


НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

До захисту допущено:

В.о. зав.кафедрою

 Євгеній НЕЛІН
«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології
мікросистемної радіoeлектронної техніки»
за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»
на тему: Термостат для котла з Wi-Fi модулем

Виконав :
студент IV курсу, групи РІ-п81

Саяпін Андрій Сергійович
Прізвище, ім'я, по батькові



Керівник: ст.викладач Головня Вікторія Мілентіївна
Посада, науковий ступінь, вчене звання,
Прізвище, ім'я, по батькові



Рецензент: ст.викладач Бондаренко Геннадій Іванович
Посада, науковий ступінь, вчене звання,
Прізвище, ім'я, по батькові



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

Студент 

Київ – 2021 року

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський) Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Інтелектуальні технології мікросистемної радіoeлектронної техніки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о.зав. кафедрою



Євгеній НЕЛІН

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Саяпіну Андрію Сергійовичу

1. Тема проєкту «Термостат для котла з WI-FI модулем», керівник проєкту Головня Вікторія Мілентіївна, ст. викладач, затверджені наказом по університету від «18» травня 2021 р.

№1205-с

2. Термін подання студентом проєкту 09 червня 2021 року

3. Вихідні дані до проєкту напруга живлення 5 В, бездротове WI-FI з'єднання, габарити не більше (120x75x50)мм², матеріал корпусу пластик.

4. Зміст пояснювальної записки:

огляд існуючих рішень та аналіз технічного завдання; розробка схем пристрою; розробка друкованого вузла; аналіз працездатності пристрою.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових кресле-

ників, плакатів, презентацій тощо) структурна схема, схема електрична принципова, друкований вузол, друкована плата, складальний кресленик пристрою, презентація.

6. Дата видачі завдання 12 квітня 2021 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Провести огляд існуючих рішень	12.04.2021-18.04.2021	Виконано
2	Провести аналіз технічного завдання	19.04.2021-21.04.2021	Виконано
3	Розробити структурну схему пристрою	22.04.2021-25.04.2021	Виконано
4	Розробити електричну принципову схему пристрою	26.04.2021-03.05.2021	Виконано
5	Провести вибір елементної бази	04.05.2021-09.05.2021	Виконано
6	Розробити друковану плату	10.05.2021-16.05.2021	Виконано
7	Розробити конструкцію пристрою	17.05.2021-28.05.2021	Виконано
8	Перевірити пристрій на працездатність	01.06.2021-06.06.2021	Виконано
9	Представити роботу на попередній захист	07.06.2021	Виконано

Студент



Андрій САЯПІН

Керівник



Вікторія ГОЛОВНЯ

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект складається з пояснювальної записки обсягом 59 сторінок, що містить 33 ілюстрацій, 17 таблиць, 4 креслень, 3 додатків та 27 посилань.

Метою даного дипломного проекту є розробка термостата для котла з WI-FI модулем. Призначений для підтримки комфортної температури і мінімізації витрат на енергію. Термостат керований через інтернет за допомогою додатку встановленого на смартфон. Підключається через WI- FI.

У дипломному проекті було зроблено аналіз аналогів, синтез схеми пристрою, розробка друкованого вузла та розрахунок працездатності.

Ключові слова: WI-FI, термостат, котел, модуль, енергозбереження, комфорт.

ANNOTATION

The diploma project consists of an explanatory note of 59 pages, containing 33 illustrations, 17 tables, 4 drawings, 3 appendices and 27 references.

The purpose of this diploma project is to develop a thermostat for a boiler with a WI-FI module. Designed to maintain a comfortable temperature and minimize energy costs. The thermostat is controlled via the Internet using an application installed on a smartphone. Connects WI -FI.

In the diploma project the analysis of analogues, synthesis of the device scheme, development of the printed assembly and calculation of working capacity was made.

Keywords: WI-FI, thermostat, boiler, module, energy saving, comfort.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

на тему: Термостат для котла з Wi-Fi модулем

Київ — 2021 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	3
Вступ.....	4
1 Аналіз ринку	5
1.1 Огляд аналогів ринку.....	5
1.1.1 Термостат Ecoset 604	6
1.1.2 Термостат Tervix.....	7
1.1.3 Термостат POER.....	7
1.1.4 Терморегулятор Computherm B400RF.....	7
1.1.5 Термостат Computherm Q7.....	9
1.1.6 Термостат Terneo SX	10
1.1.7 Порівняння характеристик.....	11
1.2 Аналіз технічного завдання.....	12
2 Синтез схеми пристрою.....	15
2.1 Розробка структурної схеми.....	16
2.2 Синтез схеми електричної принципової.....	16
2.3 Вибір елементної бази.....	17
2.3.1 Вибір пасивних компонентів.....	18
2.3.2 Вибір активних компонентів.....	21
2.3.3 Вибір інших компонентів.....	28
3 Розробка друкованого вузла конструкції пристрою.....	31
3.1 Розробка структурної схеми.....	31
3.1.1 Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати.....	31

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив		Саяпін А.С.			Термостат для котла з Wi-Fi модулем		
Керівн.		Головня В.М.					
Н. Контр.							
Зав.каф.							
					Літ.	Лист.	Аркцифів
						1	70
					КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КіВРА, Гр. РІ-н81		

3.1.2 Обґрунтування вибору матеріалу плати.....	31
3.1.3 Обґрунтування вибору припою	32
3.1.4 Вибір класу точності плати.....	32
3.2 Розрахунок елементів друкованого монтажу.....	32
3.3 Проектування друкованої плати в середовищі KiCad.....	34
3.3.1 Розрахунок габаритів друкованої плати.....	35
3.3.2 Розрахунок параметрів друкованих провідників.....	36
3.3.3 Трасування провідників	36
3.4 Конструкція пристрою	37
4 Розрахунок, що підтверджує працездатність.....	40
4.1 Розрахунок теплового режиму.....	40
4.2 Розрахунок показників надійності.....	42
Висновки	45
Перелік джерел посилань	45
Додаток А.....	47

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист
3

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП — Друкована плата

DSP — Digital signal processing

SMD — Surface mounted device

Wi-Fi — Wireless Fidelity

АЦП — Аналого-цифровий перетворювач

Кон — Контакти

Саяпін А.С. РІ-п81, 2021

					РІ-п81.468212.001 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Однією з актуальних проблем сьогодення є економія використання природних ресурсів та зменшення використання електроенергії для опалення будинків, спрощення управління і підключення котлів до системи «розумний будинок».

Для того щоб в квартирі або будинку підтримувати комфортні умови в холодні пори року, котлам доводиться функціонувати в постійному режимі. Зрозуміло, при такій роботі обладнання досить швидко зношується. Особливо навантаженню піддається циркуляційний насос, який функціонує безперервно протягом всього опалювального сезону. Природно, це помітно підвищує ризик його виходу з ладу та ще не економічно обґрунтовано, бо з кожним роком дорожче ціни на електроенергію.

Для зменшення витрат та включення котла до системи «розумний будинок» використовують термостат. Користувачу необхідно встановити та підключити термостат до котла та до напруги живлення, а за допомогою Wi-Fi можливо автоматизовано керувати системою віддалено від будинку та не хвилюватися, якщо забули відключити.

У даному дипломному проекті увагу зосереджено саме на вище перерахованих плюсах керування термостатом котлів. Отже метою є проектування термостата, що може підключатися до котлів та надсилати сповіщення користувачу на смартфон. Пристрій відокремлюється серед пропозицій ринку новою можливістю, тому що він економічно вигідний.

					РІ-п81.468212.001 ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ РИНКУ

1.1 Огляд аналогів на ринку

У даний час на ринку представлено багато варіантів термостатів с WI-FI модуль. Деякі з них розглянуто нижче:

1.1.1 Термостат Ecoset 604

Один з найпоширеніших термостатів [1] на українському ринку , зображений на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 — Ecoset 604

Принцип роботи приладу: термостат встановлюється в кімнаті, температури повітря якої буде контролюватися та нагріватися від роботи котла (наприклад, в спальні). В термостат вбудовано датчик температури, який вимірює в приміщенні температуру. Термостат з'єднується з котлом за допомогою кабелю. На телефон встановлюється додаток з «Play Маркет» /ISO для смартфона (управління здійснюється безпосередньо одним дотиком з телефону). Можливо встановити в додатку програму на 7 днів тижня, яка має 6 режимів роботи програм на кожний день. В термостаті встановлено програму «економ режим», яка дозволяє відключати котел коли нікого немає в приміщенні. Керування термостатом і забезпечення стабільної температури в

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

6

приміщенні здійснюється з будь-якої країни світу, де є глобальна мережа інтернет.

Переваги:

- управління за допомогою смартфона з будь-якої точки світу, де є інтернет;
- встановлено система захисту від охолодження і перегріву;
- програму на 7 днів тижня яка має 6 режимів роботи програм на кожний день.

1.1.2 Термостат Tervix 114330

Кімнатний термостат [2] від німецького виробника зображений на рис.

1.2.



Рисунок 1.2 — Tervix 114330

Tervix 114330 – програмований WI-FI регулятор температури з живленням від розетки (не потрібен імпульсний перетворювач напруги живлення), для всіх видів котлів.

Переваги:

- має сучасний дизайн, і впишеться в будь-який інтер'єр приміщення;

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

7

- керування за допомогою додатка в смартфоні;
- сучасний LED дисплей.

1.1.3 Термостат POER

Розумний термостат [3], зображений на рис. 1.3.



Рисунок 1.3 — POER

Програмований кімнатний бездротовий термостат для керування опалювальним котлом, додаток для смартфона, планшета або ПК. Розумний термостат POER – простий у використанні, кімнатний бездротовий термостат, який підключиться для будь-якої системи з газовим, електричним або твердопаливним котлом, тепловим насосом, а також для приміщень з централізованим опаленням і теплою підлогою.

Переваги термостата:

- не потрібно ніяких налаштувань для першого включення;
- збереження в пам'яті термостата програм для користувача, налаштувань і часу навіть при перерві електропостачання.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист
8

1.1.4 Терморегулятор Computherm B400RF.

Бездротовий терморегулятор [4] для електричного котла, зображений на рис. 1.4.



Рисунок 1.4 — Computherm B400RF

Computherm B400RF дозволяє підключитись до будь-якої кліматичної системи незалежно від бренду або модельного ряду. Пристрій використовує технологію, яка підключає до бездротової глобальної мережі без особливих налаштувань.

Терморегулятор Computherm B400RF є програмованим WI-FI термостатом з датчиком температури. Датчиком температури підключають по радіоканалу до термостатом, тому введення в експлуатацію не складне. Завдяки бездротовому датчику температури прилад підходить для керування системами опалення та охолодження.

Основні риси wi-fi терморегулятора Computherm B400RF:

- можливість за допомогою пристрою ПК смартфона, планшета або через глобальну мережу, керувати роботою опалювальними приладами.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

9

- бездротовий терморегулятор COMPUTHERM B400RF може бути використаний для управління будь-яким кліматичною системою , яка дозволяє управляти вхідним ланцюга живлення за принципом нормально відкритого / нормально замкнутого електричного кола за допомогою вбудованих реле керування.

1.1.5 Термостат Computherm Q7

Найдешевший термостат [5] європейського виробника, зображений на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 — Computherm Q7

Термостат має такі характеристики:

- Діапазон вимірюваної температури: 0-35 °C;
- Точність вимірюваної температури: ± 5 °C;
- Робоча напруга до
- Споживання потужності: 1,35мВт;
- Тип з'єднання: дротове;
- Вагу: 154г.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист
10

Термостат обладнаний функцією програмування на кожний день тижня і задавати власну температуру.

Можливість задавати 6 режимів роботи програм на кожний день.. Існує 4 різних можливості програмування зміни відповідного температурного режиму з впливом часу: наступний період перемикання програми, тривалість 1-9 години, тривалість 1-99 днів з можливістю подальшого ручного втручання. Крім того, в термостаті є функція налаштування порогів чутливості, та редагування і калібрування термометра вбудованого в прилад.

Однією із переваг цього термостату є функцію захисту суміжних приладів від перегрівання та швидке перемикання режимів охолодження та нагрівання, а також здійснювати блокування кнопок управління. Може легко підключатися до будь-якого кліматичному пристрою, що має вхід для кабелю термостата, незалежно від напруги живлення 24 В, або 220 В.

1.1.6 Термостат Terneo SX

Термостат [6] з сенсорними кнопками, зображений на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 — Terneo SX

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист
11

Терморегулятор призначений для управління теплою підлогою та побудови «розумного будинку».

Дана модель може використовуватися для управління електричних конвекторів, системами обігріву, ІЧ-панелей та інших електронагрівачів з вбудованим в корпус датчиком температури.

Терморегулятором Terneo SX можливо керуватись віддалено з будь-якого пристрою ПК, смартфона та планшета, с доступом до глобальної мережі .

Переваги термостата:

- застосування в конструкцію кнопок зі сенсорних чутливим елементом , збільшує довговічність використання, ніж звичайні, та збільшує термін експлуатації виробу;
- функція захисту від дітей.

1.1.7 Порівняння характеристик

Загальні характеристики описаних вище аналогів наведені в табл. 1.1 для порівняння.

Таблиця 1.1 — Порівняльна таблиця характеристик аналогів

Характеристика	Ecoset 604	Tervix 114330	POER	Computherm B400RF	Computherm Q7	Terneo SX
1	2	3	4	5	6	7
Матеріал корпусу	Пластик	ABS пластик	Пластик	Пластик	Пластик	Пластик
Розмір, Мм х мм х мм	26 x 112 x 29	86 x 80 x 40	87 x 117 x 26	90 x 53 x 56	130 x 80 x 35	75 x 75 x 35
Напруга Живлення,В	95-240	95-240	95-240	110-230	95-240	230

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

12

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
Колір	Чорний	Чорний	Білий	Білий	Білий	Білий
Країна виробник	Китай	Німеччина	Китай	Угорщина	Угорщина	Україна
Ціна, грн	1110-1256	1600-1800	1500-2744	2800-3964	560-780	1370-1669
Термін роботи, роки	2	2	5	5	2	3

Серед розглянутих прикладів найпоширеніше використання пластику, як матеріал корпусу. Це можна пояснити тим, що пластик не піддається корозії, виріб з пластику має невелику вагу та невисоку ціну виготовлення корпусу. Більшість термостатів мають білий колір корпусу, та два з наведених прикладів надають можливість іншого забарвлення. Усі виробники гарантують як мінімум 2 роки роботи пристрою без заміни цих елементів.

1.2 Аналіз технічного завдання

У даному дипломному проекті розроблюється WI-FI термостат для котлів. Програмований WI-FI термостат для котла з тижневим циклом програмування призначений для управління електронагрівальними системами, такими як електрообігрівачі, системи нагріву води. Пристрій повинен мати постійну напругу живлення до 5 В, бездротовий тип з'єднання. Також термостат має канал зв'язку WI-FI і радіус з'єднання до 75 м.

У технічному завданні задане кліматичне виконання УХЛ 4, котре відповідає експлуатації в приміщеннях з штучно регульованими кліматичними умовами. Захист від механічних пошкоджень М13, котрий відповідає капітальним, житловим та іншим приміщенням. Необхідно забезпечити безвідмовну роботу термостата не менше ніж 20000 годин.

Дана вимога буде впливати на підбір елементної бази пристрою. Вимога до конструкції датчику повинна бути: малогабаритною;

Призначена для кріплення до стін, та зрозумілою для людини яка буде керувати цим приладом.

					РІ-п81.468212.001 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Корпус буде виготовлен з матеріалу пластику біло-сірого кольору.

Граничні значення умов експлуатації:

- температура навколишнього середовища від 0 °С до +40 °С;
- відносна вологість від 0 % до 95 %.

Дані умови також впливають на вибір елементної бази пристрою.

Матеріали та компонентна база термостата має відповідати вимогам до застосування в РЕА та серійно вироблятися промисловістю.

На передній частині корпусу необхідно забезпечити індикації інформації користувачу пристрою. У даному розділі розглянуто аналоги пристрою існуючі на ринку та проведені їх порівняння. Також проаналізоване технічне завдання.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

14

2 СИНТЕЗ СХЕМИ ПРИСТРОЮ

2.1 Розробка структурної схеми

Структурна схема пристрою зображена на рис.2.1

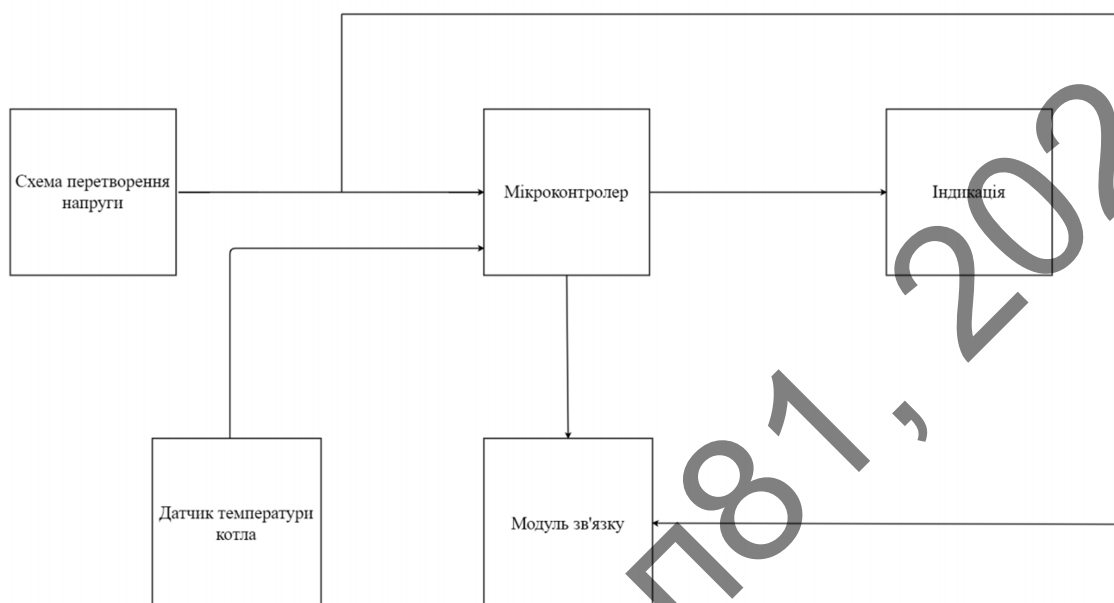


Рисунок 2.1 — Структурна схема

Блок живлення цього пристрою представлено у вигляді перетворювача напруги 12 В в 5В. Він живить усю іншу електроніку на платі.

Чутливим елементом цієї схеми є датчик температури який встановлюється в котлі для визначення температури нагрівання. Інформація надходить до мікроконтролера.

Мікроконтролер слугує для обробки даних з датчика температури та, при відповідних умовах, надсилання сповіщення про спрацювання пристрою. Це відбувається за допомогою модуля зв'язку, котрий буде використовувати мережу WI-FI.

Індикатор слугує для виводу інформації про стан котла для додаткового контролю, а також якщо немає зв'язку з мережею WI-FI або зламалася плата WI-FI.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

15

2.2 Синтез схеми електричної принципової

Синтезована електрична принципова схема пристрою зображена на рис.

2.2.

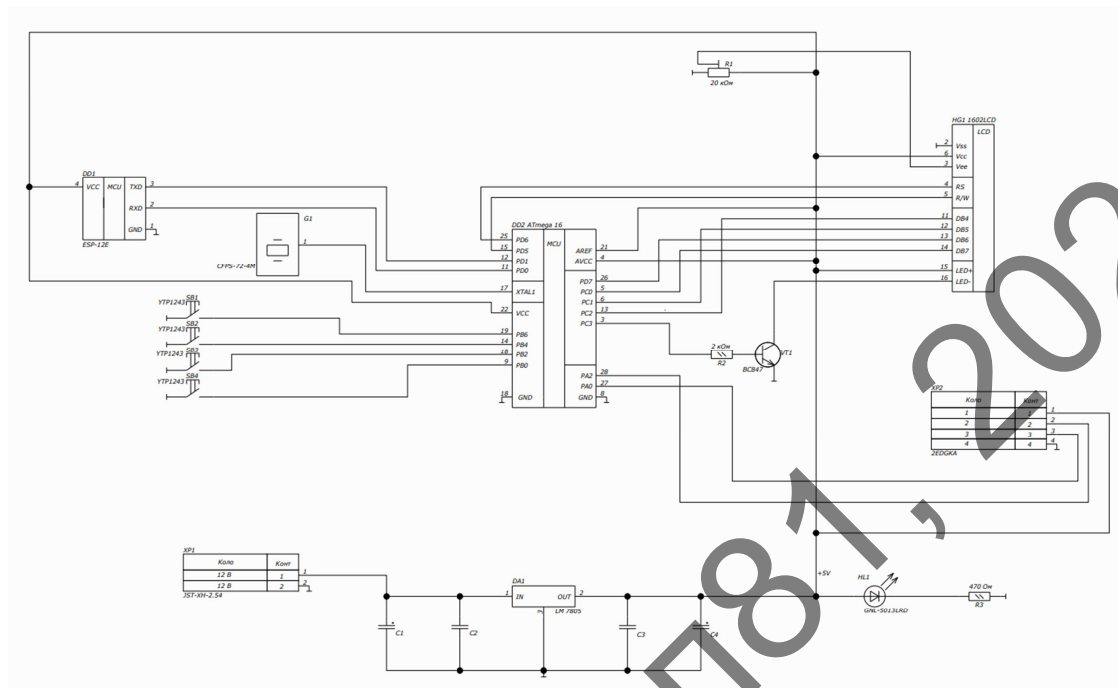


Рисунок 2.2 — Схема електрична принципова

Перетворювач напруги представлено у вигляді стабілізатора напруги LM 7805 та чотирьох конденсаторів, одного резистора та світлодіода, який відповідає за індикацію живлення.

На роз'єм XP1 надходить живлення 12В, конденсатори C1, C2, C3, C4 допомагають зменшити пульсацію на вході та на виході. Перевага стабілізатора напруги LM 7805 дешевизна та можливість стабілізувати напругу від 7,5 В до 20 В при цьому на виході завжди будуть 5 В.

Недоліком цієї радіодеталі що потрібно встановити радіатор.

З роз'єм XP2 приходить інформація від датчику температуру з котла а також здійснюються керування котлом. Мікроконтролер цієї схеми виступає ATmega16 DD2 обробляє інформацію з датчика температури виводить на індикатор HG1 1602 LCD а також на плату ESP-12E. Кнопками SB1-SB4 використовують для керування режимами котла. Для керування контрастності індикатора використовують вивідний резистор R1.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

16

Підсвічування індикатора HG1 працює за допомогою транзисторного ключа (включити /вимкнути підсвічування індикатора). Транзисторний ключ представимо як підлаштований резистор, тобто якщо на кон. РС3 не давати напругу, то напруга бази - емітер ($U_{бе}$) дорівнює нулю. Отже, немає і струму бази. Транзистор закритий, колекторний струм малий, яким можна знехтувати, як раз той самий початковий струм. Такий стан називається закритий (запірний). Якщо подати напругу на базу $U=0.7В$, то транзистор відкриється і на індикатор HG1 кон. LED+ вмикається підсвічування індикатора. В приладі необхідні мікроконтролер та модуль зв'язку реалізовані модулем DD1 з мікросмужковою антеною на базу модуля.

2.3 Вибір елементної бази

Підбір елементної бази залежить від декількох чинників, а саме:

- Елементна база має відповідати заданим електричним параметрам;
- Елементна база має працювати належним чином в заданих кліматичних умовах;
- Елементна база буде впливати на надійність та час безвідмовної роботи приладу;
- Від елементної бази залежить технологічність виготовлення пристрою;
- Елементна база визначає габарити пристрою.

Для вибору електрокомпонентів використовувався електронний каталог РКС Компоненти [7]. Тож додатковими критеріями були вартість та доступність компонентів на українському ринку.

2.3.1 Вибір пасивних компонентів

У якості елемента R3 використовуємо малопотужний SMD резистор.

Таблиця 2.1 — Характеристика виробників SMD резистора

Виробник	Номинал, Ом	Точність, %	Типорозмір
Hitano	470	± 5	1206
Yageo	470	± 5	1206

Для підвищення технологічності виробу обрані резистори виробника Hitano, оскільки це єдиний виробник котрий має резистори усіх необхідних номіналів. Елементи в корпусах типорозміру 1206.

Обрані компоненти мають наступні характеристики:

- Номінальна потужність 0,25 Вт;
- Діапазон номінальних опорів 470 Ом;
- Точність $\pm 5 \%$

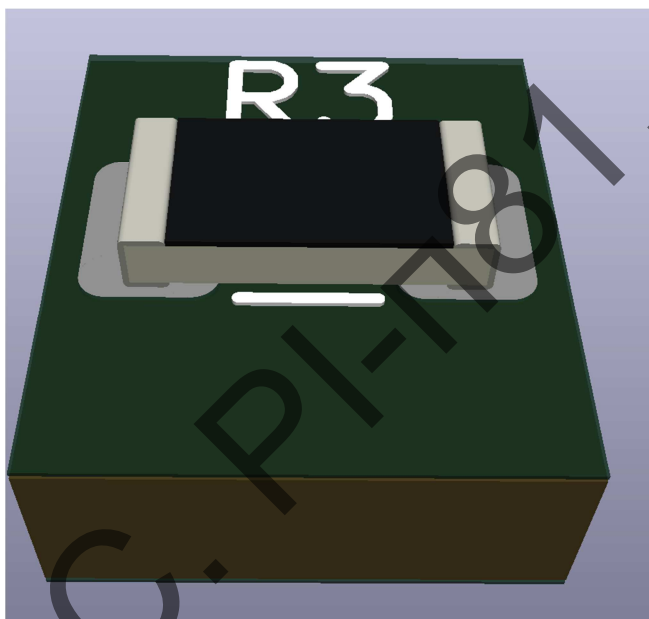


Рисунок 2.3 — 3D модель SMD резистора в середовищі KiCad

Резистор R1 підстроюваний з номінальним опором 20 кОм. Обраний відповідний резистор фірми Bourns. Номінальна потужність рівна 0,25 Вт. Точність $\pm 20 \%$

Таблиця 2.2 — Характеристика виробників резистора R1

Виробник	Номінал, кОм	Габарити, мм	Потужність, Вт
Murata	20	6,4x6,7x4,0	0,25
VTRons	20	6,8x7,3x4,6	0,25
Bourns	20	6,8x7,3x4,6	0,25

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

18

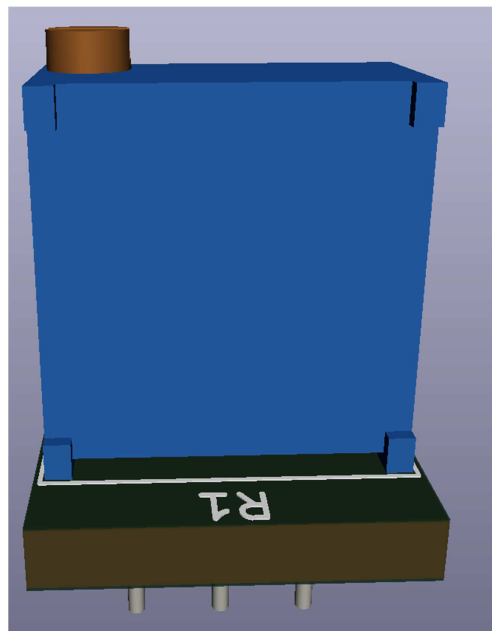


Рисунок 2.4 — 3D модель підстроюваний резистора в середовищі KiCad

Резистор R2 вуглецевий з номінальним опором 2 кОм. Обраний вивідний резистор Hitano. Номінальна потужність рівна 1Вт. Точність $\pm 5\%$.

Таблиця 2.3 — Характеристика виробників резистора R2

Виробник	Номінал, кОм	Точність, %	Габарити, мм
Hitano	2	± 5	9x3x0,64
Cinetech	2	± 5	9x3,5x0,55

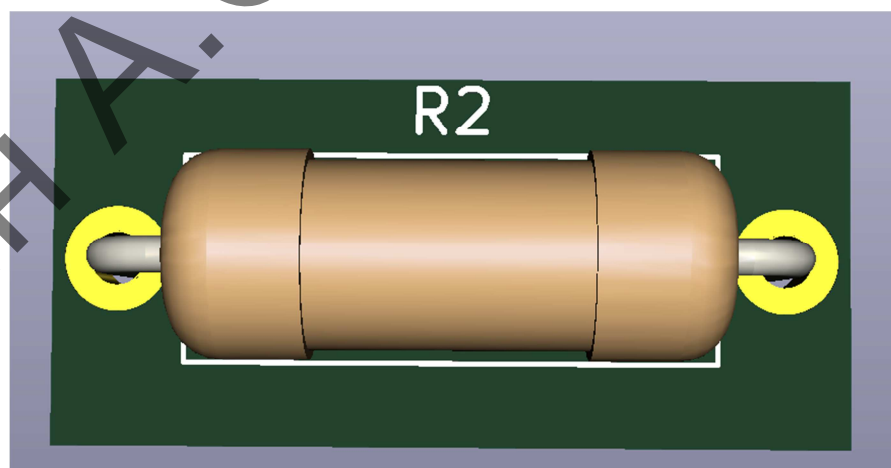


Рисунок 2.5 — 3D модель резистора вуглецевого в середовищі KiCad

Конденсатори C1, C4 має номінальну ємність 100 мкФ. Обраний елемент фірми Hitano через меншу вартість. Виконаний у в алюмінієвому цилін-

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

19

дричному корпусі, з односпрямованим дротяними гнучкими виводами радіального типу (radial lead). $\pm 20 \%$.

Таблиця 2.4 — Характеристика виробників конденсаторів C1,C4

Виробник	Ємність, мкФ	Напруга,В	Температурний діапазон,°С
Hitano	100	25	-40...+105
Samwha	100	10	-55...+105
Yageo	100	16	-40...+85

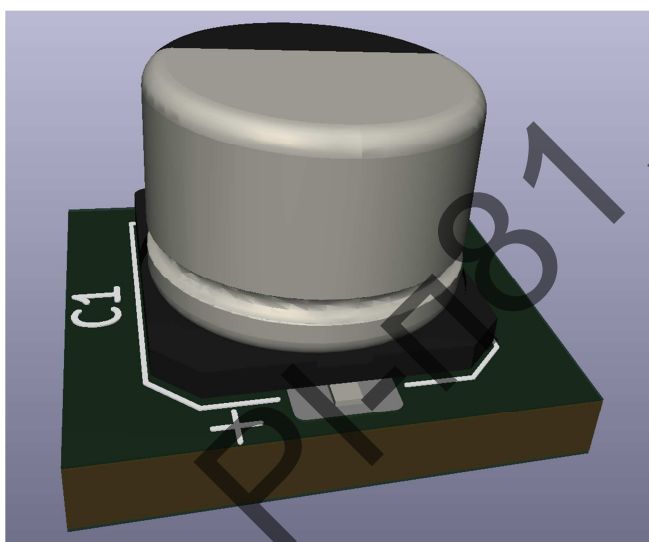


Рисунок 2.6 — 3D модель конденсаторів C1,C4 в середовищі KiCad

Конденсатори C2, C3 має номінальну ємність 0,1 мкФ. Обраний елемент фірми :AVX через меншу вартість. Багатошаровий керамічні конденсатори, $\pm 20 \%$

Таблиця 2.5 — Характеристика виробників конденсаторів C2,C3

Виробник	Ємність, мкФ	Напруга,В	Точність, %
Hitano	0,1	100	± 10
AVX	0,1	100	± 20
Suntan	0,1	100	± 10

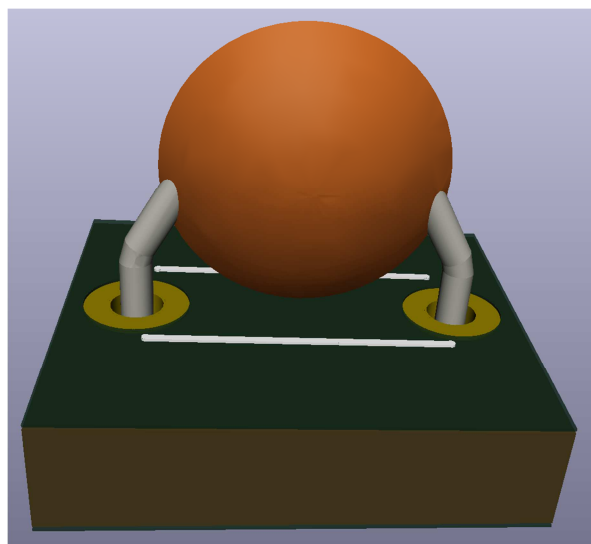
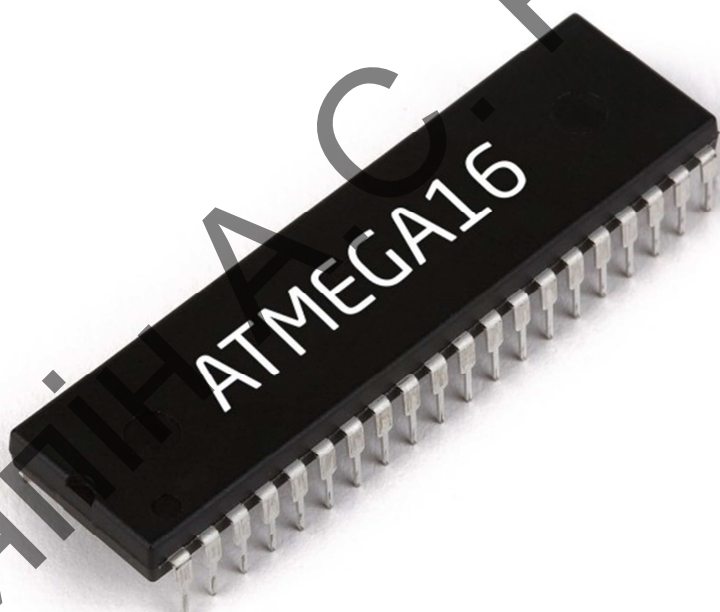


Рисунок 2.7 — 3D модель багатошарового керамічного конденсатора в середовищі KiCad

2.3.2 Вибір активних компонентів

Мікроконтролер ATMEGA16-16PU

Мікросхема ATMEGA16-16PU [8] є 8-розрядний AVR-мікроконтролер з внутрішньо системних програмованої флеш-пам'яттю ємністю 16 кбайт.



ATmega16 PDIP

(XCK/T0) PB0	1	40	PA0 (ADC0)
(T1) PB1	2	39	PA1 (ADC1)
(INT2/AIN0) PB2	3	38	PA2 (ADC2)
(OC0/AIN1) PB3	4	37	PA3 (ADC3)
(SS) PB4	5	36	PA4 (ADC4)
(MOSI) PB5	6	35	PA5 (ADC5)
(MISO) PB6	7	34	PA6 (ADC6)
(SCK) PB7	8	33	PA7 (ADC7)
RESET	9	32	AREF
VCC	10	31	GND
GND	11	30	AVCC
XTAL2	12	29	PC7 (TOSC2)
XTAL1	13	28	PC6 (TOSC1)
(RXD) PD0	14	27	PC5 (TDI)
(TXD) PD1	15	26	PC4 (TDO)
(INT0) PD2	16	25	PC3 (TMS)
(INT1) PD3	17	24	PC2 (TCK)
(OC1B) PD4	18	23	PC1 (SDA)
(OC1A) PD5	19	22	PC0 (SCL)
(ICP) PD6	20	21	PD7 (OC2)

Рисунок 2.7 — Зовнішній вигляд та розпіновка ATMEGA16-16PU

Продуктивність до 16 млн. Операцій в секунду при тактовій частоті 16 МГц.

Напруга живлення: 4,5-5,5 В.

Максимальна тактова частота: 16 МГц.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Корпус: PDIP-40.

Діапазон робочих температур: від -40 до +85 ° С.

Виробник: Atmel

Стабілізатора напруги LM 7805

Класичний параметричний стабілізатор напруги LM7805 [9] 5В в корпусі TO-220., Дешевий стабілізатор, для яких важлива не тільки стабільність напруги, але і мінімальний рівень шумів напруги живлення, але недоліком необхідність встановлення радіатора .

Для стабільної роботи стабілізатора необхідно встановити на вході і виході по керамічному та електролітичному конденсатору ємністю 0,1мкФ і 100,0мкФ.

Таблиця 2.6 — Характеристика виробників стабілізатора напруги

Виробник	U _{in} , В	U _{out} ,В	Температурний діапазон, °С
Fairchild	25	5	-40...125
ST	30	5	-55...159

Характеристики:

- Вхідна напруга: от 7В до 25В
- Вихідна напруга: 5В
- Максимальний вихідний струм: 1,5А
- Корпус: TO-220

Виробник Fairchild

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

22

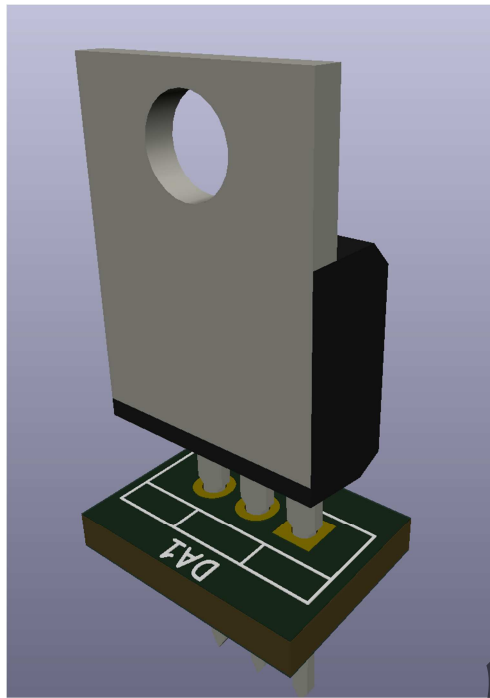


Рисунок 2.8 — 3D модель стабілізатора напруги LM 7805
в середовищі KiCad

Дисплей символний рідкокристалічний LCD1602 [10].

Параметри:

- підсвічування: зелене
- символи: російські, англійські
- напруга живлення: 5В
- РКІ модуль: 2 рядки по 16 символів, англійські і кириличні
- підключення: стандартне 16 піновий
- розмір видимої області: 64.5 x 14.5 мм
- розмір модуля: 80 x 36 x 15 мм

Виробник : SHENZHEN EONE ELECTRONICS

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

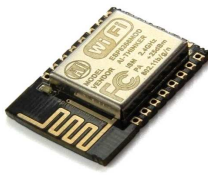



Лист
23



Рисунок 2.9 — Дисплей символьний рідкокристалічний LCD1602

Головним елементом пристрою є WI-FI модуль позначений як DD1. Для порівняння пропозицій на ринку використовувався каталог сайту «мікроАмпер» [11]. Зважаючи на популярність, доступність, ціну та об'єм вбудованої пам'яті модуля було надано перевагу модулю ESP-12E[12], що виконаний на базі процесору з ядром ESP8266 та має мікросмужкову антену на платі.

Таблиця 2.7 — Характеристика виробників WI-FI модуля

Деталі товару				
Товар	Wi-Fi модуль ESP8266MO D версія ESP- 12E	WiFi модуль RTL8710 RTL-00	PADI IoT Stamp	Wi-Fi модуль NodeMCU V3 ESP8266 (CH340)
Зображен- ня				
Ціна	82 грн.	112 грн.	92 грн.	122 грн.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист
24

Широко поширений відносно дешевий модуль, що використовується для зв'язку пристрою з смартфоном користувача. Основні характеристики:

- Модуль підтримує стандарт IEEE802.11 b/g/n;
- Вбудований стек TCP/IP протоколів;
- Вбудований 32-розрядний МК з низьким енергоспоживанням, 16-розрядна RISC архітектура;
- Вбудований 10-розрядний АЦП;
- Вбудований РЧ комутатор, РЧ трансформатор опорів, LNA, підсилювач потужності;
- Вбудовані блоки ФАПЧ і керування потужністю;
- Wi-Fi 2,4 ГГц, підтримка WPA/WPA2;
- SDIO 2.0, (H) SPI, UART, I2C, I2S, IRDA, PWM, GPIO;
- STBC, 1x1 MIMO, 2x1 MIMO;
- Споживання в режимі глибокого сну < 10 мкА, струм витікання у вимкненому режимі < 5 мкА;
- Вихідна потужність + 20 дБм в режимі 802.11b. В однокристальній системі ESP8266EX відсутня програмована пам'ять ROM, тож програмне забезпечення має зберігатись у зовнішній SPI флеш – пам'яті. В модуль вбудований даний тип пам'яті розміром 4 Мбайти. Теоретично можлива установка додаткової пам'яті для збільшення загального об'єму до 16 Мбайт. Габаритні розміри модуля 16 x 24 x 3 мм.[14]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист
25

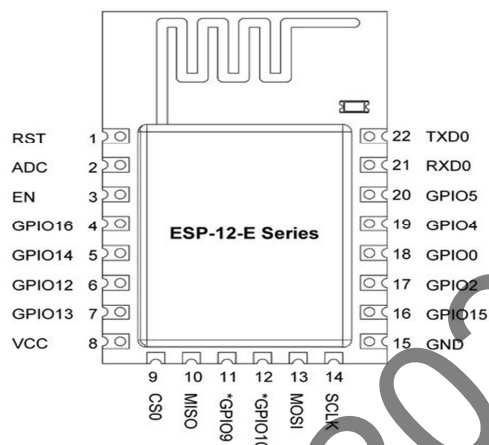
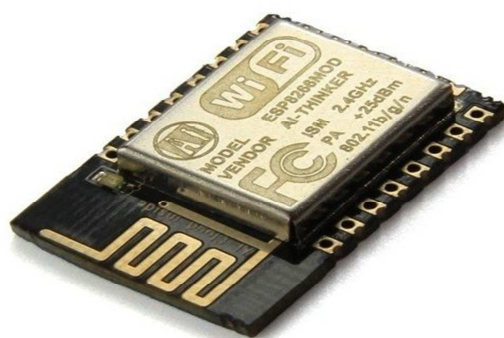


Рисунок 2.10 — Зовнішній вигляд та розпіновка модуля ESP-12E

Транзистор BC847 [13] використовуються для цієї схеми як транзисторний ключ.



Pin	Symbol	Description	Simplified outline	Graphic symbol
SOT23; SOT323				
1	B	base		
2	E	emitter		
3	C	collector		

Рисунок 2.11 — Зовнішній вигляд та розпіновка транзистора BC847

Таблиця 2.8 — Характеристика виробників транзистора

Виробник	Частота передачі струму, МГц	h21	Монтаж
Nexperia	150	220	SMD
Yangjie	100	290	SMD

Параметри:

- Структура - n-p-n
- Напруга колектор-емітер, не більше: 45 В
- Напруга колектор-база, не більше: 50 В
- Напруга емітер-база, не більше: 6 В
- Струм колектора, не більше: 0.1 А
- Потужність, що розсіюється колектора, не більше: 0.25 Вт
- Коефіцієнт посилення транзистора по току (hfe): від 420 до 800
- Гранична частота коефіцієнта передачі струму: 150 МГц
- Корпус: SOT-23

Виробник :Nexperia

Таблиця 2.9 — Характеристика виробників кнопок

Деталі товару				
Товар	Кнопка SWT-34/4	Кнопка SWT-2/4,3	Кнопка SWT-2/4,3 SMD	Кнопка ADTSM61RVT
Виробник	Chung Song Electronics	KSL	Ninigi	Diptronics
Висота кнопки, мм	4,3	5	4,3	4,3

У якості кнопки кнопок SB1-SB4 обраний виробника Chung Song Electronics [15] оскільки його легко знайти на ринку.

Параметри:

Габаритні розміри 6х6 мм.

Корпус: SMD

Висота кнопки 4.3 мм

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

27

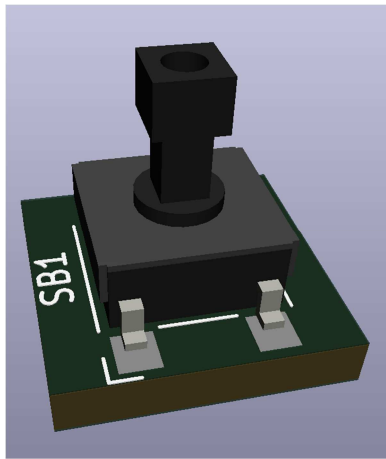


Рисунок 2.12 — 3D модель кнопки SWT-34/4
в середовищі KiCad

2.3.3 Вибір інших компонентів

У якості блимаючого світлодіода HL1 обраний виробника G-NOR, оскільки його легко знайти на ринку.

Світлодіод червоного кольору з довжиною хвилі 660 нм, кутом огляду 60°. Корпус круглої форми діаметром 5 мм.

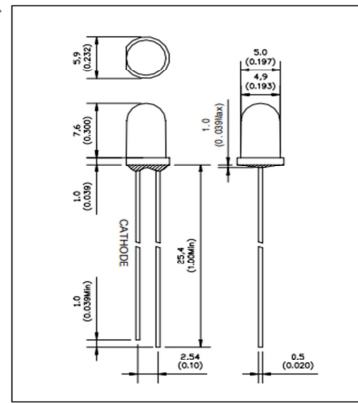


Рисунок 2.13 — Зовнішній вигляд світлодіоду GNL-5013LRD

У якості Гнізда та коннектори типу JST-XH-2.54 оснащені замками, які не дозволяють неправильного підключення та забезпечують надійне зчеплення між гніздом та конвектори. Відстань між контактами становить 2,54 мм. Конвектори типу JST-XH-2.54 легко знайти на ринку

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

28

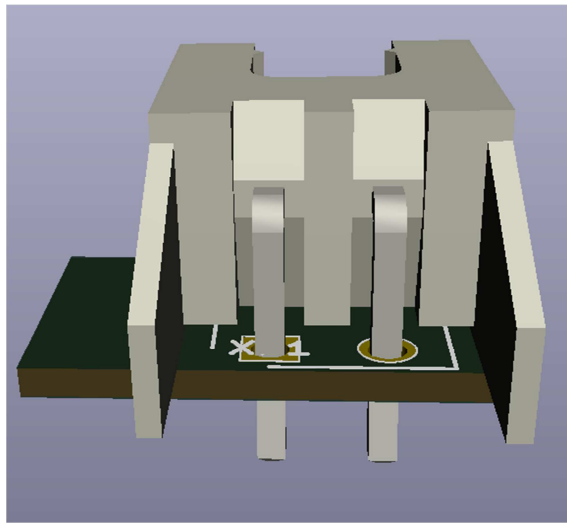


Рисунок 2.14 — 3D модель роз'єма XP1
в середовищі KiCad

Таблиця 2.10 — Характеристика виробників роз'єма XP1

Деталі товару			
Товар	JST-XH-2.54	JST-SM 2.54	JST XH 2,5-2
Довжина кабелю,мм	150	150	100
Витримує напругу,В	500	400	450

Параметри:

- Крок: 2,54 мм
- Номінальний струм: 1А
- Номінальна напруга: 125В
- Опір ізолятора : 100 Мом
- Витримують напругу: 500 В змінного струму в хвилину
- Виробник: WEIDILY
- 2-пиновий роз'єм в корпус PA66.UL94V-04

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

29

З'єднувача забезпечує підключення пристрою до напруги живлення. В нього ізоляційні властивості, ніколи не турбувався про поразку електричним струмом, безпечно і надійно.

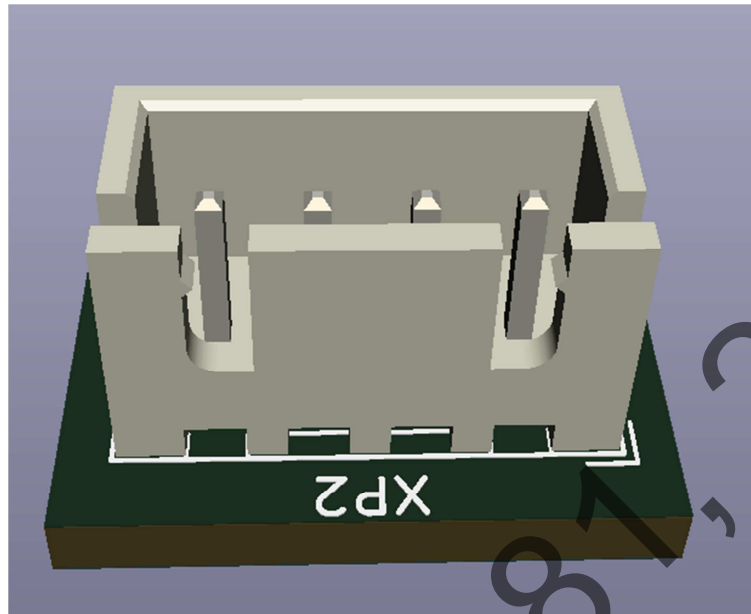


Рисунок 2.14 — 3D модель роз'єма XP2
в середовищі KiCad

- Штирі з'єднувача покриті сплавом зі латуні та олова.
- Компактний монтаж, під час якого з'єднувач знаходиться навколо корпусу.
- Компактна конструкція з високою щільністю контактів.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист
30

3 РОЗРОБКА ДРУКОВАНОГО ВУЗЛА ТА КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

3.1 Аналіз з точки зору технолога

Більшість компонентів виконані у корпусах поверхневого монтажу, також є вивідні компоненти. Отже доцільно виготовляти двосторонню друковану плату. На верхній частині плати будуть знаходитись індикатор, 4 кнопки управління та світлодіод.. Усі інші елементи будуть розміщені на нижній стороні плати та не доступні звичайному користувачу.

3.1.1 Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати

Оскільки схема має велику кількість елементів поверхневого монтажу та елементи вивідні, котрі будуть розміщені на двосторонній платі, доцільно виготовляти друковану плату комбінованим позитивним методом. Даний метод розповсюджений для виготовлення двосторонніх плат. Комбінований метод об'єднує в собі основні переваги субтрактивного та адитивного методів. При виготовленні плати використовується фольгова на основа, формування провідного малюнка відбувається шляхом гальванічного осадження міді з застосуванням фотошаблонів. Перевагами обраного методу є висока роздільна здатність, надійність ізоляції, хороша адгезія елементів з діелектричною основою. Основний недолік це явище бічного підтравлення, котре обмежує роздільну здатність. [14]

3.1.2 Обґрунтування вибору матеріалу плати

Найпоширеним варіантом для виробництва двосторонніх плат є композитний матеріал на основі скловолокна FR-4. Цей фольговане склотекстоліт термостійкий, має високу механічну міцність, високий поверхневий опір та низькі втрати. Обрано склотекстоліт з товщиною фольги 35 мкм та товщиною діелектрика 1,5 мм.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

31

3.1.3 Обґрунтування вибору припою

Враховуючи значення доступності, міцності та ціни було обрано без свинцевий припій SAC 305. Даний припій забезпечує міцні паяльні з'єднання та підвищену втомну міцність, сумісний з будь-якими флюсами.

3.1.4 Вибір класу точності плати

Плати першого та другого класів точності найбільш прості у виконанні, але не підходять через щільність монтажу елементів. Для даного пристрою доцільно обрати третій клас точності через наявність елементів вивідних та поверхневого монтажу

3.2 Розрахунок елементів друкованого монтажу

Необхідно провести розрахунки розмірів монтажних отворів та розмірів контактних майданчиків для вибраної компонентної бази, що буде розміщуватись на друкованій платі. Розрахунок розмірів контактних майданчиків для елементів поверхневого монтажу здійснюється за формулою:

$$BL = (b + 0,3)(l + 0,3), \quad (3.1)$$

де $B \times L$ — розміри контактних майданчиків;

$b \times l$ — розміри виводів.

Отримані значення занесено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 — Розміри контактних майданчиків для SMD елементів

Назва елемента	$B \times L$	$b \times l$
R3	1,6 × 3,1	1,9 × 3,4
DD1	16 × 24	16,3 × 24,3
DD2	10 × 10	10,3 × 10,3
VT1	2,9 × 1,3	3,2 × 1,6
G1	7 × 5	7,3 × 5,3
SB1-SB4	6 × 6	6,3 × 6,3

Розрахунок діаметрів отворів для вивідних елементів проводиться за формулою:

$$d_0 = d_b + 0,2, \quad (3.2)$$

де d_0 — розміри отворів для вивідних елементів; d_b — розміри виводів.

Розміри самих контактних майданчиків D_{KM} для вивідних елементів розраховуються за формулою:

$$D_{KM} = d_0 + 0,6. \quad (3.3)$$

За умови $d_0 > 1$ мм розміри контактних майданчиків розраховуємо за іншою формулою:

$$D_{KM} = d_0 + \frac{2}{3} d_0. \quad (3.4)$$

Отримані значення занесено в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 — Розміри контактних майданчиків вивідних елементів

Назва елемента	d_b	d_0	D_{KM}
C4,C1	Datasheet[16]	1	1,6
C2,C3	Datasheet[17]	1	1,6
R1	Datasheet[18]	0,68	1,13
R2	Datasheet[19]	1	1,6
DA1	Datasheet[20]	1,4	1,8
XP1	Datasheet[21]	1	1,6
XP2	Datasheet[22]	1	1,6
HG1	Datasheet[23]	1,2	1,6
HL1	Datasheet[24]	1	1,6

Всі необхідні дані для монтажу елементів отримані. Далі можна переходити до проектування друкованої плати.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

33

3.3 Проектування друкованої плати в середовищі KiCad

Для створення 3D моделі друкованої плати було використане програмне забезпечення KiCad. Також в даному середовищі створені бібліотеки компонентів, розміщуються на платі та проведення трасування провідників.

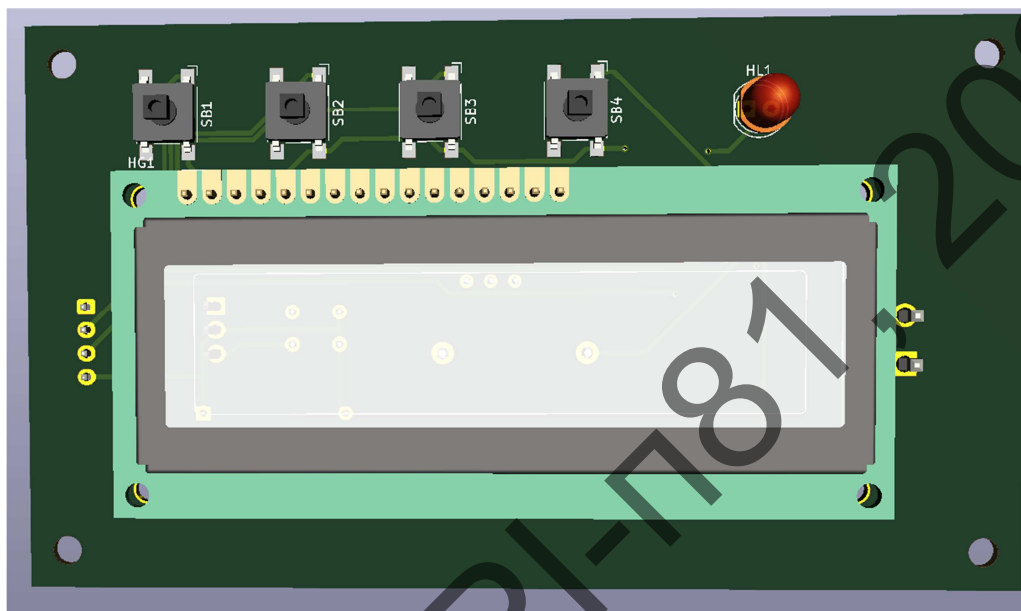


Рисунок 3.1 — 3D модель передньої частини друкованої плати в KiCad

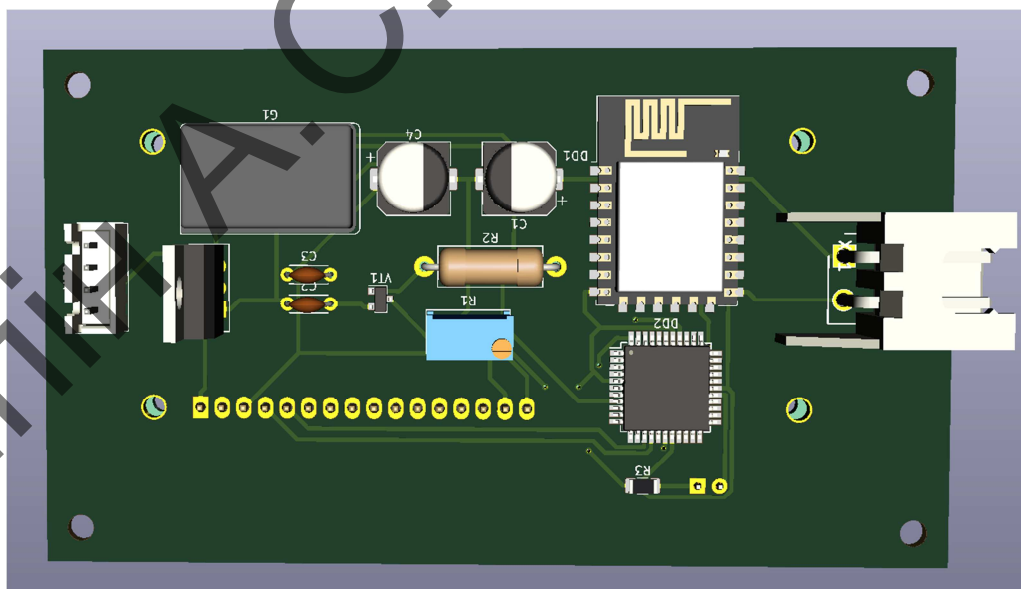


Рисунок 3.2 — 3D модель задньої частини друкованої плати в KiCad

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист
34

3.3.1 Розрахунок габаритів друкованої плати

На площу плати впливає загальна площа елементів, що будуть встановлені на плату. Тобто спочатку треба розрахувати площу вивідних елементів та елементів поверхневого монтажу, а також площу кріплень друкованої плати.

Таблиця 3.3 — Розміри для вивідних елементів

Назва	К-сть,шт	Площа,мм2	Коеф.	Площа загалом,мм2
Резистор R1	1	90	1,00	90
Резистор R2	1	5	1,00	5
Резистор R3	1	5	1,00	5
Конденсатори C4,C1	2	48	1,00	96
Конденсатори C2,C3	2	16	1,00	32
Індикатор HG1	1	2880	1,00	2880
DD1	1	384	2,00	768
DD2	1	100	2,00	100
DA1	1	150	1,00	150
VT1	1	4	1,00	4
G1	1	35	1,00	35
HL1	1	39	1,00	39
XP1	1	120	1,00	120
XP2	1	75	1,00	75
SB1-SB4	4	36	1,00	144
Кріплення гвинтове	8	100	1,00	400
Сума				4943

3.3.2 Розрахунок параметрів друкованих провідників

Для розрахунку ширини друкованих провідників необхідно знати який максимальний струм та напруга проходять через силові та сигнальні ланцюги. Аналізуючи отримане завдання отримуємо, що для сигнальних провідників $I_{\max}=0,3\text{A}$, а для силових $I_{\max}=1\text{ A}$. Проведемо розрахунки ширини друкованих провідників за допомогою калькулятора.

Таблиця 3.4 — Розміри для вивідних елементів

Тип лінії	Напруга, В	Струм, А	Ширина провідника, мм		Зазор, мм
			У вузькому місці	У широкому місці	
Силова	5	1	0,3	0,55	0,25
Сигнальна	5	0,3	0,3	0,55	0,25

3.3.3 Трасування провідників

Усі наведені вище розрахунки проводились для внесення правил у редакторі KiCad для розміщення компонентів на платі та розведення провідників. Заливка землі виконана полігоном з нижньої сторони плати. Результати трасування зображені на рис. 3.3 та рис. 3.4

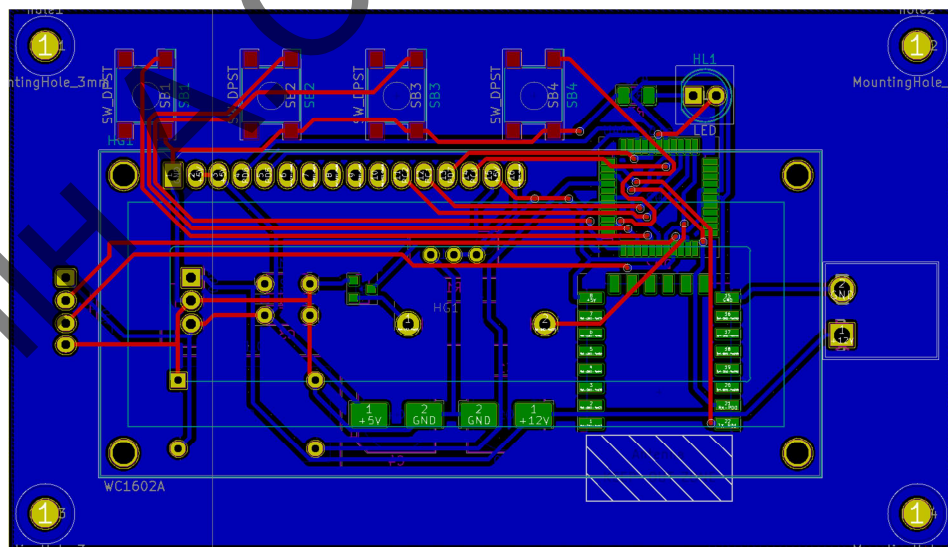


Рисунок 3.3 — Трасування у верхньому шарі

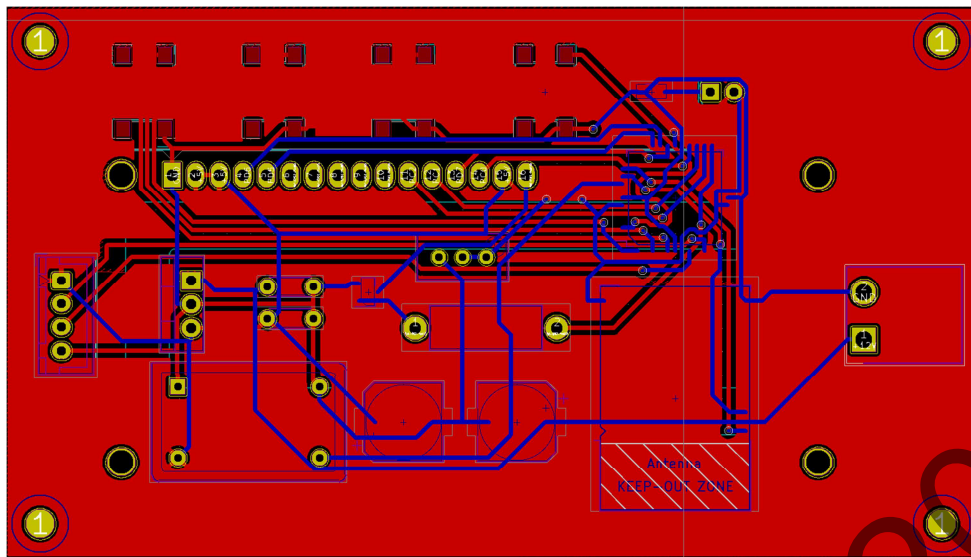


Рисунок 3.4 — Трасування у верхньому шарі

3.4 Конструкція пристрою

Для подальшого проектування пристрою використовується програмне забезпечення SOLIDWORKS. Завдяки ньому можна спроектувати корпус та розмістити у ньому плату. Також дане програмне забезпечення використовується для складання відповідних креслень на графічного матеріалу. В першу чергу необхідно експортувати 3D модель друкованої плати у дане середовище.

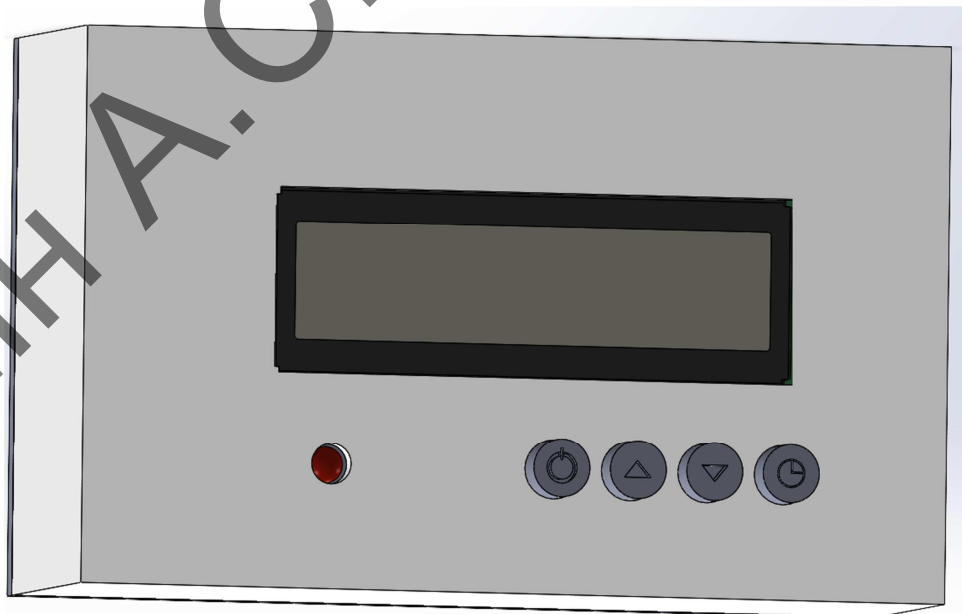


Рисунок 3.5 — 3D модель термостата в SOLIDWORKS.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

37

Згідно з технічним завданням матеріалом корпусу має бути пластик. Вибір матеріалу залежить від його доступності на ринку та можливістю їх використання у радіоелектронних пристроях. Враховуючи умови експлуатації, а саме імовірність високого показника вологості, що неодмінно впливає на корпус було надано перевагу ABS пластику. Це еластичний, термопластичний аморфний потрійний полімер, що має підвищену ударостійкість в порівнянні з полістиролом загального призначення. Також даний матеріал зносостійкий. ABS пластик володіє оптимальною комбінацією еластичності та ударостійкості, що в поєднанні з відмінною розмірною стабільністю робить його одним з найбільш популярних пластиків. Основними недоліками цього пластику є низька стійкість до ультрафіолетового випромінювання та схильність до руйнування нафтовими сполуками. Основні фізико-механічні властивості матеріалу наведені в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 — Основні характеристики ABS пластика [25]

Густина, г/см ³	1,02 – 1,08
Міцність при розтягуванні, МПа	35 – 50
Міцність при згині, МПа	50 – 87
Міцність при стисненні, МПа	46 – 80
Усадка, %	0,4 – 0,7
Вологопоглинання, %	0,2 – 0,4
Ударна в'язкість по Шарлі (з надрізом), кДж/м ²	10 – 30
Жорсткість по Брінеллю, МПа	90 – 150
Температура розм'якшення, °C	90 – 105
Температура самозаймання, °C	395

Такий розкид параметрів зумовлений наявністю різних модифікацій матеріалу, що обираються залежно від умов використання.

У даному розділі був проведений аналіз з точки зору технолога, визначені матеріали для виготовлення плати та корпусу пристрою. Також поведені розрахунки для визначення габаритів друкованої плати та параметрів провідників. Розроблена 3D модель плати та проведене трасування провідників за допомогою програмного забезпечення KiCad. Для проектування конструкції корпусу використане програмне забезпечення SOLIDWORKS. Корпус розроблений враховуючи вимоги технічного завдання.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист
39

4 РОЗРАХУНОК, ЩО ПІДТВЕРДЖУЄ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ

Для перевірки виробу на працездатність проводяться обчислення за допомогою програм автоматизованого розрахунку та електронний посібник розроблений до них [26]. Дані програми розроблені для корпусів та друкованих плат прямокутної форми. 4.1. Вигляд корпусу пристрою прямокутний з габаритами 110 x 65 x 40 мм.

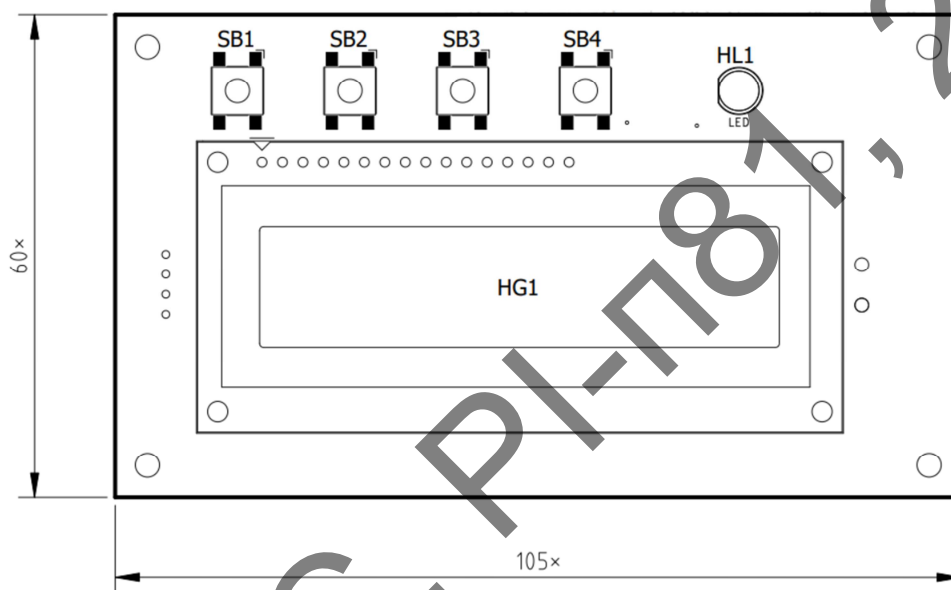


Рисунок 4.1 — Габарити спрощеної друкованої плати для розрахунку

4.1 Розрахунок теплового режиму

Розрахунок розподілення тепла від нагрітих елементів плати у корпусі виробу здійснюється за допомогою програми BlockTermo1. Пристроєм, що постійно знаходиться в активному стані являється мікросхеми DD1, DA1. Максимальна теплова потужність цього буфера згідно його даташиту рівна

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист
40

500 мВт [27] . Для внесення у програму нагрітою зоною рахується уся друкована плата з тепловою потужністю вказаного буфера. Вхідні дані для програми наведені в таблиці 4.1. Розрахунок проводиться у режимі герметичного корпусу без перфорації.

Таблиця 4.1 — Вхідні дані програми BlockTermo1

Розміри корпусу блока:	Ширина В	110
	Глибина L	65
	Висота Н	40
Товщина стінки корпусу	3 мм	
Критерій теплопровідності матеріалу стінки	0,2 Вт/м.К	
Температура оточуючого середовища	20 °С	
Коефіцієнт чорноти поверхонь:	Зовнішнього корпусу	0,4
	Внутрішнього корпусу	0,4
	Нагрітої зони в середині корпусу	0,8
Розміри нагрітої зони:	Ширина gх	70 мм
	Глибина gу	70 мм
	Висота gz	1,5 мм
Координати центра зони відносно центру блока:	dx	0
	dy	0
	dz	4
Теплова потужність зони	0,5 Вт	

За результатами розрахунку при такому режимі роботи середньповерхнева температура нагрітої зони становить 33,7 °С, а температура повітря у корпусі 28,5 °С.

Проте насправді така потужність вибілятися не буде, оскільки робочі струм та напруга менші за максимально допустимі. Тому загальна середня

теплова потужність компонентів схеми не буде перевищувати 100 мВт. Розрахунок при такому значенні теплової потужності показує, що температура нагрітої зони складає 23,1 °С, а повітря у корпусі 23,4 °С.

Саяпін А.С. РІ-п81, 2021

					РІ-п81.468212.001 ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Розрахунок показників надійності

На розрахунок показників надійності елементів в значній мірі впливають температурний режим роботи елементів, котрий був розрахований у попередньому пункті. Для обрахунку використовується програма Relia2015. Вхідні дані наведені у таблиці 4.2. Наближений розрахунок проводиться для найбільш навантажених елементів друкованої плати та для найгірших умов роботи взятих з результатів попереднього обрахунку. Результат розрахунку наведений на рис. 4.2.

Таблиця 4.2 — Вхідні дані програми Relia2015

Розміри плати:					Довжина		110		
					Ширина		65		
					Товщина		40		
Температура оточуючого середовища					28,5 °C				
Теплофізичні характеристики процесу теплообміну			Критерій теплопровідності матеріалу плати					0,3 Вт/м.К	
			Критерій тепловіддачі з бічних поверхонь плати					10 Вт/м.К	
			Критерій тепловіддачі з бічних поверхонь TBE					10 Вт/м.К	
Параметри елементів електронної структури									
N	dx, мм	dy, мм	dz, мм	x _{is} , мм	y _{is} , мм	P, Вт	S, мм2	K _n	Ел.
1	14	10	4,65	19	32	1	150	0,1	DA1
2	16	24	3	73	41	0,5	40	0,05	DD1
3	8,6	3,9	1,6	69	21	0,05	100	0,05	DD2
6	10	10	4,5	51	27	0,25	90	0,02	R1
7	2,1	1,3	0,65	53	35	0,125	5	0,3	R2
8				69	9		5		R3
9	6	8	6	56	45	0.1	48	0,02	C1
10	4,5	5	3,8	31	30	0.1	16		C2
11	4,5	5	3,8	31	34	0,1	16		C3
12	6	8	6	43	45	0.1	48		C4

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

43



Рисунок 4.2 — Результати розрахунку у Relia2015

За результатами розрахунку програмою імовірність безвідмовної роботи на часовому проміжку в 20000 годин складає 0,952, а для кожного елемента 0,99. Це означає, що пристрій проработить вказаний у технічному завданні період часу без відмов.

ВИСНОВКИ

1. У результаті аналізу кон'юнктури ринку були підсумовані усі переваги та недоліки існуючих термостатів для котла з Wi-Fi модулем. Головним фактором конкурентоспроможності визначено мінімальний термін роботи пристрою 2 роки та напруга живлення становить 5 В.

2. На основі аналізу аналогів, розроблено структурну схему пристрою. На основі якої синтезована принципова схема. Напруга живлення становить 5 В. Вибір компонентної бази керувався доступністю елементів на українському ринку, невисокою ціною та малою потужністю, що забезпечить довшу роботу пристрою. Основними елементами стали мікроконтролер ATMEGA16-16PU, дисплей символьний рідкокристалічний LCD1602, та WI-FI модуль, що сполучив у собі функції мікроконтролера та модуля зв'язку.

3. Проведено аналіз з точки зору технолога, обрано матеріал плати на основі скловолокна FR-4, припій SAC 305 ISO 9453:2014, плату виготовлено комбінованим позитивним методом та 3 клас точності плати. Проведено розрахунки для визначення мінімальної площі плати, що рівна 4943мм², а розміри плати 110 x 65 x 40 мм. За допомогою програмного забезпечення KiCad спроектовано друковану плату, виконано компоновку та трасування. У середовищі SolidWorks виконано тривимірне моделювання конструкції приладу.

4. Виконано розрахунки для перевірки та підтвердження працездатності приладу. За результатами розрахунків температура повітря у корпусі не перевищує 23°C за температури оточуючого середовища 29 °C. Імовірність безвідмовної роботи складає 0,95 на проміжку в 20000 годин. Створено відповідну конструкторську документацію. Розроблений прилад задовольняє вимоги технічного завдання.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

45

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. WI-FI терморегулятор программируемый Ecoset-604 WiFi с датчиком температуры— We-mart [Электронный ресурс].
<https://teplowest.com.ua/p1327275276-termoregulyator-programmiruemyj-ecoset.html> — Режим доступа: — Назва з екрану.
2. Терморегулятор — We-mart [Электронный ресурс]. — Режим доступа:
https://tervix.ua/product/Tervix/rozumniy_budinok/114330_termostat_z_wifi_upravlinnyam_tervix_pro_line_dlya_gazovogo_elektrichnogo_kotla_chorniy/— Назва з екрану.
3. Терморегулятор недельный беспроводной WiFi — We-mart [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://prom.ua/p526469357-poerumnyj-wifi.html?&primelead=MS4xMQ>— Назва з екрану.
4. 4.COMPUTHERM B400RF Беспроводной Wi-Fi терморегулятор — We-mart [Электронный ресурс]. — Режим доступа:
<https://computherm.com.ua/ru/catalog/computherm-b400-rf>— Назва з екрану.
5. Термостат KG Elektronik C-7— We-mart [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [Подробнее: https://vpro.com.ua/p820153891-komnatnyj-termostat-elektronik.html](https://vpro.com.ua/p820153891-komnatnyj-termostat-elektronik.html) — Назва з екрану.
6. Терморегулятор Terneo sx Wi-Fi— We-mart [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [Подробнее: https://dom-s-teplom.com/p1116648233-termoregulyator-terneo-belyj.html?source=merchant_center&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=12642575949&utm_term=&utm_content=510494878278&utm_position=&utm_matchtype=&utm_placement=&utm_network=u&gclid=EAIAIQobChMIh9CAm6LG8AIVxYODBx2tmwgdEAQYDiABEgJY1fD_BwE](https://dom-s-teplom.com/p1116648233-termoregulyator-terneo-belyj.html?source=merchant_center&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=12642575949&utm_term=&utm_content=510494878278&utm_position=&utm_matchtype=&utm_placement=&utm_network=u&gclid=EAIAIQobChMIh9CAm6LG8AIVxYODBx2tmwgdEAQYDiABEgJY1fD_BwE)- Назва з екрану.

7. РКС Компоненты — РАДИОМАГ Elektronik [Електронний ресурс].
— Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/catalog> — Назва з екрану.
8. ATmega16A-PU - We-mart [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/atmega16a-pu.pdf>— Назва з екрану.
9. Стабілізатор напруги LM7805 - We-mart [Електронний ресурс]. — Режим доступу <https://arduino.ua/prod1844-stabilizator-napryazheniya-lm7805-to-220>— Назва з екрану
- 10.LCD 1602 символний дисплей - We-mart [Електронний ресурс]. — Режим доступу <https://arduino.ua/prod169-lcd-1602-simvolnii-displei-16x2-sinii>— Назва з екрану.
- 11.Модулі бездротові WI-FI — uAmper.com [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://uamper.com/Модули/Бездротові/WiFi> — Назва з екрану.
- 12.ESP-12E WiFi модуль (ESP8266) — Radio Prog [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://radioprogram.ru/shop/merch/33> — Назва з екрану.
- 13.Транзистор BC847 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [Параметры транзистора BC847 биполярного высокочастотного nnp. Справочник транзисторов. \(paratran.com\)](#) — Назва з екрану.
- 14.ESP-12E-WI-FI модуль — kivra.kpi.ua[Електронний ресурс] —. Режим доступу:https://kivra.kpi.ua/wp-content/uploads/file/work/2020/Tarasiuk/Tarasiuk_bakalavr.pdf — Назва з екрану.
- 15.Кнопка SWT-34/4 — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://rcscomponents.kiev.ua>— Назва з екрану.
16. Datasheet — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/ESX_080418.pdf — Назва з екрану.

17. Datasheet — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://datasheets.avx.com/X7RDielectric.pdf> — Назва з екрану.
18. Datasheet — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/3296.pdf> — Назва з екрану.
19. Datasheet — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/CR-S_080911.pdf — Назва з екрану.
20. Datasheet — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/ON%20Semiconductor%20PDFs/MC7800\(A,AE\),NCV7800.pdf](https://media.digikey.com/pdf/Data%20Sheets/ON%20Semiconductor%20PDFs/MC7800(A,AE),NCV7800.pdf) — Назва з екрану.
21. Роз'єм XP1 — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.pololu.com/file/0J372/JST_eXH.pdf — Назва з екрану.
22. Роз'єм XP2 — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.globalsources.com/Euro-type/Pin-Header-Terminal-Block-1165226766p.htm#1165226766> — Назва з екрану.
23. Datasheet — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/ds_lcd_1602b.JPG — Назва з екрану.
24. Datasheet — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/datasheets/gnl-5013xx-datasheet.pdf> — Назва з екрану.
25. Описание и марки полимеров – АБС–пластик — Полимерные материалы [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://www.polymerbranch.com/> — Назва з екрану.
26. Б. М. Уваров. Автоматизація визначення показників механічної витривалості, теплових режимів та надійності радіоелектронних апаратів. — Київ, НТУУ “КПІ”, 2015. — 128 с.
27. 74LVC125A Quad buffer/line driver with 5 V tolerant input/outputs, Product data sheet. — NXP Semiconductors, 2013. — С. 4

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI-п81.468212.001 ПЗ

Лист

48

ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

Саяпін А.С. РІ-п81, 2021

ПОГОДЖЕНО

Керівник дипломного проекту
ст.викладач Головня В. М.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри радіоконструю-
вання та виробництва радіоапаратури
д.т.н., проф. Нелін Є. А.



(підпис)

16 червня 2021

(дата)



(підпис)

16 червня 2021

(дата)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

«Термостат для котла з Wi-Fi модулем »

Київ 2021

Саяпін А.С. РІ-п81, 2021

1 НАЗВА, ШИФР І ПІДСТАВИ ДО ВИКОНАННЯ

Назва дипломного проекту: «Термостат для котла з Wi-Fi модулем».

Шифр проекту: _____.

Підстава до виконання: завдання, видане кафедрою радіоконструювання та виробництва радіоапаратури від «___»_____ 2021 р.

2 МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ ПРОЕКТУ

Метою є розробка схеми електричної принципової, друкованого вузла та конструкції пристрою, перевірка на працездатність та оформлення конструкторської документації. Призначений для підтримки комфортної температури і мінімізації витрат на енергію.

3 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

3.1 Вимоги призначення

Робоча напруга.....до 5 В;
Тип з'єднання.....бездротове;
Канал зв'язку.....мережа WI-Fi;
Радіус з'єднання.....до 75 м;
Тип сповіщення.....на смартфон.

3.2 Вимоги життєздатності та стійкості до зовнішніх впливів і чинників

Кліматичне виконання виробу – УХЛ 4 (згідно ГОСТ 15150-69);
Захист від механічних пошкоджень – М13 (згідно ГОСТ 17516.1-90);
Ступінь захисту оболонки – IP44 (згідно ДСТУ ІЕС 60529:2019).

3.3 Вимоги надійності

Пристрій повинен бути відновлюваний і ремонтпридатний згідно ДСТУ 2470-94.

Час безвідмовної роботи.....20000 годин

3.4 Вимоги до конструкції

Спосіб кріплення корпусу.....на стіну;

Матеріал корпусу.....пластмаса.

3.5 Вимоги технологічності

Вимоги згідно ГОСТ 14.201-83.

3.6 Вимоги до дизайну і ергономіки

Вимоги згідно ДСТУ 3943-2000 та ДСТУ 3944-2000.

Колір корпусу.....біло сірий.

3.7 Вимоги до експлуатації, зручності технічного обслуговування та ремонту

Умови експлуатації:

1) Діапазон робочих температур від 0 °С до 40 °С;

2) Діапазон відносної вологості повітря від 0 % до 95 %.

Передбачити легкий доступ для ремонту.

3.8 Вимоги безпеки життя, здоров'я, майна громадян та охорони довкілля

Вимоги згідно ДСТУ 7237:2011 та ДСТУ ISO 14001:2015.

3.9 Вимоги сумісності

Вимоги згідно ДСТУ 2793-94.

3.10 Вимоги взаємозамінності

Має бути можливість зміни елементної бази приладу.

3.11 Вимоги до транспортування і зберігання

Транспортувати автомобільним, залізничним та авіаційним видом транспорту в упакованому вигляді.

Умови зберігання виробу – 1 Л (згідно ГОСТ 15150-69).

4 ВИМОГИ ДО СИРОВИНИ, МАТЕРІАЛІВ І ПОКУПНИХ КОМПЛЕКТУВАЛЬНИХ ВИРОБІВ

В конструкції повинні бути використані компонентна база та матеріали, які серійно випускає промисловість та дозволені до застосування в РЕА загального призначення.

5 ВИМОГИ ДО КОНСЕРВАЦІЇ, ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

Консервація не передбачена.

Пакування повинно мати достатню міцність аби зберегти виріб при транспортуванні.

Маркувати індикацію розряду.

6 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Оформлювати документацію згідно ДСТУ 3008:2015.

6.1 Орієнтовний зміст дипломного проекту

- Титульний лист
- Завдання
- Анотація (двома мовами)
- Титульний лист пояснювальної записки
- Зміст

- Вступ
- 1 Аналіз ринку
- 2 Синтез схеми пристрою
- 3 Розробка друкованого вузла та конструкції пристрою
- 4 Розрахунок, що підтверджує працездатність
- Висновки
- Перелік джерел посилань
- Додатки

7 СТАДІЇ І ЕТАПИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Робота виконується в 9 етапів.

№	Назва етапу	Термін виконання	Форма звітності
1	Огляд існуючих рішень	07.05.2021	Розділ 1
2	Розробка та аналіз технічного завдання	10.05.2021	Розділ 1
3	Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення	17.05.2021	Розділ 2, кресленики Е1, Е3
4	Вибір та обґрунтування елементної бази	21.05.2021	Розділ 2
5	Проектування електронного модуля	25.05.2021	Розділ 3, Кресленики плати і модуля
6	Проектування приладу	28.05.2021	Розділ 3
7	Аналіз працездатності приладу	01.06.2021	Розділ 4
8	Оформлення текстової та графічної документації	07.06.2021	Кресленики і додатки

8 ПОРЯДОК ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ І МАТЕРІАЛІВ, ЯКІ ПОДАЮТЬ ПО ЗАКІНЧЕНІ ЕТАПІВ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ І У ЦІЛОМУ

1. Представлення проміжних результатів дипломного проекту керівнику в зазначені терміни;
2. Представлення завершеного дипломного проекту керівнику;
3. Перевірка дипломного проекту на наявність плагіату;
4. Представлення кафедрі завершеного дипломного проекту за 10 днів до дати захисту;
5. Захист дипломного проекту перед екзаменаційною комісією.

Виконавець

Саяпін А. С.



ДОДАТОК Б. СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ДРУКОВАНІЙ ВУЗОЛ

Саяпін А.С. РІ-п81, 2021

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A2			PI-п81. 468212.001СК	Складальний кресленик		
A2			PI-п81.468212.001 Е1	Схема електрична структурна		
A2			PI-п81.468212.001 Е3	Схема електрична принципова		
A4			PI-п81.468212.001 ПЕ	Перелік елементів		
				<u>Деталі</u>		
		1	PI-п81.754523.001	Друкована плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		2		Конденсатор 100 мкФ 25 В± 20%	2	C1,C4
		3		Конденсатор 0,1 мкФ 100 В± 20%	2	C2,C3
		4		Мікросхема LM7805	1	DA1
		5		Мікросхема ESP-12E	1	DD1
		6		Мікросхема ATmega16	1	DD2
		7		Кварцовий генератор CFPS-72-4M	1	G1
		8		Світлодіод GNL-5013LRD	1	HL1
				PI-п81.468212.001		
				Термостат для котла з Wi-Fi модулем		
		№ докум.	Підпис			
		Дата				
Разраб.	Саяпін					
Пров.						
Т.конт				НТУУ «КПІ» РТФ		
Н.конт						
				Літ.	Арк	Аркушів
					1	2

[illegible]

ДОДАТОК В. ПЕРЕЛІК ЕЛЕМЕНТІВ




Саяпін А.С. РІ-п81, 2021

Позн.	Найменування	Кіл.	Примітки
	<u>Конденсатори</u>		
C1,C4	Електролітичні конденсатори- Hitano 100 мкФ 25 В ± 20%	2	
C2,C3	Керамічний багатошаровий – AVX 0,1 мкФ 100 В ± 20%	2	
	<u>Мікросхеми</u>		
DA1	LM7805 – Fairchild	1	
DD1	ESP–12E – Ai-thinker	1	
DD2	ATmega16 – Atmel	1	
G1	Кварцовий генератор CFPS-72-4М – IQD	1	
HL1	Світлодіод GNL-5013LRD – G-Nor	1	
	<u>Рідко-кристалічний індикатор</u>		
HG1	LCD1602 – SHENZHEN EONE ELECTRONICS	1	
	<u>Резистори</u>		
R1	RC3296P – Bourns 20 кОм 0,25 Вт	1	
R2	CF-100 (C1-4) – Hitano 2 кОм 1 Вт	1	
R3	RC0805JR– Hitano 470 Ом 0,25 Вт	1	

[illegible]

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

[illegible]

				PI-п81.468212.001		
	ПІБ	Підп.	Дата	Термостат для котла з Wi-Fi модулем	Лист	Листів
Розробн.	Саяпін А.С				1	1
Керівн.	Головня В.М				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. КіВРА, Гр. PI-п81	
Н/контр.						
Зав.каф.						

Саяпін А.С. РІ-п81, 2021