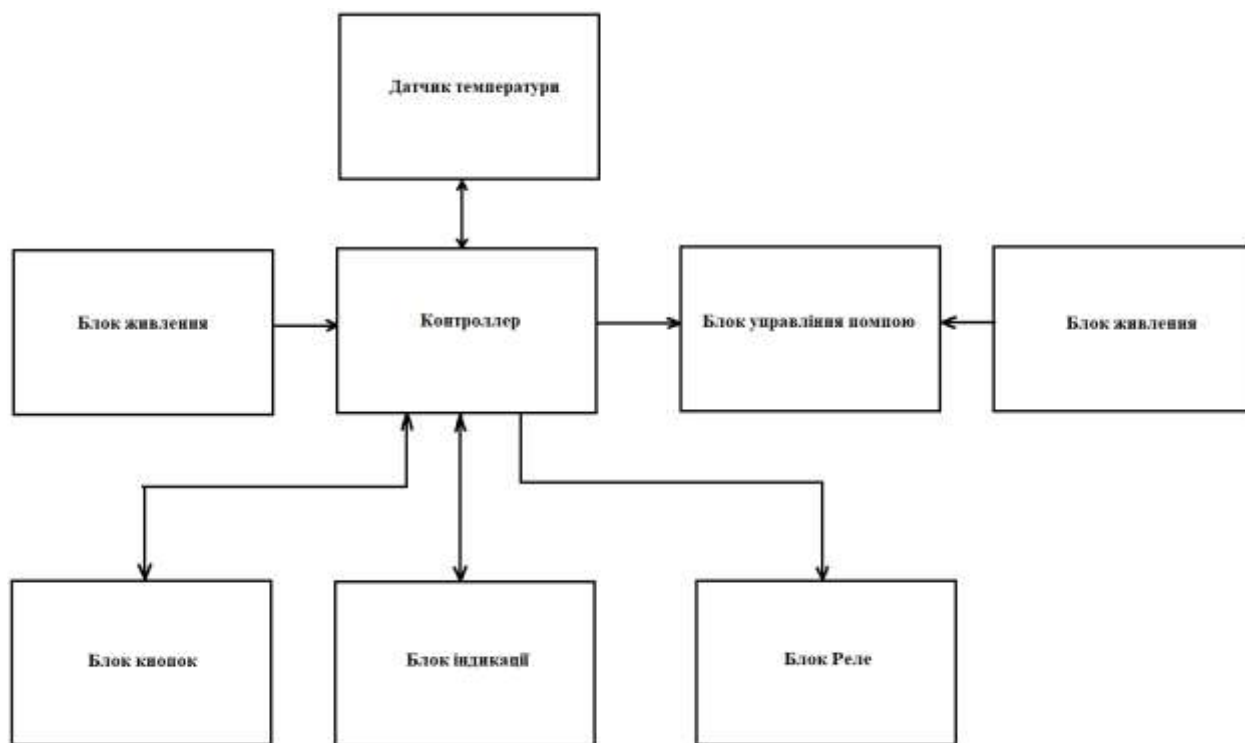


Рисунок 3.1 – Структурна схема пристрою низького абстрактного рівня

Структурна схема пристрою низького абстрактного рівня відображує електричні структурні елементи пристрою, їх призначення, та зв'язки.

Частини зображуються умовними графічними позначеннями або ж прямокутниками з найменуванням. Для того, щоб показати зв'язки на структурній схемі, блоки з'єднуються лініями електричного зв'язку, стрілки на яких вказуються напрямком взаємодії між блоками.[6]

Розроблена структурна схема плати управління однопостовою ріжковою кавомашиною складається з 8 блоків.

У схемі використовується два блоки живлення :

1. Блок живлення 220/9 В підключений до контролеру;

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ

Лис  
23

2. Блок живлення 220/5 В підключений до блоку управління помпою.

Головним блоком схеми є контролер, до нього під'єднані всі периферійні пристрої.

Залежно від периферійного пристрою контролер проводить зчитування інформації з подальшою її обробкою, або навпаки відправляє данні до периферії, а в деяких блоках - працює у обох напрямках.

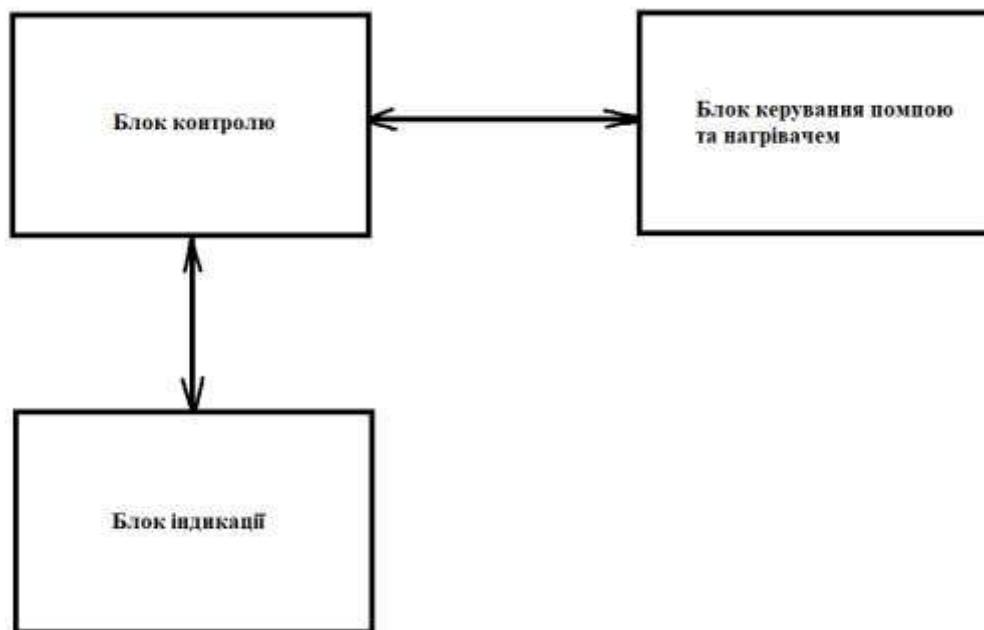


Рисунок 3.2 – Структурна схема пристрою високого абстрактного рівня

Структурна схема високого абстрактного рівня відображає поділ плати керування на блоки, які групують в собі блоки структурної схеми низького абстрактного рівня за областю їх глобальної функціональності.

*Блок індикації* – являє собою інтерфейс взаємодії з користувачем, він відображає користувачу актуальну технічну інформацію (блок індикації зі схеми низького абстрактного рівня) та приймає від користувача інформацію (блок кнопок).

*Блок керування помпою та нагрівачем* – містить в собі блок управління помпою, блок реле, датчик температури, являє собою інтерфейс взаємодії плати з елементами кавомашиною.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ



Блок контролю – серце пристрою, приймає та оброблює інформацію з інших блоків та безпосередньо виконує керує їх управлінням.

### 3.2 Обґрунтування схемотехнічних рішень

Виходячи зі структурної схеми високого рівня (рисунок 3.2), було прийнято рішення розбити плату керування на три окремі частини (плати керування).

#### 3.2.1 Рішення для блоку контролю

Схема електрична принципова для блоку контролю зображена на рисунку 3.3.

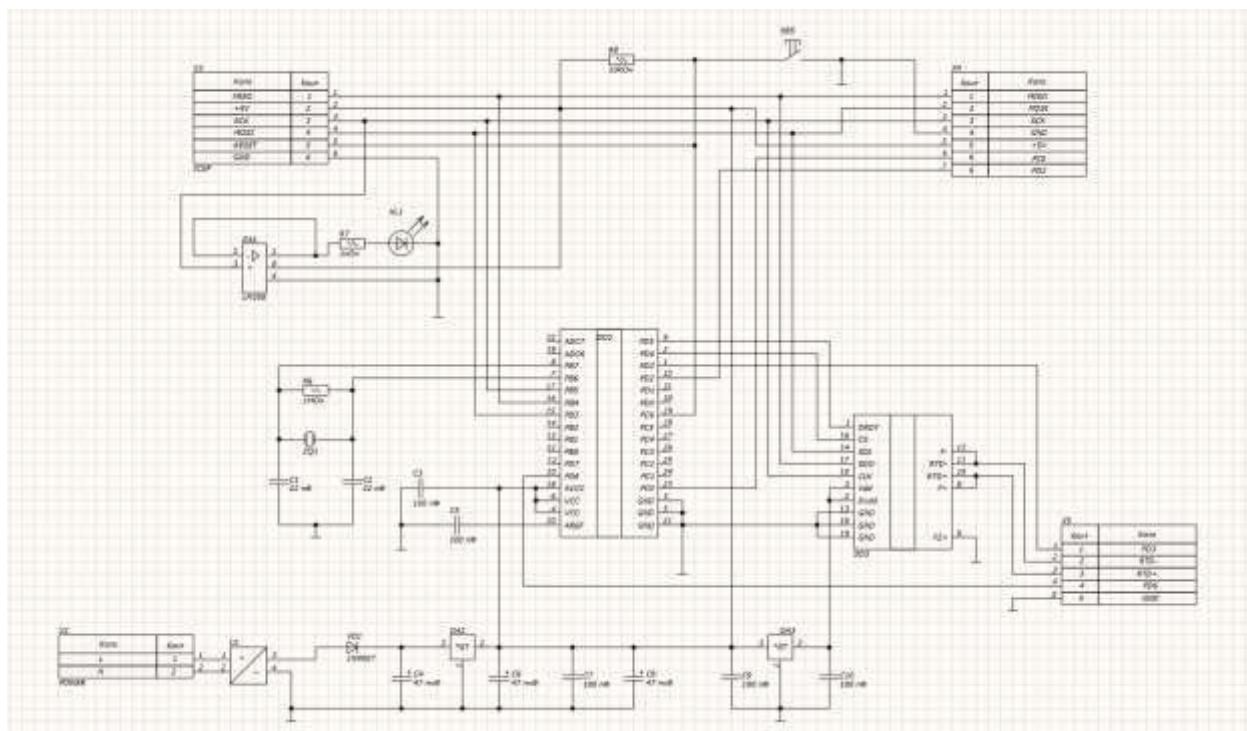


Рисунок 3.3 Схема електрична принципова блоку контролю

Живлення схеми подається з мережі через перетворювач змінної напруги у постійну U1. Він перетворює змінні 220 В у постійні 9 В, далі за допомогою лінійного стабілізатору DA2 перетворюється у стабілізовані 5 В, які ще стабілізуються за допомогою DA3 у 3.3 Вольти .

У якості обв'язки стабілізаторів використовується діод VD1 для захисту від неправильної полярності вхідної напруги на стабілізатор.

Конденсатори С7, С9, С10 використані для боротьби с ВЧ завадами, С4, С6 та С8 для згладжування пульсацій.

Обв'язка мікросхеми DD2 була спроектовано у відповідності до рекомендацій її технічної документації.

Кнопка SB5 використовується для перезавантаження системи, для усунення завад підтягується резистором R8 до напруги живлення.

За допомогою конденсаторів С3 та С5 усуваються ВЧ завади на пінах живлення. Мікросхема трактується за допомогою кварцового генератору, який побудований на резисторі R6, конденсаторах С1 та С2 і кварцовому резонаторі ZQ1 на 12 МГц.

Світлодіод HL1 використаний для індикації тактового сигналу SCK шини, R7 обмежує струм діоду, для того, щоб світлодіод не впливав на сигнальну лінію, він підключається за допомогою операційного підсилювача DA1.

Мікросхема DD3 використовується у ролі конвертора для резистивного датчика температури.

Конектор Х3 використовується для прошивки мікроконтролеру.

Роз'єм Х4 використовується для підключення плати до блоку індикації, а роз'єм Х5 до блоку керування помпою та нагрівачем.

### 3.2.2 Рішення для блоку індикації

Схема електрична принципова для блоку індикації зображена на рисунку 3.4.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		26

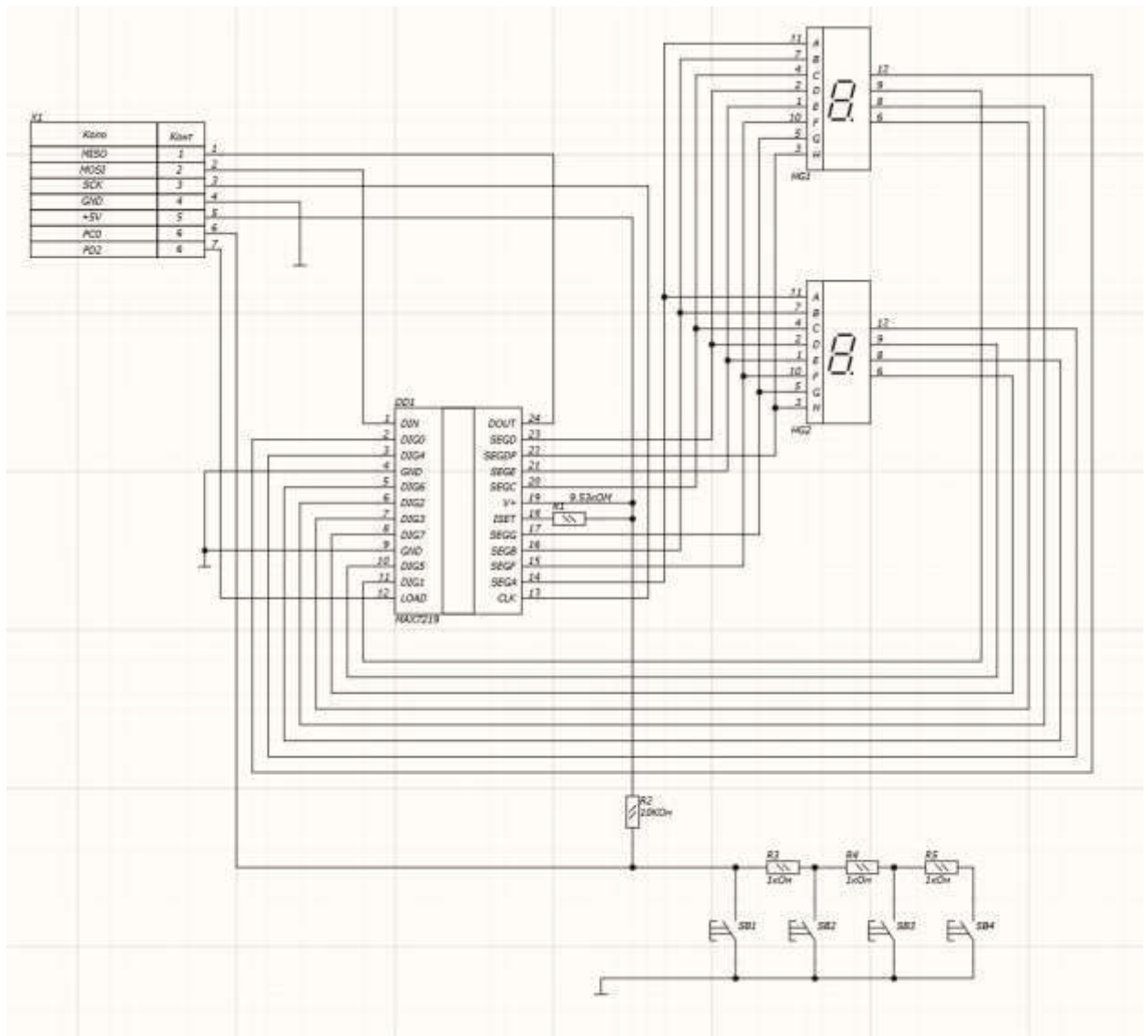


Рисунок 3.4 Схема електрична принципова блоку індикації

Живлення схеми та сигнали зв'язку приходять через конектор X1.

Резистор R1 встановлений за рекомендацією технічної документації мікросхеми DD1. Резистори R2, R3, R4, R5 разом з кнопками SB1, SB2, SB3, SB4 являють собою резистивні кнопки, які використані у даній схемі для зменшення кількості сигнальних дротів необхідних для їх зчитування.

Керування семисегментними індикаторами HG1 та HG2 виконується через мікросхему DD1, що дозволяє уникнути використання великої кількості пінів мікросхеми з блоку контролю.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ

Лис

27

### 3.2.3 Рішення для блоку керування помпою та нагрівачем

Схема електрична принципова для блоку керування помпою та нагрівачем зображена на рисунку 3.5.

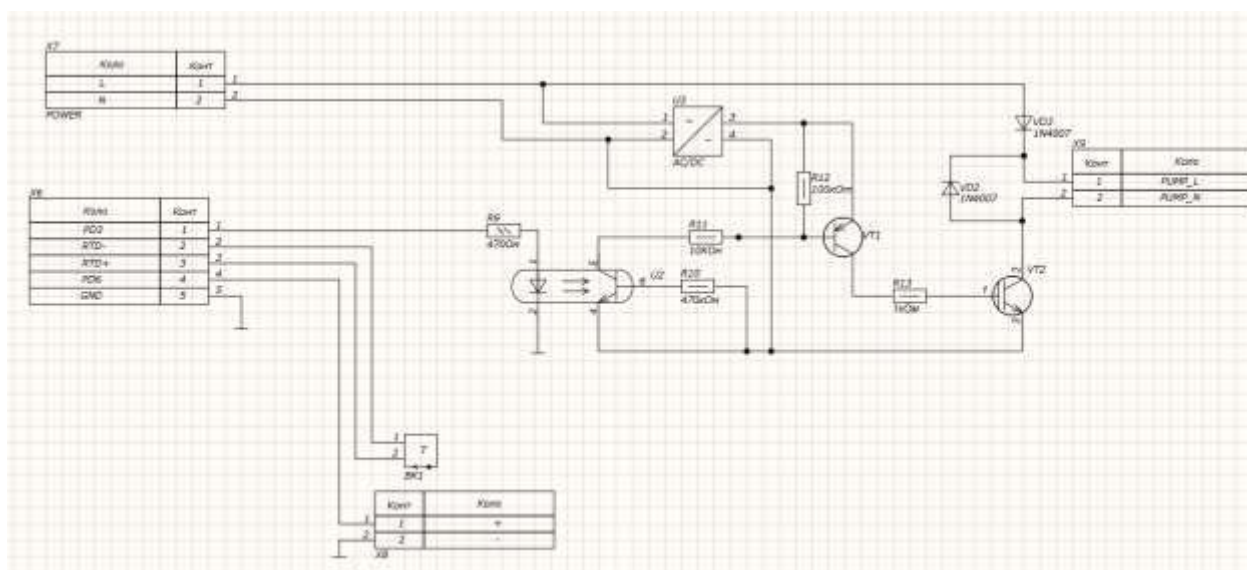


Рисунок 3.5 Схема електрична принципова блоку керування помпою та нагрівачем

Сигнали з блоку контролю підключаються до блоку керування помпою та нагрівачем через роз'єм X6, вони поділяються на три групи :

1. Сигнали для датчика температури, за допомогою якого виконуються вимірювання поточної температури.
2. Сигнали для реле, яке підключається до роз'єму X8 та безпосередньо взаємодіяти з нагрівачем кавомашини.
3. Сигнал управління для схеми контролю помпою.

Для усунення завад, які можуть поступати від помпи та розв'язки землі мікроконтролеру та нейтралі помпи використовується гальванічна розв'язка, а саме транзисторний оптрон U2. Згідно з рекомендацій з технічної документації оптрону, підібраний резистор R9, через який контролюється вхідний струм.

Для збільшення термостабільності та зниження чутливості між базою та емітером оптрона встановлено резистор R10.

Живлення схеми подається з мережі через перетворювач змінної напруги у постійну U3. Він конвертує 220 В змінної напруги у 5 В постійної напруги.

Для взаємодією з помпою використовується високопотужний біполярний транзистор з ізольованим затвором VT2.

Діод VD2 використовується для компенсації ЕРС самоіндукції, яка виникає під час роботи помпи.

Діод VD3 використовується для уникнення проходження змінного струму.

Для керування транзистором VT2, вихід оптрона інвертується за допомогою транзистора VT1.

Резистор R12 виконує роль підтягуючого резистору для бази транзистора VT1, в свою чергу після переключення оптрона, резистор R11 підтягує базу до низького рівня.

Для обмеження струму бази транзистора VT2 використовується обмежувальний резистор R13.

### 3.3 Вибір елементної бази

#### 3.3.1 Мікроконтролер DD2 (ATMEGA328P-AU)



Рисунок 3.6 – Atmega328p у корпусі TQFP-32

Мікроконтролер має невеликі габарити, велику кількість пінів, ADC, DAC, канали PWM, EEPROM, інтерфейс SPI, тобто все необхідне для функціонування плати керування.

Живиться постійною напругою у +5 В. [7]

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						29
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3.2 Мікросхема DD1 (MAX7219EWG)



Рисунок 3.7 – АТМЕГА328Р-АВ

Мікросхема управління вісьма семисегментними індикаторами з загальним катодом. Вона має малі габарити, серійний інтерфейс SPI, який необхідний для отримання керуючої інформації з мікроконтролеру, живиться постійною до +5 В.[8]

Данна мікросхема у порівнянні з прямим підключенням індикаторів до мікроконтролеру, дозволяє зменшити кількість необхідних для керування пінів мікроконтролеру з 72 до 4 у разі використання восьми окремих індикаторів або з 24 до 4 у разі використання двох чотирицифрових дисплеїв.

### 3.3.3 Мікросхема DD3 (MAX31865AAR)



Рисунок 3.8 – МАХ31865ААР

Мікросхема необхідна для конвертації опору в цифровий код температури.

Має серійний інтерфейс SPI, підтримує платинові RTD датчики з опорів від 100 Ом до 1 кОМ (при 0 °С).

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						30
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Має вбудований 15 бітний ADC, що дозволяє отримувати значення температури з високою роздільною здатністю (точністю). Живиться постійною напругою в 3.3V[9]

### 3.3.4 Датчик температури ВК1 (РТ100)



Рисунок 3.9 – Датчик температури РТ100

В якості датчику виміру температури буде використано температурний датчик RTD РТ100.

Він здатний виміряти температуру від -50 до 205 °С та точністю 0.3 градуси Цельсію. Витримує тиск до 26 бар та має клас герметизації IP65, тобто повний захист від потрапляння пилу та захист від струменів води у будь-якому напрямі. Має опір 100 Ом при 0 °С.

Підключається датчик до RTD конвертеру MAX31865. [10]

### 3.3.5 Чотирирозрядні семисегментні індикатори зі спільним катодом НГ1, НГ2 (GNQ-5641AD)



Рисунок 3.10 – Датчик температури РТ100

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		31

Даний дисплей було вибрано через :

- великий розмір цифр 1.4 мм, що є достатнім для комфортного зчитування інформації користувачем,
- хорошій інтенсивності випромінювання,
- низького електроспоживання, для запалу одного сегменту необхідно 20 мА,
- схеми діодів зі спільним катодом, що дозволяє використовувати мікросхему MAX7219 для контролю індикації.[11]

### 3.3.6 Операційний підсилювач DA1 (LM358)



Рисунок 3.11 – Операційний підсилювач LM358

Недорогий підсилювач, з напругою живлення від 3 до 33В та малим струмом споживання, який ідеально підходить для живлення світлодіоду. [12]

### 3.3.7 Світлодіод HL1 (7012X1)

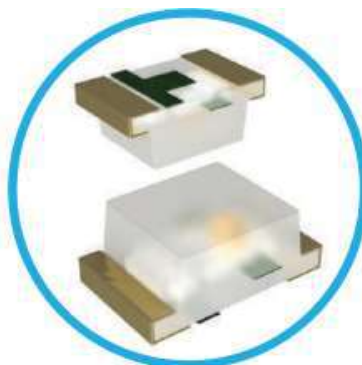


Рисунок 3.12 – 7012X1

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						32
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Світлодіод в SMD корпусі 0805, має компактний розмір, чудову яскравість.[13]

### 3.3.8 Перетворювач змінної напруги в постійну U3 (MYRRA 47153)



Рисунок 3.13 – MYRRA 47153

Потужність перетворювача – 5 Вт.

Вхідна напруга від 85 до 265 В.

Вихідна напруга - 9В.

Вихідний струм – 550 мА.

Має компактні розміри, необхідні вихідні параметри для подальшої її стабілізації та необхідний вихідний струм для живлення плати.[14]

### 3.3.9 Лінійний стабілізатор DA2 (Ncp1117st50t3g)



Рисунок 3.14 – Ncp1117st50t3g

Максимальний струм навантаження – 1А.

Вихідна напруга – фіксовані 5В

Робоча температура від 0 до 125 °С

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						33
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Має позитивну полярність та максимальну вхідну напругу – 20 В

Має низьку ціну і стабілізує 5В, які необхідні для живлення мікросхем.

[15]

### 3.3.10 Лінійний стабілізатор DA3 (LM6206N3)

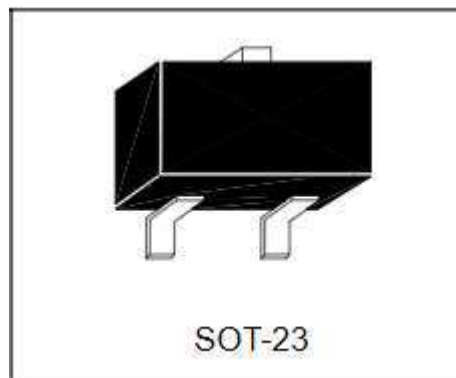


Рисунок 3.15 – LM6206N3 в корпусі SOT-23

Максимальна вхідна напруга – 6.5 В.

Фіксована вихідна напруга – 3.3 В.

Максимальний вихідний струм в 250 мА.

Робоча температура від -40 до 85 °С.

Має низьку ціну. [16]

### 3.3.11 Перетворювач змінної напруги в постійну U1 (VTX-214-003-105)



Рисунок 3.16 – VTX-214-003-105

Потужність перетворювача – 3 Вт.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						34
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Вхідна напруга від 90 до 265 В.

Вихідна напруга - 5В.

Вихідний струм – 600 мА.

Має компактні розміри, невисоку ціну. [17]

### 3.3.12 Транзисторний оптрон U2 (4N25)



Рисунок 3.17 – 4N25

Транзисторний оптрон для гальванічної розв'язки 4N25.

Діапазон робочої температури від -55 до 100 °С.

Максимальна обернена напруга 3В.

Максимальний прямиий струм до 60 мА.

Максимальна напруга КЕ 30В.

Максимальна напруга ЕК 7В.

Максимальна напруга КБ 70 В.

Максимальний колекторний струм 150 мА. [18]

### 3.3.13 Біполярний р-п-р транзистор VT1 (BC556)



Рисунок 3.18 – BC556

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						35
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальна напруга ЕБ 5В.

Максимальний струм через колектор 100 мА.

Максимальна напруга КБ 80В.

Максимальна напруга КЕ 65В.

Розрахований на високу напругу КЕ, підходить для використаної ключової схеми ввімкнення, має низьку ціну. [19]

### **3.3.14 Біполярний транзистор з ізольованим затвором n-типу VT2 (IRGB14C40LPBF)**



Рисунок 3.19 – (IRGB14C40LPBF)

Максимальний колекторний струм 20 А.

Максимальна напруга КЕ 400В.

Робоча температура з -40 до 175 °С.

Максимальна розсіювана потужність 125W.

Полярність – n – канальний.

Максимальний час падіння – 2.8 нс.

Максимальний час підйому – 2400 нс.

Даний транзистор має велику розсіювану потужність, може керувати великим робочим струмом та напругою, що ідеально підходить для управління помпи, яка живиться від мережі 220В. [20]

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		36

### 3.3.15 Діоди VD1, VD2, VD3 (1N4007)



Рисунок 3.20 – (1N4007)

Діапазон робочої температури від -65 до 175 °С.

Максимальна постійна обернена напруга 1000В.

Максимальний прямий струм 1А.

Максимальна пряма напруга при 1А – 1.1В.

Максимальний обернений струм 10мКа при 1000В.

Має низьку ціну. [21]

### 3.3.15 Кнопки SB1, SB2, SB3, SB4, SB5 (1825910-2)



Рисунок 3.21– кнопка 1825910-2

Максимальна прикладена постійна напруга 24 В при 50 мА.

Мінімальна прикладена напруга 1 В при 10 мкА.

Розрахована на 100000 натискань.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						37
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Робоча температура від -35 до +85 °С.

Має зручний розмір для натискань.

Має низьку ціну. [22]

### 3.3.16 Електролітичні конденсатори C4, C6, C8 (EEEFN1C470UR)



Рисунок 3.22 – електролітичні конденсатори серії FN  
від фірми Panasonic.

SMD електролітичний конденсатор розмірної групи С.

Максимальна можлива прикладена напруга +16В.

Вибрано електролітичний конденсатор типової ємності в 47 мкФ для згладжування пульсацій.

Відхилення ємності +/- 20%. [23]

### 3.3.17 SMD конденсатори C3, C5, C7, C9, C10 (0805YA101FAT2A)



Рисунок 3.23 – 0805YA101FAT2A

SMD конденсатори розміру 0805.

Максимальна можлива прикладена напруга +16В.

Ємність конденсаторів 100 пФ.

Відхилення ємності +/- 1%.

Конденсатори C7, C9, C10 були вибрані типової ємності для фільтрації високочастотних завад на дротах лінійних стабілізаторів.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						38
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Ємність конденсаторів C3 та C5 була обрана згідно рекомендацій в технічній документації мікроконтролеру.

### **3.3.18 SMD конденсатори C1,C2 (0805YA220JAT2A)**

SMD конденсатори розміру 0805.

Максимальна можлива прикладена напруга +16В.

Ємність конденсаторів 22 пФ.

Відхилення ємності +- 5%.

Номінали конденсаторів був розраховані згідно типової схеми кварцового генератору на 12 МГц. [24]

### **3.3.19 SMD резистори R8, R2 (RC0805JR-1010K0L)**

SMD резистор формфактору 0805.

Номіналом 10 кОМ. Потужністю 250 мВт. Допуск +-5%.

Резистор R2 використовується в якості резистору для дільника напруги каскаду резистивних кнопок.

Номінал резистору R2 був вибраний з типових значень підтягуючих резисторів.

### **3.3.20 SMD резистори R7, R3, R4, R5 (RC0805JR-101KL)**

SMD резистор формфактору 0805.

Номіналом 1 кОМ. Потужністю 250 мВт. Допуск +-5%.

Номінал резистор R7 був підібраний згідно типового розрахунку струмообмежуючого резистору для світлодіоду.

Номінали резисторів R3, R4, R5 були вибрані з типових значень резисторів для каскаду резистивних кнопок.

### **3.3.21 SMD резистори R9 (RC0805JR-10470RL)**

SMD резистор формфактору 0805.

Номіналом 470 Ом. Потужністю 250 мВт. Допуск +-1%.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	<i>Лис</i>
						39
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Номинал резистор R9 згідно з типовим розрахунком резистора для обмеження струму через фотодіод. [25]

### **3.3.22 SMD резистори R1 (RP73PF2A9K53BTDF)**

SMD резистор формфактору 0805.

Номиналом 9.53 кОм. Потужністю 250 мВт. Допуск  $\pm 0.1\%$ .

Номинал резистор R1 був вказаний у рекомендаціях в технічній документації для мікросхеми MAX7219. [26]

### **3.3.23 SMD резистори R6 (RC0805JR-101ML)**

SMD резистор формфактору 0805.

Номиналом 1 МОм. Потужністю 250 мВт. Допуск  $\pm 5\%$ .

Номинал резистор R6 був підібраний згідно розрахунків типової схеми кварцового генератору. [25]

### **3.3.24 SMD резистори R11 (CRM1206-JW-103ELF)**

SMD резистор формфактору 1206.

Номиналом 10 кОм. Потужністю 500 мВт. Допуск  $\pm 5\%$ .

Номинал резистору R11 був вибраний з типових значень стягуючих резисторів.

### **3.3.25 SMD резистори R10 (CRM1206-JW-474ELF)**

SMD резистор формфактору 1206.

Номиналом 470 кОм. Потужністю 500 мВт. Допуск  $\pm 5\%$ .

Номинал резистору R10 був вибраний згідно рекомендації технічної документації.

### **3.3.26 SMD резистори R12 (CRM1206-JW-104ELF)**

SMD резистор формфактору 1206.

Номиналом 100 кОм. Потужністю 500 мВт. Допуск  $\pm 5\%$ .

Номинал резистору R12 був вибраний згідно з розрахунком підтягуючого резистору.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	<i>Лис</i>
						40
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



### 3.3.26 SMD резистори R13 (CRM1206-JW-102ELF)

SMD резистор формфактору 1206.

Номіналом 1 кОм. Потужністю 500 мВт. Допуск  $\pm 5\%$ .

Номінал резистору R13 був вибраний згідно розрахунками типового струмообмежувального резистору. [27]

					РА81.421453.001 ПЗ	Лис
						41
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 РОЗРАХУНОК ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ

### 4.1 Вибір методу виготовлення друкованої плати

В якості методу виготовлення друкованих плат був обраний позитивно комбінований метод.

Метод є найбільш поширеним для створення двосторонніх друкованих плат, має хорошу надійність ізоляції, так як фольга захищає діелектрик від хімічного впливу на всіх етапах методу, має хорошу адгезію та дає можливість створення елементів печаті високої точності.

Із недоліків можна винести необхідність видалення металорезисту для покращення паяння, що несе в собі додаткові витрати та обмежений перелік сумішей для витравлення друкованої плати. [28]

### 4.2 Вибір провідникового матеріалу та матеріалу основи друкованого монтажу.

Для друкованих плат буде використовуватись фольгований склотекстоліт FR-4 2 70/70 – 2. Він має високу хімічну, механічну стійкість, довговічність, має високий поверхневий опір та хорошу термостійкість.

### 4.3 Розмір друкованої плати

Мінімальна площа друкованої плати визначається, як загальна площа елементів кожної сторони та площі допоміжних зон.

Площа допоміжних зон - площа для розміщення елементів фіксації, зон кріплення плати до корпусу, тощо, формула

$$S_{\text{мін}} = S_e + S_d; \quad (4.1)$$

де  $S_e$ - загальна площа необхідна для встановлення елементів кожної сторони,

$S_d$  – площа допоміжних зон.

В свою чергу загальна площа елементів кожної сторони визначається, як площа елементів схеми та площа необхідна для їх встановлення, формула:

					РА81.421453.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$S_e = S_{\text{МГ}} + 1,5 * S_{\text{СГ}} + 2 * S_{\text{ВГ}} + 3 * S_{\text{МГ}} \quad (4.2)$$

де  $S_{\text{МГ}}$  - площа малогабаритних елементів,  
 $S_{\text{СГ}}$  - площа середньогабаритних елементів,  
 $S_{\text{ВГ}}$  - площа великогабаритних елементів,  
 $S_{\text{МГ}}$  - площа мегагабаритних елементів.

Площа допоміжних зон для кожної плати буде дорівнювати 300 мм<sup>2</sup>.

Вхідні данні для розрахунку друкованої плати блоку керування наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1— Вхідні дані для розрахунку ДП блоку керування

№ з/п	Назва	Позначення	Кількість	3D footprint	Загальна площа, мм <sup>2</sup>
1	Резистор 0805	R6,R7,R8	3		9,916
2	Конденсатор керамічний 0603	C1, C2	2		22,023
3	Конденсатор керамічний 0805	C3, C5, C7, C9, C10	5		26,13
4	Конденсатор електrolітичний	C4, C5, C6	3		88,341
5	Кварцовий резонатор	ZQ1	1		79,619
6	Світлодіод	HL1	1		6,466

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 4.1 — Вхідні дані для розрахунку ДП блоку керування

№ з/п	Назва	Позначення	Кількість	3D footprint	Загальна площа, мм <sup>2</sup>
7	Блок живлення	U1	1		859,698
8	Лінійний стабілізатор 5В	DA2	1		58,908
9	Операційний підсилювач	DA1	1		40,363
10	Лінійний стабілізатор 3.3В	X1	1		10,761
11	Мікроконтролер	DD2	1		104,04
12	RTD конвертер	DD3	1		72,505
13	Кнопка	SB5	1		55,021
14	ICSP конектор	X3	1		38,1
15	Діод	VD1	1		35,205

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ

Лис

44

Продовження таблиці 4.1 — Вхідні дані для розрахунку ДП блоку керування

№ з/п	Назва	Позначення	Кількість	3D footprint	Загальна площа, мм <sup>2</sup>
16	Отвори для підключення до мережі	X2	1		34,669
17	Отвори для підключення до блоку керування помпою	X5	1		24,365
18	Отвори для підключення блоку індикації	X4	1		34,542

Загальна площа елементів :

$$S_{\text{мг}} = 9,916 + 22,023 + 26,13 + 88,341 + 79,619 + 6,466 + 10,761 + 35,205 + 34,669 = 313,3 \text{ [мм}^2\text{]}$$

$$S_{\text{ст}} = 859,698 + 58,908 + 40,363 + 55,021 + 38,1 + 24,365 + 34,542 = 1110,997 \text{ [мм}^2\text{]}$$

$$S_{\text{вг}} = 104,04 + 72,505 = 176,545 \text{ [мм}^2\text{]}$$

Загальна площа елементів за формулою 4.2 :

$$S_e = 313,3 + 1,5 * 1110,997 + 2 * 176,545 = 2332,8855 \text{ [мм}^2\text{]}$$

Отже мінімальна площа плати за формулою 4.3 буде дорівнювати :

$$S_{\text{мін}} = 2332,8855 + 300 = 2632,8855 \text{ [мм}^2\text{]}$$

Вхідні данні для розрахунку друкованої плати блоку індикації наведені у таблиці 4.2

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						45
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.2— Вхідні дані для розрахунку ДП блоку індикації

№ з/п	Назва	Позначення	Кількість	3D footprint	Загальна Площа, мм <sup>2</sup>
1	Резистор 0805	R1, R2, R3, R4, R5	5		36,71
2	Отвори для підключення блоку індикації	X4	1		34,542
3	Кнопка	SB1, SB2, SB3, SB4	4		55,021
4	4 розрядний дисплей	HG1, HG2	2		1961,29
5	Мікросхема керування дисплеєм	DD1	1		199,52

Загальна площа елементів :

$$S_{\text{мг}} = 36,71 \text{ [мм}^2\text{]}$$

$$S_{\text{ст}} = 55,021 \text{ [мм}^2\text{]}$$

$$S_{\text{вг}} = 1961,29 + 199,52 = 2160,81 \text{ [мм}^2\text{]}$$

Загальна площа елементів за формулою 4.2 :

$$S_e = 36,71 + 1,5 * 55,021 + 2 * 2160,81 = 4735,8615 \text{ [мм}^2\text{]}$$

Отже мінімальна площа плати за формулою 4.3 буде дорівнювати :

$$S_{\text{мін}} = 4735,8615 + 300 = 5035,8615 \text{ [мм}^2\text{]}$$

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						46
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Вхідні данні для розрахунку друкованої плати блоку керування помпою та нагрівачем наведені у таблиці 4.3

Таблиця 4.3— Вхідні дані для розрахунку ДП блоку керування помпою та нагрівачем

№ з/п	Назва	Позначення	Кількість	3D footprint	Загальна площа, мм <sup>2</sup>
1	Резистор 0805	R9	1		7,341
2	Резистор 1206	R10, R11, R12, R13	4		32,94
3	Датчик температури	BK1	1		14,189
4	Транзисторний оптрон	U2	3		71,214
5	Транзистор р-п-р	VR1	1		27,574
6	Транзистор IGBT	VT2	1		56,494
7	Транзистор IGBT	VT2	1		56,494
8	Блок живлення	U3	1		859,698

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ

Лис

47

Продовження таблиці 4.3 вхідні дані для розрахунку ДП блоку керування помпою та нагрівачем

№ з/п	Назва	Позначення	Кількість	3D footprint	Загальна площа, мм <sup>2</sup>
9	Отвори для підключення до мережі	X7	1		34,669
10	Отвори для підключення до блоку керування помпою	X6	1		24,365
11	Отвори для підключення реле	X8	1		14,189
12	Отвори для підключення помпи	X9	1		34,669
13	Діод	VD2, VD3	2		70,41

Загальна площа елементів :

$$S_{\text{мг}} = 7,341 + 32,94 + 14,189 + 34,669 + 14,189 + \\ + 34,669 + 70,41 + 27,574 + 56,494 = 292,475 \text{ [мм}^2\text{]}$$

$$S_{\text{ст}} = 71,214 + 859,698 + 24,365 = 955,277 \text{ [мм}^2\text{]}$$

Загальна площа елементів за формулою 4.2 :

$$S_e = 292,475 + 1.5 * 955,277 = 1725,3905 \text{ [мм}^2\text{]}$$

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						48
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		



Отже мінімальна площа плати за формулою 4.3 буде дорівнювати :

$$S_{\min} = 1725,3905 + 300 = 2025,3905 \text{ [мм}^2\text{]}$$

Для блоку керування помпою та нагрівачем обирається двостороння друкована плата з розмірами 75x65 мм.

Для блоку індикації обирається двостороння друкована плата з розмірами (60x85)мм.

Через те, що плату блоку індикації та плату блоку контролю конструкторським рішенням планується використовувати в одному корпусі через стійки – розміри друкованої плати блоку керування будуть ідентичні розмірам плати блоку індикації.

#### 4.4 Вибір класу точності пристрою

В зв'язку з використанням компонентів, що потребують високої точності при проектуванні друкованої плати, був обраний 4 клас точності пристрою, оскільки він задовольняє заданим вимогам. Таким чином буде можливо виконати трасування з дотриманням необхідних ширин провідників та відповідних зазорів між ними. [29]

#### 4.5 Розрахунок ширини друкованих провідників

Розрахуємо мінімальне значення друкованого провідника у вузькому місці для обраного класу точності :

$$t = t_{\min D} + |\Delta t_{\text{н.о}}| = 0.15 + 0.03 = 0.18 \text{ [mm]},$$

де  $t_{\min D}$  – обирається за класом точності друкованої плати,

$\Delta t_{\text{н.о}}$  – нижнє граничне відхилення ширини друкованого провідника.

Розрахуємо мінімальне значення друкованого провідника у широкому місці для обраного класу точності :

$$t = t_{\min D} + |\Delta t_{\text{н.о}}| = 0.25 + 0.05 = 0.3 \text{ [mm]},$$

де  $t_{\min D}$  – обирається за класом точності на один клас нижче,

$\Delta t_{\text{н.о}}$  – нижнє граничне відхилення ширини друкованого провідника.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						49
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунки мінімальної допустимої ширини провідника з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%) виконуються за формулою :

$$t_{minD} = \frac{\rho * I_{max} * l}{h * U * 0,03} ,$$

де  $h$  – товщина фольги,

$l$  – довжина провідника,

$\rho$  – питомий опір провідного шару,

$I_{max}$  – максимальний постійний струм, який протікає в провідниках,

$U$  – прикладена до провідника напруга.

Розрахунки мінімальної допустимої ширини провідника за постійним струмом розраховується за формулою :

$$t_{minD} = \frac{I_{max}}{h * j_{доп}} ,$$

де  $j_{доп}$  – це допустиме щільність струму у провіднику.

Результати розрахунків прикладені у Додатку II та наведені у таблиці :

Тип лінії	Напруга, В	Струм, І	Ширина провідника, мм	
			у вузькому	у широкому
Силова	5	0.5	0.3	0.3
Сигнальна	5	0.3	0.238	0.3
Силова	3.3	0.5	0.3	0.3
Сигнальна	3.3	0.2	0.18	0.286
Силова	9	0.5	0.3	0.3
Силова	220	0.8 75	0.5	0.5

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ

Лис

50

Мінімальна відстань у вузькому місці для прокладання одного провідника між двома контактними майданчиками розраховується за формулою :

$$l(n) = \frac{D_1 + D_2}{2} + n * t_{min} + S_m * (n + 1) + T,$$

де  $D_1$  – діаметр першого контактного майданчика,

$D_2$  – діаметр другого контактного майданчика,

$n$  – кількість провідників,

$t_{min}$  – мінімальна ширина провідника,

$S_m$  – відстань між елементами провідникового рисунку,

$T$  – позиційний допуск.

Для розрахунків були обрані мінімальні розміри контактних майданчиків присутніх на схемі  $D = 1,6$ мм.

Згідно ГОСТ 2.3751-86 значення позиційного допуску  $T$  дорівнює 0,05 мм.

Проведемо розрахунки :

$$l(1) = \frac{1,6 + 1,6}{2} + 1 * 0,18 + 0,18 * (1 + 1) + 0,05 = 2,16 \text{ мм.}$$

Робимо висновок, що якщо відстань між контактними майданчиками перевищує 2,15мм, то між ними можна прокласти провідник з шириною 0.18 мм.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						51
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 РЕЗУЛЬТАТИ ПРОЕКТУВАННЯ

Проектування друкованих вузлів проводилось в САПР Altium Designer.

Проектування складалось з декількох етапів :

1. Створення друкованої плати необхідних габаритів, обраним діелектриком та товщиною фольги;
2. Створення правил трасування згідно з класом точності плати та розрахованими даними 4 розділу;
3. Розміщення елементів на друкованій платі;
4. Трасування провідників.
5. Розробка конструкторської документації на друковану плату та електронний модуль.

Результати розробки друкованого вузла блоку контролю кавомашини наведені на рисунках 5.1- 5.4 :

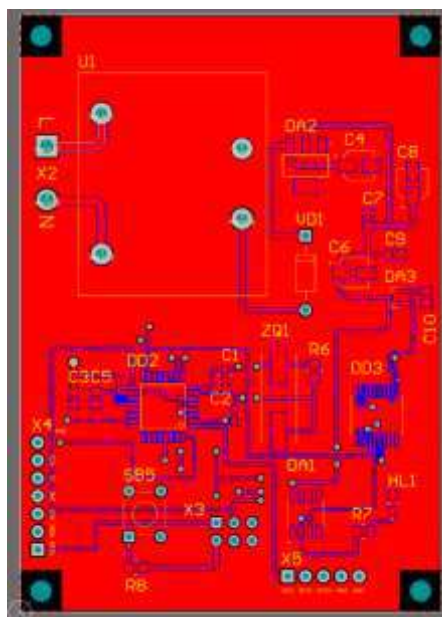


Рисунок 5.1 – Блок керування кавомашини : трасування у верхньому шарі

					РА81.421453.001 ПЗ	Лис
						52
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

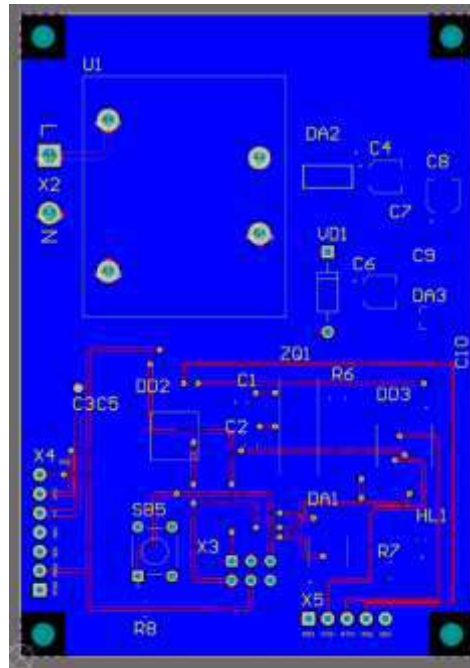


Рисунок 5.2 – Блок керування кавомашини : трасування у нижньому шарі



Рисунок 5.2 – Електронний модуль блоку керування кавомашини : вид зверху

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		53

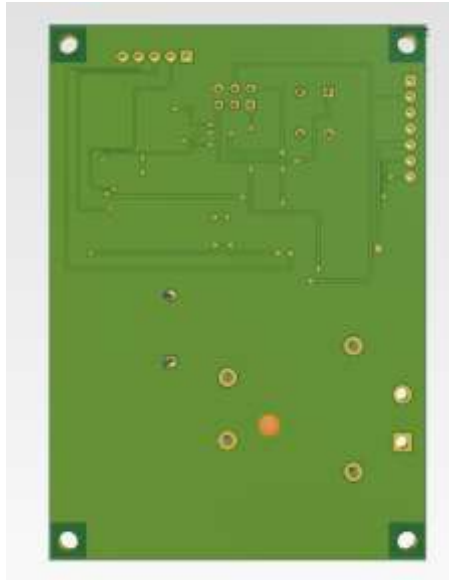


Рисунок 5.2 – Електронний модуль блоку керування кавомашини: вид зверху

Результати розробки друкованого вузла блоку індикації наведені на рисунках 5.5 - 5.8 :

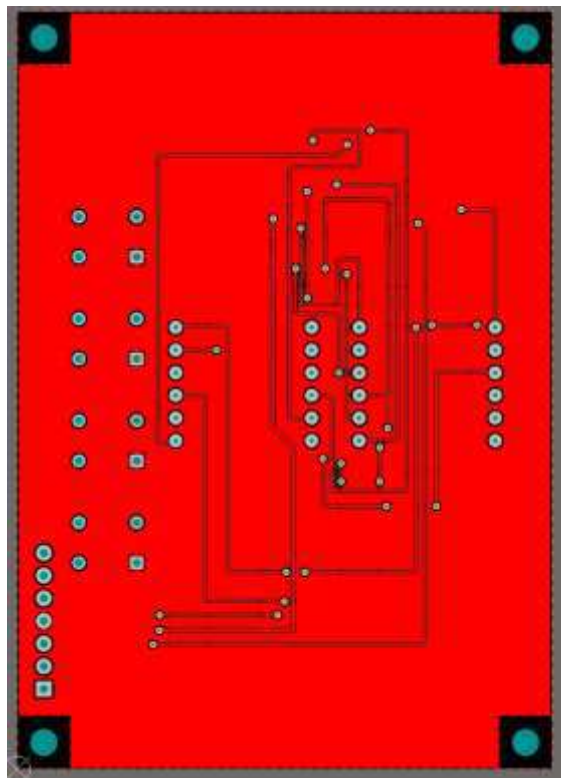


Рисунок 5.5 – Блок індикації : трасування у верхньому шарі

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	<i>Лис</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		54

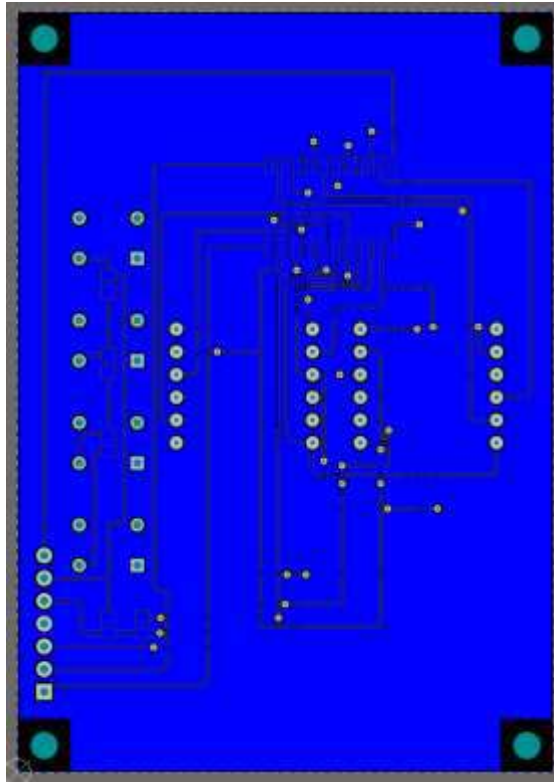


Рисунок 5.6 – Блок індикації : трасування у нижньому шарі

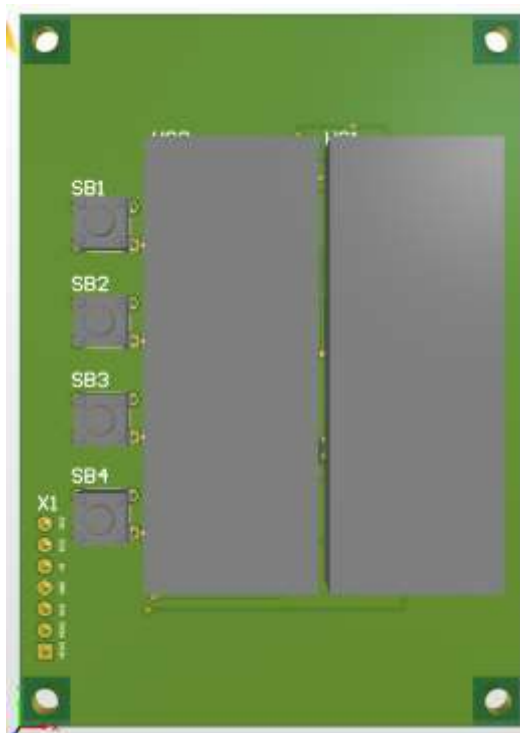


Рисунок 5.7 – Електронний модуль блоку індикації : вид зверху

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		55

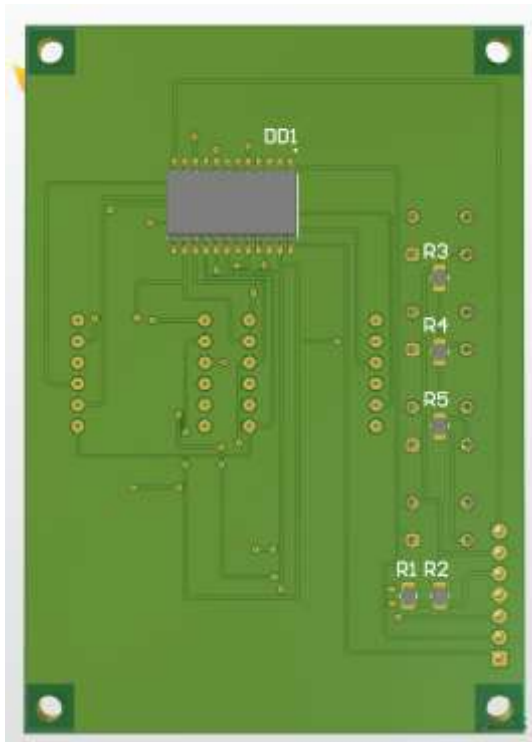


Рисунок 5.8 – Електронний модуль блоку індикації : вид знизу

Результати розробки друкованого вузла керування помпою та нагрівачем наведені на рисунках 5.9 - 5.12 :

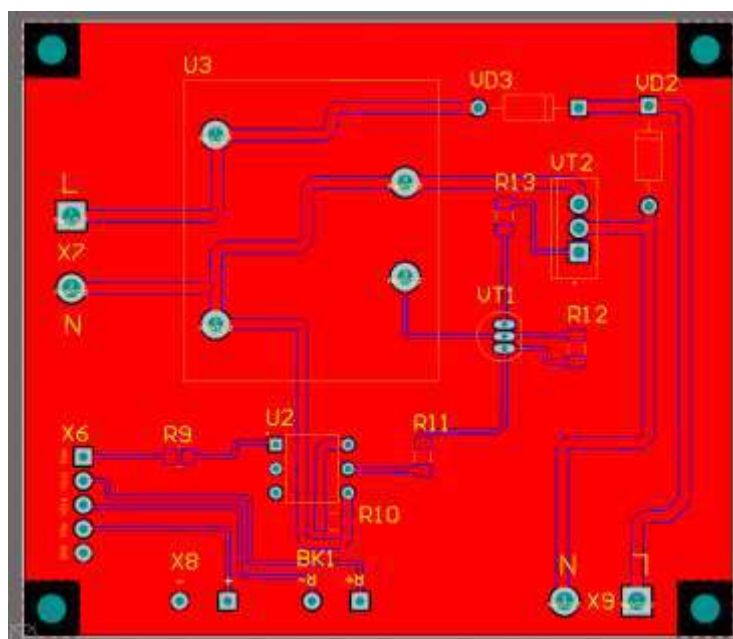


Рисунок 5.9 – Блок індикації : трасування у верхньому шарі

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		56



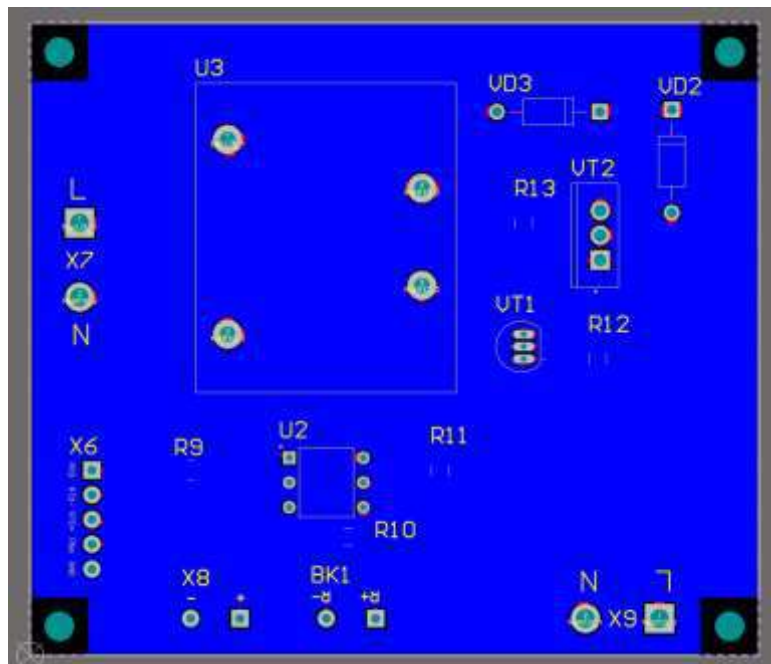


Рисунок 5.10 – Блок індикації : трасування у нижньому шарі

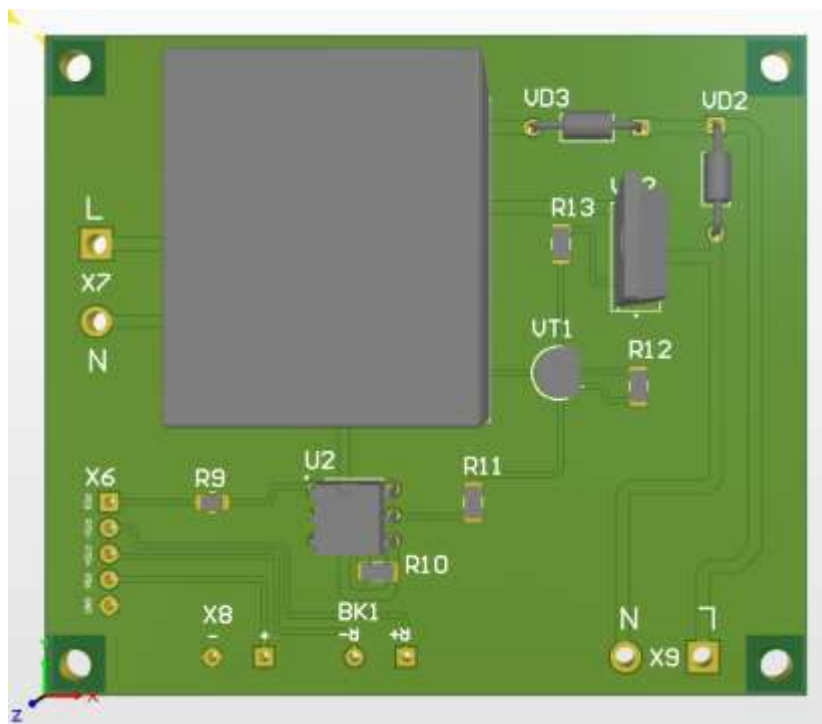


Рисунок 5.11 – Електронний модуль блоку індикації : вид зверху

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ

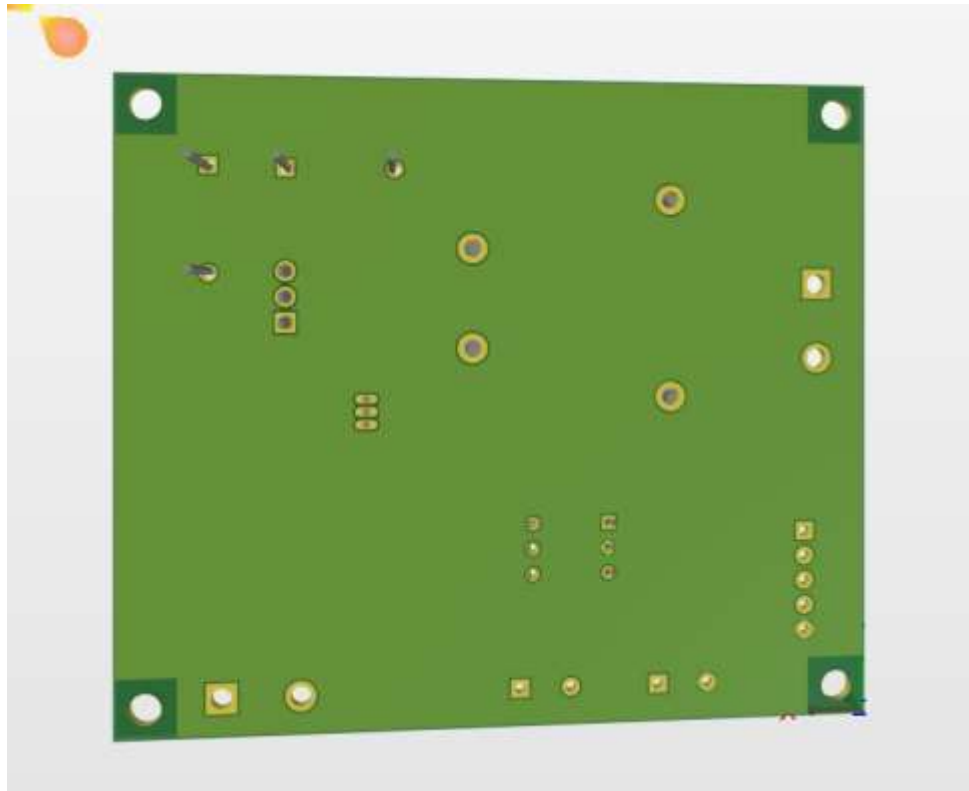


Рисунок 5.12 – Електронний модуль блоку індикації : вид знизу

Згідно прийнятого конструкторського рішення, блок керування кавомашиною та блок індикації було об'єднано в одному корпусі, який буде кріпитись ззовні.

Блок керування помпою та нагрівачем розташований безпосередньо в середині корпусу кавомашини. Створення виносної частини приладу проводилось в САПР SolidWorks.

В якості матеріалу передньої частини та основи корпусу був вибраний шліфований алюміній, оскільки він має гарну механічну міцність та має колір схожий на колір корпусів кавомашин.

Задня кришка виготовляється з пластику з метою економії та для збереження цілісності ізоляції провідників, оскільки гострі алюмінієві краї можуть пошкоджувати ізоляцію кабелів під час використання приладу.

Плати між собою та між елементами корпусу кріпляться за допомогою пластикових стійок. Таке рішення було прийнято, оскільки плати повинні знаходитись одна над одною та вони мають однакові габаритні розміри.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						58
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріал стійок був обраний таким чином, щоб ізолювати корпус від друкованої плати, оскільки у випадку короткого замикання можуть пошкодитись радіоелементи електронного модулю та у випадку контакту ланцюгів з напругою 220 В на корпус можлива імовірність ураження струмом користувача.

Для захисту індикаторів та друкованої плати від потрапляння брызків води, пилу, механічних ушкоджень, тощо, була використана додаткова захисна кришка з прозорим віконцем.

Лицева панель та задня кришка кріпляться до основи корпусу за допомогою 4 гвинтів М3х5.

Стійки кріпляться до задньої кришки за допомогою 4 гвинтів М3х6, а до лицевої панелі пластикові стійки прикручуються за допомогою спеціальних шпильок .

Захисна кришка для індикаторів, кріпиться з середини до лицевої панелі за допомогою гайок М3. Скло захисної кришки кріпиться до самої кришки за допомогою клею.

Для додаткової підтримки друкованих плат в основі корпусу були використані додаткові ребра жорсткості, що підтримують плати.

Для підведення та виведення сигнальних дротів та дротів живлення було створено отвір у задній кришці корпусу.

Результати розробки корпусу наведені на рисунках 5.13 – 5.16 :

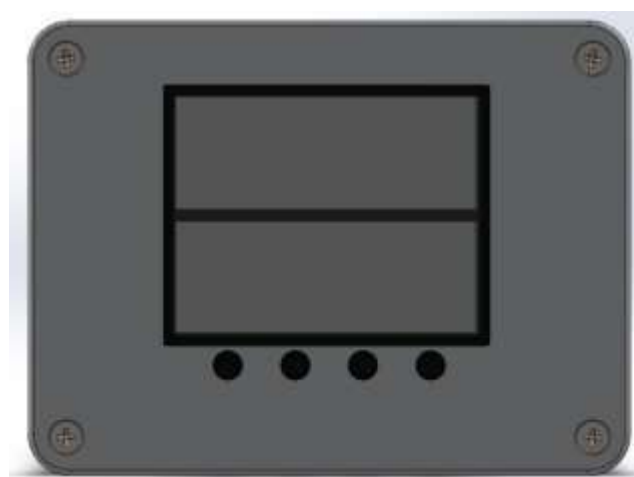


Рисунок 5.13 - Лицьова панель пристрою

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						59
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

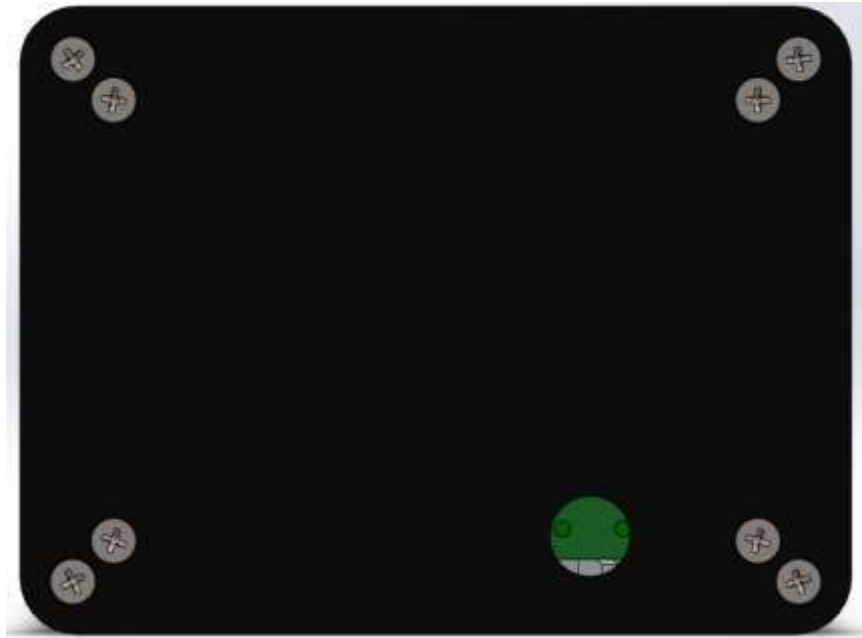


Рисунок 5.14 - Задня панель пристрою



Рисунок 5.15 – Вид під кутом 45 градусів

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ

Лис  
60

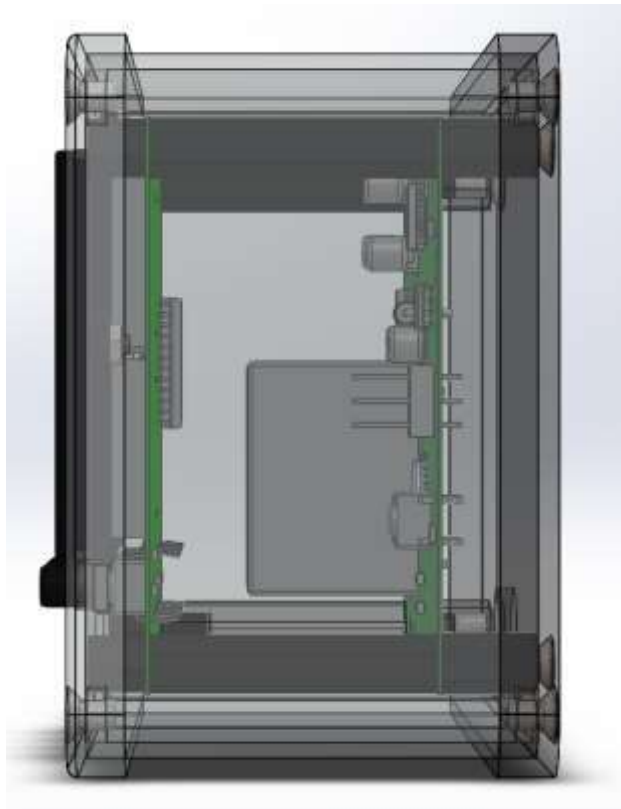


Рисунок 5.16 – Вид у розрізі

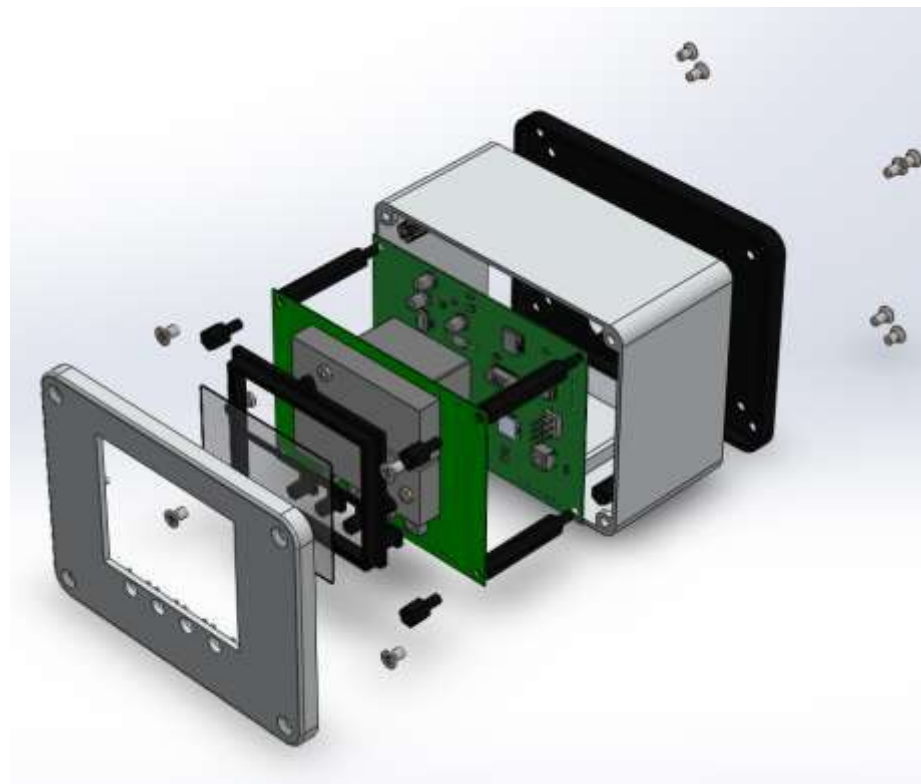


Рисунок 5.17 – Розібраний корпус: вид з переду

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ

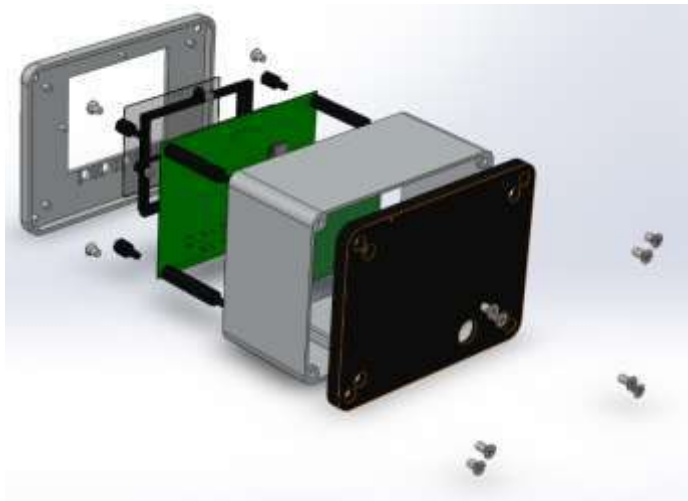


Рисунок 5.17 – Розібраний корпус: вид ззаду

На рисунку 5.18 зображений орієнтований вигляд пристрою у реальному житті .



Рисунок 5.18 – Рендер корпусу

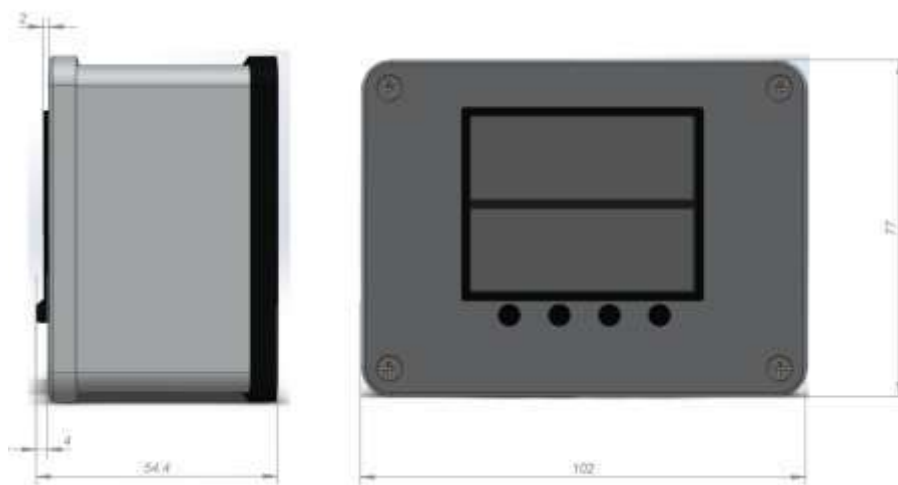


Рисунок 5.19 – Розміри корпусу у міліметрах

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

РА81.421453.001 ПЗ

Лис  
62

## 6 АЛГОРИТМ РОБОТИ ПРИСТРОЮ

Функціональна блок-схема алгоритму роботи пристрою прикладена в додатку Ж.

### 6.1 Основні блоки алгоритму

Можна виділити чотири основні блоки алгоритму:

1. Блок налаштувань – відповідає за зміну конфігурації пристрою;
2. Блок індикації – відповідає за відображення технічної інформації, такої як поточна температура, очікувана температура, час проливу, меню налаштувань;
3. Блок контролю та підтримання температури – відповідає за зчитування, обробку та подальшу корекцію температури;
4. Блок керування проливом – відповідає за керування помпою. [30]

### 6.2 Опис алгоритму

Після ввімкнення пристрою виконується зчитування налаштувань з енергонезалежної пам'яті, після цього виконується ініціалізація мікроконтролеру та всіх периферійних пристроїв, це необхідно для подальшої коректної роботи пристрою.

Далі відбувається індикація очікуваної температури на верхній дисплей. Потім виконується зчитування поточної температури з подальшою обробкою зчитаних даних. Далі виконується корекція роботи нагрівача і на нижній індикатор виводиться значення поточної температури.

Наступний крок – це виконання обробки натискань кнопок, можливі три варіанти подій : кнопка ненадхнута, надхнута кнопка «Пролив», надхнута кнопка «Зміни налаштувань», тобто кнопка переходу в меню налаштувань.

При ненадхнутій кнопці контролер починає повторювати алгоритм з моменту «Зчитування температури», якщо ж надхнута кнопка проливу, то вмикається помпа та на нижній індикатор виводиться час до вимкнення помпи,

					РА81.421453.001 ПЗ	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		63

після чого pompa вимикається і алгоритм повторюється з моменту «Зчитування температури».

Якщо ж була натиснута кнопка «Зміни налаштувань», то відбувається перехід в меню налаштувань, на верхньому індикаторі відображається назва налаштування, на нижньому поточна конфігурація. Далі відповідно до натиснутої кнопки або відбувається зміна налаштування, або переключення на відображення наступного налаштування. Після проходження всіх пунктів меню, відбувається вихід з меню зі збереженням нових даних. І далі алгоритм повторюється з «Зчитування температури».

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	<i>Лис</i>
						64
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту була розроблена плата керування однопостовою ріжковою кавомашиною.

Був проведений аналіз існуючих на ринку аналогів, згідно якого, була запропонована структурна схема проекту та схеми електричні принципів всіх вузлів плати (блоків структурної схеми).

Після розробки схем електричних принципів, був наведений принцип їх роботи, призначення для кожного елемента схеми, з наступним підбором елементної бази приладу.

Наступним кроком було виконання проектування друкованих плат та створення їх технічно-конструкторської документації у середовищі ALTIUM Designer .

Важливою частиною дипломного проекту стала розробка корпусу зовнішньої частини пристрою та її конструкторської документації в системі автоматичного проектування SolidWorks.

Проведена робота над створенням функціонального алгоритму роботи пристрою.

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						65
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ріжкові кавомашини [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://jura.com.ua/vidi-kavomashin-detalnii-oglyad#rigkovi>
2. Смак кави : основні фактори [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://tropickava.com.ua/uk/coffee-taste-major-factors>
3. Перший аналог пристрою [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.auberins.com/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=36](https://www.auberins.com/index.php?main_page=product_info&products_id=36)
4. Другий аналог пристрою [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://www.auberins.com/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=104](https://www.auberins.com/index.php?main_page=product_info&products_id=104)
5. Третій аналог пристрою [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://store.pidsilvia.com/index.php?route=product/product&product\\_id=109](https://store.pidsilvia.com/index.php?route=product/product&product_id=109)
6. Опис структурної схеми [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ukrpublic.com/navchannia/yak-vidrizniti-strukturnu-skhemu-vid-funktsionalnoji.html>
7. Мікроконтролер АТМЕГА328Р-AU [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/atmega328p-au.pdf>
8. Мікросхема МАХ7219EWG [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/73750/MAXIM/MAX7219EWG.html>
9. Мікросхема МАХ31865AAP [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1373150/MAXIM/MAX31865AAP+.html>
10. Датчик температури РТ100 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/docs/pt100.pdf>

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
						66
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Чотирирозрядний дисплей GNQ-5641AD [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/GNQ-5641Ax-Bx.pdf>
12. Операційний підсилювач LM358 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/3073/MOTOROLA/LM358N.html>
13. Світлодіод 7012X1 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://eu.mouser.com/datasheet/2/423/7012X%20Series%20BrightChips%20High%20Brightness%20SMT%20LEDs%20-1064452.pdf>
14. AC/DC перетворювач на 9 В MYRRA 47153 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.tme.eu/Document/bf6bb3ffc14d2c36c7feb565c6514704/Power%20Supply%20Myrra%2009%2018.pdf>
15. Лінійний стабілізатор Ncp1117st50t3g [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/174874/ONSEMI/NCP1117ST50T3G.html>
16. Лінійний стабілізатор LM6206N3 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/588631/CYSTEKEC/LM6206N3.html>
17. AC/DC перетворювач на 5 В VTX-214-003-105 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.farnell.com/datasheets/1803234.pdf>
18. Транзисторний оптрон 4N25 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/2846/MOTOROLA/4N25.html>
19. Біполярний р-п-р транзистор BC556 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/719433/KEC/BC556.html>
20. Біполярний транзистор з ізолюваним затвором n-типу IRGB14C40LPBF [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	Лис
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		67

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/183702/IRF/IRGB14C40LPBF.html>

21. Діод 1N4007 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/1145141/JUXING/1N4007.html>

22. Кнопка 1825910-2 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://static.chipdip.ru/lib/233/DOC011233934.pdf>

23. Електролітичний конденсатор 47мкФ EEEFN1C470UR smd [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

[https://download.siliconexpert.com/pdfs2/2020/3/10/18/56/54/262699/pns/\\_manual/rde0000c1260.pdf](https://download.siliconexpert.com/pdfs2/2020/3/10/18/56/54/262699/pns/_manual/rde0000c1260.pdf)

24. SMD конденсатори KUPCERA AVX 0805 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

[https://eu.mouser.com/datasheet/2/40/COGNP0\\_Dielectric-951274.pdf](https://eu.mouser.com/datasheet/2/40/COGNP0_Dielectric-951274.pdf)

25. SMD резистори 0805 YAGEO [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

[https://eu.mouser.com/datasheet/2/447/Yageo\\_03\\_18\\_2021\\_PYu\\_RC\\_Group\\_51\\_RoHS\\_L\\_11-2199992.pdf](https://eu.mouser.com/datasheet/2/447/Yageo_03_18_2021_PYu_RC_Group_51_RoHS_L_11-2199992.pdf)

26. SMD резистори 0805 TE Connectivity [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

[https://eu.mouser.com/datasheet/2/418/5/ENG\\_DS\\_1773272\\_M-1588495.pdf](https://eu.mouser.com/datasheet/2/418/5/ENG_DS_1773272_M-1588495.pdf)

27. SMD резистори 1206 BOURNS [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

[https://www.bourns.com/docs/Product-Datasheets/CRM0805\\_1206\\_2010.pdf](https://www.bourns.com/docs/Product-Datasheets/CRM0805_1206_2010.pdf)

28. Методи виробництва друкованих плат [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://ictech.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/9.pdf>

29. Класи точності друкованих плат [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<http://um.co.ua/3/3-13/3-136385.html>

30. Функціональні блок схеми [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

<https://ictech.com.ua/wp-content/uploads/2019/11/9.pdf>

					<b>РА81.421453.001 ПЗ</b>	<i>Лис</i>
						68
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ДОДАТОК А

**ПОГОДЖЕНО**

Керівник дипломного проєкту

Лащевська Н. О

«    » \_\_\_\_\_ 2022

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

В.о.завідуючого кафедри РТЕ

Михайло СТЕПАНОВ

«    » \_\_\_\_\_ 2022

## **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

до дипломного проєкту

«Плата управління однопостовою різковою кавомашиною»

## **1. НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ**

Назва курсового проекту «Плата управління однопостовою ріжковою кавомашиною».

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою прикладної радіоелектроніки від «1» травня 2022 року.

## **2. ВИКОНАВЕЦЬ**

Виконавець — студент групи РА-81 Дерікот Глеб Юрійович.

## **3. МЕТА ВИКОНАННЯ КР І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКЦІЇ**

Метою курсового проекту є розробка конструкції плати управління однопостовою ріжковою кавомашиною, перевірка її на працездатність та оформлення необхідної конструкторської документації.

Плата управління однопостовою ріжковою кавомашиною призначена для удосконалення функціоналу кавомашиною.

## **4. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ.**

### **4.1 Призначення**

Напруга живлення: 220 В.

Струм: до 2 А.

Життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників.

Кліматичні вимоги О4 згідно ГОСТ 15150-69.

### **4.2 Надійності**

Середній час безвідмовної роботи не менше 9000 $\pm$ 10% годин.

Імовірність безвідмовної роботи 0,80.

Середній строк служби не менше 1-го року.

### **4.3 Конструкції**

Прилад має складатись з двох частин.

Перша частина повинна мати форму паралелепіпеда.

Габаритні параметри, Ш $\times$ Д $\times$ В, не більше, мм: 150 $\times$ 150 $\times$ 150.

Маса: не більше 500г.

Друга частина - ізольована лаком плата.

габаритні параметри, Ш×Д×В, не більше, мм: 100×100×100.

Маса: не більше 500г.

Вимоги до кріплення: пристрій повинен мати зручне кріплення на стіну кавомашини.

#### **4.4 Уніфікації і стандартизації**

Використовувати уніфіковану та стандартизовану елементну та матеріальну базу.

#### **4.5 Дизайну, ергономіки та технічної естетики.**

Алюмінієвий корпус, в корпусі повинні бути отвори для індикаторів, кнопок та отвори для проведення дротів з'єднання частин приладу між собою.

#### **4.6 Експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту**

Технічний обслуговування не проводиться.

#### **4.7 Безпеки для життя, здоров'я і майна громадян та охорони довкілля**

Керуватися положеннями стандартів про вимоги технічної безпеки, електробезпеки, пожежної безпеки.

#### **4.8 Транспортування і зберігання**

Умови транспортування згідно ГОСТ 16019-2001.

Зберігання: за ГОСТ 15150-69.

#### **4.9 Якості і технічного рівня**

Відповідає світовому рівню.

### **5 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ І ПКВ**

Вибір не екологічного матеріалу для корпусу.

### **6 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ**

Маркування: згідно ГОСТ 23088-80.

Пакування: згідно ГОСТ 23088-80.

Консервація: не передбачено.

## ДОДАТОК Б

### Перелік блоку контролю

<u>Позн.</u>	<u>Найменування</u>	<u>Кіл.</u>	<u>Прим.</u>	
<u>Конденсатори</u>				
C1,C2	0805YA220JAT2A – Kyocera AVX, 22 <u>нФ</u> , ±5%, 16 В	2		
C3	0805YA101FAT2A - Kyocera AVX, 100 <u>нФ</u> , ±1%, 16 В	1		
C4	EEEFN1C470UR - Panasonic, 47 <u>мкФ</u> , ±20%, 16 В	1		
C5	0805YA101FAT2A - Kyocera AVX, 100 <u>нФ</u> , ±1%, 16 В	1		
C6	EEEFN1C470UR - Panasonic, 47 <u>мкФ</u> , ±20%, 16 В	1		
C7	0805YA101FAT2A - Kyocera AVX, 100 <u>нФ</u> , ±1%, 16 В	1		
C8	EEEFN1C470UR - Panasonic, 47 <u>мкФ</u> , ±20%, 16 В	1		
C9,C10	0805YA101FAT2A - Kyocera AVX, 100 <u>нФ</u> , ±1%, 16 В	2		
<u>Мікросхеми</u>				
DA1	LM358N – Texas Instruments	1		
DA2	NCP1117ST50T3G – ON Semiconductor	1		
DA3	LM6206N3 – Cystech Electronics Corp.	1		
DD2	ATMEGA328P-AU, TQFP-32 - Atmel	1		
DD3	MAX31865AAP - Maxim integrated	1		
HL1	Світлодіод 7012X1 – CML A VCC PRODUCT FAMILY	1		
<b>РА81.421453.001 ПЕ</b>				
<u>Зм.</u>	<u>Лист</u>	<u>№ док.</u>	<u>Підп.</u>	<u>Дата</u>
<u>Розроб.</u>	<u>Дерікот</u>			
<u>Перев.</u>	<u>Лашевська</u>			
<u>Т.конт.</u>				
<u>Н.конт.</u>				
<u>Затв.</u>	<u>Лашевська</u>			
<b>Блок контролю</b>		<u>Лім.</u>	<u>Лист</u>	<u>Листів</u>
<b><u>кавомашини</u></b>			1	2
<b>РТФ, КПІ</b>				



Позн.	Найменування	Кіл.	Прим.
	<u>Резистори</u>		
R6	RC0805JR-101ML – YAGEO, 1 МОм, 0,25 Вт, ±5%	1	
R7	RC0805JR-101KL – YAGEO, 1 кОм, 0,25 Вт, ±5%	1	
R8	RC0805JR-1010K0L – YAGEO, 10 кОм, 0,25 Вт, ±5%	1	
SB5	Кнопка 1825910-2 – TE Connectivity	1	
U3	AD/DC перетворювач 47153 - MYRRA	1	
VD1	Діод 1N4007 – Diotec Semiconductor	1	
X3	Роз'єм ICSP DS1021-2x3S - CONNFLY	1	
ZQ1	Кварцовий резонатор ABL52-12.000MHZ-D4Y-T – Abracon Corp.	1	

## ДОДАТОК В

### Перелік блока індикації

Позн.	Найменування	Кіл.	Прим.
	<i>Мікросхеми</i>		
DD1	MAX7219EWG – Maxim integrated	1	
HG1, HG2	Індикатор GNQ-5641AD – G-NOR ELECTRONICS CO., LTD.	2	
	<i>Резистори</i>		
R1	RP73PF2A9K53BTDF–TE Connectivity, 9,53 кОм, 0,25 Вт, ±0.1%	1	
R2	RC0805JR-1010K0L – YAGEO, 10 кОм, 0,25 Вт, ±5%	1	
R3-R5	RC0805JR-101KL – YAGEO, 1 кОм, 0,25 Вт, ±5%	3	
SB1-SB4	Кнопка 1825910-2 – TE Connectivity	4	
		<b>РА81.421453.002 ПЕ</b>	
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Дерікот</i>		
<i>Перев.</i>	<i>Лащевська</i>		
<i>Т.конт</i>			
<i>Н.конт</i>			
<i>Затв.</i>	<i>Лащевська</i>		
		<b>Блок індикації</b>	<b>РТФ, КПІ</b>
		<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>
		1	1

## ДОДАТОК Г

Перелік блока керування помпою та нагрівачем

<i>Позн.</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Прим.</i>
БК1	PT100 – Thermocouple Instruments Limited	1	
	<u>Резистори</u>		
R9	RC0805JR-10470RL – YAGEO, 470 Ом, 0,25 Вт, ±5%	1	
R10	CRM1206-JW-474ELF – BOURNS, 470 кОм, 0,5 Вт, ±5%	1	
R11	CRM1206-JW-103ELF – BOURNS, 10 кОм, 0,5 Вт, ±5%	1	
R12	CRM1206-JW-104ELF – BOURNS, 100 кОм, 0,5 Вт, ±5%	1	
R13	CRM1206-JW-102ELF – BOURNS, 1 кОм, 0,5 Вт, ±5%	1	
U1	AD/DC перетворювач VTX-214-003-105 - Vigortronix	1	
U2	Транзисторний оптрон 4N25 – VISHAY INTERTECHNOLOGY	1	
VD2-VD3	Діод 1N4007 – Diotec Semiconductor	2	
VT1	P-N-P Транзистор BC556 – DISCRETE SEMICONDUCTORS	1	
VT2	IRGB Транзистор IRGB14C40LPBF - Infineon	1	
<b>РА81.421453.003 ПЕ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>
<b>Блок керування помпою та нагрівачем</b>			
<i>Розроб.</i>	<i>Дерікот</i>	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>
<i>Перев.</i>	<i>Лащевська</i>		1
<i>Т.конт</i>		<b>РТФ, КПІ</b>	
<i>Н.конт</i>			1
<i>Затв.</i>	<i>Лащевська</i>		

# ДОДАТОК Г

## Специфікація блоку контролю

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.	
				<u>Документація</u>			
A3			РА81.421453.001 СК	Складальний кресленик блоку контролю кавомашини			
A2			РА81.421453.001 ЕЗ	Блок контролю кавомашини			
A4			РА81.421453.001 ПЕ	Перелік елементів			
				РА81.421453.001 СП			
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.	Дерікот				Лім.	Лист	Листів
Перев.	Лащевська					1	3
Т.конт					РТФ, КПІ		
Н.конт							
Затв.							
				Специфікація блоку контролю кавомашини			

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Деталі</u>		
A3			PA81.758724.001	Друкована плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Конденсатор 12 нФ, ±5%, 16 В	2	C1,C2
				Конденсатор 100 нФ, ±1%, 16 В	1	C3
				Конденсатор 47 мкФ, ±20%, 16 В	1	C4
				Конденсатор 100 нФ, ±1%, 16 В	1	C5
				Конденсатор 47 мкФ, ±20%, 16 В	1	C6
				Конденсатор 100 нФ, ±1%, 16 В	1	C7
				Конденсатор 47 мкФ, ±20%, 16 В	1	C8
				Конденсатор 100 нФ, ±1%, 16 В	2	C9,C10
				Мікросхема LM358N	1	DA1
				Мікросхема NCP1117ST50T3G	1	DA2
				Мікросхема LM6206N3	1	DA3
				Мікросхема ATMEGA328P-AU	1	DD2
				Мікросхема MAX31865AAP	1	DD3
				Резистор 1 МОм, 0,25 Вт, ±5%	1	R6
				Резистор 1 кОм, 0,25 Вт, ±5%	1	R7
				Резистор 10 кОм, 0,25 Вт, ±5%	1	R8
			<b>PA81.421453.001 СП</b>			<b>2</b>
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Форм.	Зона	Поз.	Позначення		Найменування	Кіл.	Прим.
					Кнопка 1825910-2 – TE Connectivity	1	SB5
					AD/DC перетворювач 47153 - MYRRA	1	U3
					Діод 1N4007 – Diotec Semiconductor	1	VD1
					Роз'єм ICSP DS1021-2x3S - CONNFLY	1	X3
					Кварцовий резонатор ABLS2-12.000MHZ-D4Y-T – Abracon Corp.	1	ZQ1
					Контактні майданчики живлення	1	X2
					Контактні майданчики для підключення до блоку керування помпи та нагрівачем	1	X4
					Контактні майданчики для підключення до блоку індикації	1	X5
					Матеріали		
					Паста паяльна ПП-140 АУ70.033.013 ТУ		
					Приніп ПОС 61 ГОСТ 21930-76		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	РА81.421453.001 СП		3

**ДОДАТОК Д**  
**Специфікація блоку індикації**

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<i>Документація</i>		
A3			РА81.421453.002 СК	Складальний кресленик блоку індикації		
A2			РА81.421453.002 ЕЗ	Радіомодуль уніфікований		
A4			РА81.421453.002 ПЕ	Перелік елементів		
				<b>РА81.421453.002 СП</b>		
<b>Зм.</b>	<b>Лист</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підп.</b>	<b>Дата</b>		
<i>Розроб.</i>	<i>Дерікот</i>				<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>
<i>Перев.</i>	<i>Лащевська</i>					<i>Листів</i>
<i>Т.конт</i>					1	2
<i>Н.конт</i>					<b>РТФ, КПІ</b>	
<i>Затв.</i>						





## ДОДАТОК Е

### Специфікація блоку керування помпою та нагрівачем

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.	
				<u>Документація</u>			
A3			РА81.421453.003 СК	Складальний кресленик блоку керування помпою та нагрівачем			
A2			РА81.421453.003 ЕЗ	Блок керування помпою та нагрівачем			
A4			РА81.421453.003 ПЕ	Перелік елементів			
			<b>РА81.421453.003 СП</b>				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата			
Розроб.	Дерікот				Лім.	Лист	
Перев.	Лащевська					Листів	
Т.конт						1	
Н.конт						3	
Затв.					<b>РТФ, КПІ</b>		
				<b>Специфікація блоку керування помпою та нагрівачем</b>			

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Деталі</u>		
А3			РА81.758724.001	Друкована плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
				Датчик температури РТ-100		ВК1
				Резистор 470 Ом, 0,25 Вт, ±5%	1	R9
				Резистор 470 кОм, 0,5 Вт, ±5%	1	R10
				Резистор 10 кОм, 0,5 Вт, ±5%	1	R11
				Резистор 100 кОм, 0,5 Вт, ±5%	1	R12
				Резистор 1 кОм, 0,5 Вт, ±5%	1	R13
				AD/DC перетворювач VTX-214-003-105	1	U1
				Транзисторний оптрон 4N25	1	U2
				Діод 1N4007	2	VD2-VD3
				Р-Н-Р Транзистор BC556	1	VT1
				IRGB Транзистор IRGB14C40LPBF	1	VT2
				РА81.421453.003 СП		2
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		



## ДОДАТОК Є

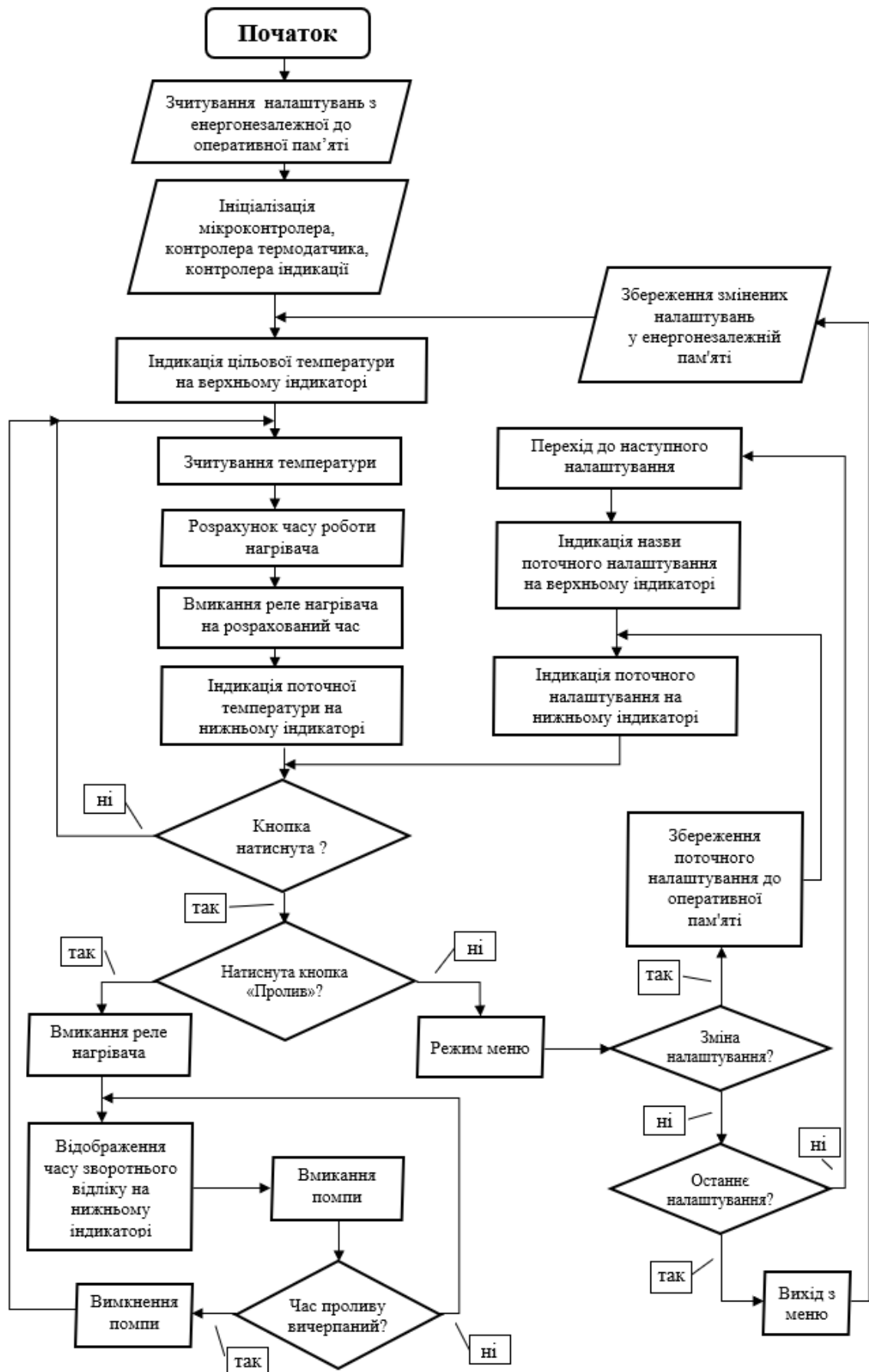
### Специфікація плати керування кавомашиною

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A2			РА81.421453.004 СК	Складальний кресленник		
A4			РА81.421453.001 ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A3		1	РА81.421453.001 СК	Друкований вузол	1	
A3		2	РА81.421453.002 СК	Друкований вузол	1	
				<u>Деталі</u>		
		3	РА81.257725.001	Основа корпусу	1	
		4	РА81.257725.002	Лицьова кришка корпусу	1	
		5	РА81.257725.002	Задня кришка корпусу	1	
		6	РА81.257725.002	Захисна кришка корпусу	1	
		7	РА81.257725.001	Стійка шестигранна М3х6	4	
		8	РА81.257725.001	Стійка шестигранна М3х9,6	4	
		9	РА81.257725.001	Стійка шестигранна М3х30	4	
		10	РА81.257725.001	Насадка на кнопку	4	
		11	РА81.257725.001	Захисне скло	1	
				<b>РА81.421453.004 СП</b>		
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.	Дерікот				<b>Плата керування кавомашиною Специфікація</b>	<b>Лім.    Лист    Листів</b>  <b>РТФ, КПІ</b>
Перев.	Лащевська					
Т.конт						
Н.конт						
Затв.	Лащевська					



# ДОДАТОК Ж

## Функціональна блок-схема алгоритму роботи пристрою



## ДОДАТОК 3

### Розрахунок ширин провідників

*Розрахунок ширини друкованих провідників для всіх присутніх у схемі рівнів сигналу*

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності-  $t_{minD_S} := 0.15\text{mm}$   
Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення)  $\Delta t_{no_S} := -0.03\text{mm}$   
 $t1V_S := t_{minD_S} + |\Delta t_{no_S}| = 0.18\text{mm}$   
 $t1V_P := 0.18\text{mm}$

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності (на один менше)  $t_{minD_S} := 0.25\text{mm}$   
Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення)  $\Delta t_{no_S} := -0.05\text{mm}$   
 $t1III_S := t_{minD_S} + |\Delta t_{no_S}| = 0.3\text{mm}$   
 $t1III_P := 0.3\text{mm}$

**Для сигнальних 5В:**

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом\*мм<sup>2</sup>/м)-  $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$   
Довжина провідника (м)-  $l_S := 0.085\text{m}$   
Товщина фольги (мм)-  $h_S := 70 \cdot 10^{-3}\text{mm}$   
Прикладена напруга (В)-  $U_{жив_S} := 5\text{V}$   
Максимальний струм (А)-  $I_{max_S} := 0.4\text{A}$

$$t2_S := \frac{l_S \cdot I_{max_S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{жив_S} \cdot 0.03} = 0.057\text{mm}$$

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (А)-  $I_{max_S} := 0.4\text{A}$   
Товщина фольги (мм)-  $h_S := 70 \cdot 10^{-3}\text{mm}$   
Допустима щільність струму в провіднику(А/мм<sup>2</sup>)-  $j_S := 24 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$   
 $t3_S := \frac{I_{max_S}}{h_S \cdot j_S} = 0.238\text{mm}$

**Для силових 5В:**

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм <sup>2</sup> /м)-	$\rho_w := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$
Довжина провідника (м)-	$l_p := 0.085\text{м} = 0.085\text{м}$
Товщина фольги (мм)-	$h_p := 70 \cdot 10^{-3}\text{мм}$
Прикладена напруга (В)-	$U_{жизп} := 5\text{В}$
Максимальний струм (А)-	$I_{maxp} := 0.5\text{А}$

$$t2_p := \frac{l_p \cdot I_{maxp} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{жизп} \cdot 0.03} = 0.071 \cdot \text{мм}$$

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (мА)-	$I_{maxp} := 0.5\text{А}$
Товщина фольги (мм)-	$h_p := 70 \cdot 10^{-3}\text{мм}$
Допустима щільність струму в провіднику(А/мм <sup>2</sup> )-	$j_p := 24 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$

$$t3_p := \frac{I_{maxp}}{h_p \cdot j_p} = 0.298 \cdot \text{мм}$$

З розрахованих даних обираємо ширину провідників у вузькому та широкому місці, при цьому повинна виконуватись умова:

**Для силових 1:**

$$t_{min\_v} \geq \begin{cases} t1V_p & \text{у вузькому місці} \\ t2_p \\ t3_p \end{cases} \quad t_{min\_w} \geq \begin{cases} t1III_p & \text{у широкому місці} \\ t2_p \\ t3_p \end{cases}$$

$$t_{min\_vp} := \max(t1V_p, t2_p, t3_p) = 0.298 \cdot \text{мм} \quad t_{min\_wp} := \max(t1III_p, t2_p, t3_p) = 0.3 \cdot \text{мм}$$

**Для сигнальних:**

$$t_{min\_v} \geq \begin{cases} t1V_s & \text{у вузькому місці} \\ t2_s \\ t3_s \end{cases} \quad t_{min\_w} \geq \begin{cases} t1III_s & \text{у широкому місці} \\ t2_s \\ t3_s \end{cases}$$

$$t_{min\_vs} := \max(t1V_s, t2_s, t3_s) = 0.238 \cdot \text{мм} \quad t_{min\_ws} := \max(t1III_s, t2_s, t3_s) = 0.3 \cdot \text{мм}$$

Рекомендована ширина для сигнального провідника  $t_{min\_ws} = 0.3 \cdot \text{мм}$

Рекомендована ширина для силового провідника  $t_{min\_wp} = 0.3 \cdot \text{мм}$

Якщо не можливо провести провідник шириною  $t_{min\_wp} = 0.3 \cdot \text{мм}$  та  $t_{min\_ws} = 0.3 \cdot \text{мм}$

то можна використовувати ширину провідників  $t_{min\_vp} = 0.298 \cdot \text{мм}$  та  $t_{min\_vs} = 0.238 \cdot \text{мм}$



### Для сигнальних 3.3В:

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм <sup>2</sup> /м)-	$\rho_s := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Довжина провідника (м)-	$l_s := 0.085\text{m}$
Товщина фольги (мм)-	$h_s := 70 \cdot 10^{-3} \text{mm}$
Прикладена напруга (В)-	$U_{\text{жив}S} := 3.3\text{V}$
Максимальний струм (А)-	$I_{\text{max}S} := 0.3\text{A}$

$$t_{2S} := \frac{I_S \cdot I_{\text{max}S} \cdot \rho}{h_S \cdot U_{\text{жив}S} \cdot 0.03} = 0.064 \cdot \text{mm}$$

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (А)-	$I_{\text{max}S} := 0.3\text{A}$
Товщина фольги (мм)-	$h_S := 70 \cdot 10^{-3} \text{mm}$
Допустима щільність струму в провіднику(А/мм <sup>2</sup> )-	$j_S := 24 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t_{3S} := \frac{I_{\text{max}S}}{h_S \cdot j_S} = 0.179 \cdot \text{mm}$$

### Для силових 3.3В:

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм <sup>2</sup> /м)-	$\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Довжина провідника (м)-	$l_P := 0.085\text{m} = 0.085\text{m}$
Товщина фольги (мм)-	$h_P := 70 \cdot 10^{-3} \text{mm}$
Прикладена напруга (В)-	$U_{\text{жив}P} := 3.3\text{V}$
Максимальний струм (А)-	$I_{\text{max}P} := 0.5\text{A}$

+

$$t_{2P} := \frac{I_P \cdot I_{\text{max}P} \cdot \rho}{h_P \cdot U_{\text{жив}P} \cdot 0.03} = 0.107 \cdot \text{mm}$$

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (А)-	$I_{\text{max}P} := 0.5\text{A}$
Товщина фольги (мм)-	$h_P := 70 \cdot 10^{-3} \text{mm}$
Допустима щільність струму в провіднику(А/мм <sup>2</sup> )-	$j_P := 24 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t_{3P} := \frac{I_{\text{max}P}}{h_P \cdot j_P} = 0.298 \cdot \text{mm}$$

З розрахованих даних обираємо ширину провідників у вузькому та широкому місці, при цьому повинна виконуватись умова:

**Для силових 1:**

$$t_{\min\_v} \geq \begin{cases} t1V_P & \text{у вузькому місці} \\ t2_P & \\ t3_P & \end{cases} \quad t_{\min\_w} \geq \begin{cases} t1III_P & \text{у широкому місці} \\ t2_P & \\ t3_P & \end{cases}$$

$$t_{\min\_vP} := \max(t1V_P, t2_P, t3_P) = 0.298\text{-mm} \quad t_{\min\_wP} := \max(t1III_P, t2_P, t3_P) = 0.3\text{-mm}$$

**Для сигнальних:**

$$t_{\min\_v} \geq \begin{cases} t1V_S & \text{у вузькому місці} \\ t2_S & \\ t3_S & \end{cases} \quad t_{\min\_w} \geq \begin{cases} t1III_S & \text{у широкому місці} \\ t2_S & \\ t3_S & \end{cases}$$

$$t_{\min\_vS} := \max(t1V_S, t2_S, t3_S) = 0.18\text{-mm} \quad t_{\min\_wS} := \max(t1III_S, t2_S, t3_S) = 0.3\text{-mm}$$

Рекомендована ширина для сигнального провідника  $t_{\min\_wS} = 0.3\text{-mm}$

Рекомендована ширина для силового провідника  $t_{\min\_wP} = 0.3\text{-mm}$

Якщо не можливо провести провідник шириною  $t_{\min\_wP} = 0.3\text{-mm}$  та  $t_{\min\_wS} = 0.3\text{-mm}$

то можна використувати ширину провідників  $t_{\min\_vP} = 0.298\text{-mm}$  та  $t_{\min\_vS} = 0.18\text{-mm}$

**Для силових 9B:**

Мінімально допустиму ширину провідника t2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом\*мм<sup>2</sup>/м)-  $\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

Довжина провідника (м)-  $l_P := 0.085\text{m} = 0.085\text{ m}$

Товщина фольги (мм)-  $h_P := 70 \cdot 10^{-3}\text{ mm}$

Прикладена напруга (В)-  $U_{жизP} := 9\text{V}$

Максимальний струм (А)-  $I_{\max P} := 0.5\text{A}$

$$t_{2P} := \frac{l_P \cdot I_{\max P} \cdot \rho}{h_P \cdot U_{жизP} \cdot 0.03} = 0.039\text{-mm}$$

Мінімально допустиму ширину провідника t3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (А)-  $I_{\max P} := 0.5\text{A}$

Товщина фольги (мм)-  $h_P := 70 \cdot 10^{-3}\text{ mm}$

Допустима щільність струму в провіднику(А/мм<sup>2</sup>)-  $j_P := 24 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t_{3P} := \frac{I_{\max P}}{h_P \cdot j_P} = 0.298\text{-mm}$$

З розрахованих даних обираємо ширину провідників у вузькому та широкому місці, при цьому повинна виконуватись умова:

**Для силових 1:**

$$t_{\min\_v} \geq \begin{cases} t1V_P & \text{у вузькому місці} \\ t2_P \\ t3_P \end{cases} \quad t_{\min\_w} \geq \begin{cases} t1III_P & \text{у широкому місці} \\ t2_P \\ t3_P \end{cases}$$

$$t_{\min\_vP} := \max(t1V_P, t2_P, t3_P) = 0.298\text{-mm} \quad t_{\min\_wP} := \max(t1III_P, t2_P, t3_P) = 0.3\text{-mm}$$

Рекомендована ширина для силового провідника  $t_{\min\_wP} = 0.3\text{-mm}$

Якщо не можливо провести провідник шириною  $t_{\min\_wP} = 0.3\text{-mm}$

то можна використувати ширину провідників  $t_{\min\_vP} = 0.298\text{-mm}$

**Для силових 220В:**

Мінімально допустиму ширину провідника  $t2$  з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Ом*мм <sup>2</sup> /м)-	$\rho := 0.0175 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$
Довжина провідника (м)-	$l_P := 0.085\text{m} = 0.085\text{m}$
Товщина фольги (мм)-	$h_P := 70 \cdot 10^{-3}\text{mm}$
Прикладена напруга (В)-	$U_{\text{жив}P} := 220\text{V}$
Максимальний струм (А)-	$I_{\text{max}P} := 0.85\text{A}$

$$t_{2P} := \frac{l_P \cdot I_{\text{max}P} \cdot \rho}{h_P \cdot U_{\text{жив}P} \cdot 0.03} = 2.737 \times 10^{-3}\text{-mm}$$

Мінімально допустиму ширину провідника  $t3$  з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (мА)-	$I_{\text{max}P} := 0.85\text{A}$
Товщина фольги (мм)-	$h_P := 70 \cdot 10^{-3}\text{mm}$
Допустима щільність струму в провіднику(А/мм <sup>2</sup> )-	$j_{Pw} := 24 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$

$$t_{3P} := \frac{I_{\text{max}P}}{h_P \cdot j_P} = 0.506\text{-mm}$$

З розрахованих даних обираємо ширину провідників у вузькому та широкому місці, при цьому повинна виконуватись умова:

**Для силових 1:**

$$t_{\min\_v} \geq \begin{cases} t1V_P & \text{у вузькому місці} \\ t2_P \\ t3_P \end{cases} \quad t_{\min\_w} \geq \begin{cases} t1III_P & \text{у широкому місці} \\ t2_P \\ t3_P \end{cases}$$

$$t_{\min\_vP} := \max(t1V_P, t2_P, t3_P) = 0.506\text{-mm} \quad t_{\min\_wP} := \max(t1III_P, t2_P, t3_P) = 0.506\text{-mm}$$

Рекомендована ширина для силового провідника  $t_{\min\_wP} = 0.506\text{-mm}$

Якщо не можливо провести провідник шириною  $t_{\min\_wP} = 0.506\text{-mm}$

то можна використувати ширину провідників  $t_{\min\_vP} = 0.506\text{-mm}$