

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

Радіотехнічний факультет

Кафедра радіоконструювання та виробництва радіоапаратури

«До захисту допущено»

В. о. зав. кафедри

 Свгеній НЕЛІН

«17» червня 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інтелектуальні технології
мікросистемної радіoeлектронної техніки»**

за спеціальністю 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Пристрій обліку кількості відвідувачів у приміщеннях»

Виконав:

студент IV курсу, групи PI-71

Гладун Віктор Вадимович

Керівник: асистент, Нікітчук Артем Валерійович

Рецензент: к.т.н., доцент, Мовчанюк Андрій Валерійович.

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті 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. кафедри

 Євгеній НЕЛІН

«11» квітня 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Гладуну Віктору Вадимовичу

1. Тема проекту: «Пристрій обліку кількості відвідувачів у приміщеннях»
Керівник проекту Нікітчук Артем Валерійович, асистент,
затверджені наказом по університету від «18» травня 2021 р. №1205-с.
2. Термін подання студентом проекту 7 червня 2021 року
3. Вихідні дані до проекту: потужність не більше 5 Вт; живлення 220 В; Wi-Fi модуль; умови експлуатації: у приміщенні.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити):
провести аналіз завдання, оглянути існуючі рішення, розробити структурну та електричну принципову схему, обрати елементну базу, розробити програмний алгоритм, проаналізувати працездатність.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій, тощо): схема структурна; схема електрична принципова; кресленик друкованої плати; друкованого вузла; кресленик корпусу, складальний кресленик приладу; презентація.

6. Дата видачі завдання 11 квітня 2021 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Огляд існуючих рішень	06.05–08.05	Виконано
2	Розробка та аналіз ТЗ	09.05–13.05	Виконано
3	Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення	14.05–20.05	Виконано
4	Вибір та обґрунтування елементної бази	21.05–22.05	Виконано
5	Проектування приладу	23.05–30.05	Виконано
6	Розрахунки, що підтверджують працездатність	31.05–04.06	Виконано
7	Оформлення документації	05.06–7.06	Виконано

Студент

Віктор ГЛАДУН

Керівник

Артем НІКІТЧУК

АНОТАЦІЯ

Метою даного дипломного проекту є розробка пристрою для підрахунку кількості відвідувачів у приміщенні. Основною функцією даного приладу є виведення інформації про кількість відвідувачів у даний момент часу на екран, а також передавання інформації на сервер даних по каналу зв'язку.

У проекті проведено огляд існуючих аналогів та виконано аналіз ТЗ, в результаті чого сформовано структурну та електричну принципову схеми пристрою. Також розроблено конструкцію друкованого вузла та пристрою вцілому. Описано алгоритм роботи програми, та проведено розрахунок надійності та віброміцності пристрою.

Ключові слова: ультразвуковий датчик, *Wi-Fi*, *ESP-32*, облік відвідувачів.

ANNOTATION

The purpose of this diploma project is to develop a device for counting the number of visitors in the room. The main function of this device is to display information about the number of visitors at a given time on the screen, as well as to transmit information to the data server via the communication channel.

The project reviews the existing analogues and analyzes the vehicle, resulting in a structural and electrical schematic diagram of the device. The design of the printing unit and the device itself have also been developed. The algorithm of the program operation is described, and the approximate calculation of reliability and vibration strength of the device is carried out.

Keywords: ultrasonic sensor, Wi-Fi, ESP-32, visitor registration.



ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту

на тему: пристрій обліку кількості відвідувачів у приміщеннях

Київ – 2021 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	2
Вступ.....	4
1 Огляд існуючих рішень. аналіз технічного задання	5
1.1 Огляд та аналіз аналогів пристрою на ринку	5
1.2 Аналіз технічного завдання	9
2 Вибір та обґрунтування схемотехнічного рішення.....	10
2.1 Розробка структурної схеми	10
2.2 Розробка схеми електричної принципової	11
2.3 Вибір елементної бази	12
3 Проектування конструкції пристрою.....	17
3.1 Аналіз з точки зору технолога.....	17
3.2 Проектування корпусу приладу	25
4 Аналіз працездатності приладу	32
4.1 Розробка алгоритму для програмного забезпечення пристрою.....	32
4.2 Розрахунки, що підтверджують працездатність.....	39
Висновки	42
Перелік джерел посилань	43
Додаток А.....	45
Додаток Б	50
Додаток В	52

					PI71.407151.001 ПЗ						
ЗМ.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій обліку кількості відвідувачів у приміщенні	Лім.		Лист		Листів	
Розробив	Гладун В. В.			07.06				1		59	
Перевірів	Нікітчук А. В.			17.06							
						PI-71, РТФ					
Н. Контр.	Попсуй В. І.										
Затвердив											

Додаток Г	54
Додаток Д.....	56
Додаток Е	59

Гладун В.В. РІ-71, 2021

					РІ71.407151.001 ПЗ	Лист
						2
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП — друкована плата

ЕА — електронна апаратура

ЕП — електрична принципова

ЕРЕ — електрорадіоелементи

КД — конструкторська документація

РК — рідкокристалічний

ТЗ — технічне завдання

УЗ — ультразвуковий

I2C — назва послідовної шини даних

LCD — *liquid crystal display*

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
						3
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Системи підрахунку відвідувачів призначені для підрахунку кількості людей, що пройшли через певний прохід за певний проміжок часу. Така система зазвичай встановлюється при вході в приміщення та дозволяє слідкувати за кількістю відвідувачів у режимі реального часу, а також аналізувати та робити певні висновки стосовно відвідуваності.

Існують різні причини встановлення таких пристроїв у приміщеннях. Одним із наймасштабніших застосувань є аналіз ефективності торгівлі. На основі даних, отриманих з лічильника, можна зробити висновки, що допоможуть у торгівлі: визначити час найбільшої відвідуваності, виявити товари, які найбільше цікавлять клієнтів магазину, прослідкувати період року, коли попит на продукцію магазину знижується, тощо.

Особливо актуальним є даний пристрій під час теперішньої епідеміологічної ситуації у світі, оскільки пристрій дозволяє слідкувати за кількістю відвідувачів у приміщенні, наприклад, спортзалу, та не перевищувати допустиму кількість людей.

Завданням дипломного проекту є розробка приладу для підрахунку кількості відвідувачів у приміщенні. Орієнтуючись на сучасні технології, потрібно максимально здешевити пристрій, порівняно з аналогами на ринку, але без втрати його функціональних можливостей.

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ. АНАЛІЗ ТЕХНІЧГОГО ЗАДАННЯ

Даний пристрій призначений для моніторингу кількості відвідувачів у приміщеннях. У даному розділі буде розглянуто аналоги розроблюваного пристрою, що є на ринку, та їх характеристики.

1.1 Огляд та аналіз аналогів пристрою на ринку

Лічильник відвідувачів ТК-02

Одним із найдешевших аналогів на ринку на даний момент є пристрій, зображений на рис. 1.1.



Рисунок 1.1 — Лічильник відвідувачів ТК-02 [1]

Технічні характеристики пристрою [1] наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 — Технічні характеристики ТК-02

Маса	0,1 кг
Габарити	12х6х2,5 см
Тип давача	інфрачервоний
Режим підрахунку	двонаправлений
Зберігання даних	на пристрої
Пам'ять	12 місяців
Зона підрахунку	до 12 м
Живлення	від мережі, адаптер 12 В
Ціна	3370–3880 грн.

Даний пристрій призначений для підрахунку відвідувачів у приміщенні та є повністю функціональним, тобто працює без будь-яких додаткових

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		5

пристроїв та доступу до мережі Інтернет. Його особливістю є вбудований дисплей, на якому відображуються усі зібрані дані. Пристрій зберігає отримані дані впродовж 12 місяців, та на їх основі може видавати інформацію про найпродуктивнішу годину роботи за день, найбільш відвідуваний день в році або місяці, тощо. Також присутній режим відображення кількості відвідувачів в режимі реального часу.

Перевагами даного пристрою є низька ціна, велика зона підрахунку, відносно великий обсяг пам'яті, а також можливість переглянути дані відразу на пристрої.

До недоліків можна віднести відсутність можливості підключення до мережі Інтернет для передачі даних на сервер для їх подальшої обробки та аналізу.

Лічильник відвідувачів WF-210

WF-210 — це двонаправлена система підрахунку кількості відвідувачів з можливістю передачі даних через *Wi-Fi* [2]. Даний пристрій зображено на рис. 1.2.

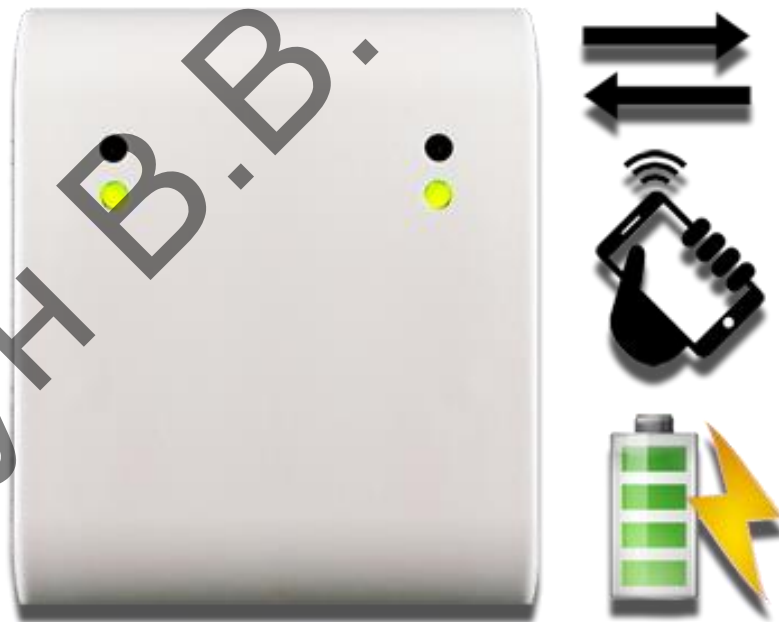


Рисунок 1.2 — Лічильник відвідувачів WF-210 [2]

Технічні характеристики пристрою наведені в табл. 1.2.

					<i>PI71.407151.001 ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		6

Таблиця 1.2 — Технічні характеристики WF-02

Габарити	5,7x7x2,5 см
Тип давача	інфрачервоний
Режим підрахунку	двохнаправлений
Зберігання даних	на пристрої
Пам'ять	6 місяців
Зона підрахунку	до 5 м
Живлення	акумулятор 1400 мА, 4,2 В
Ціна	3370–3880 грн.

Особливістю даного пристрою є відсутність будь-яких органів керування. Усі дані, що отримує пристрій, передаються через мережу *Wi-Fi* та зберігаються в спеціальній базі даних. Аналіз, відображення та подальша обробка даних відбуваються за допомогою спеціального веб-сайту. Для тих, хто хоче імпортувати дані про статистику, є можливість автоматичної передачі даних у власне ПЗ.

До переваг можна віднести невеликі габарити, зручність встановлення, відсутність будь-яких кабелів, можливість переглядати дані із будь-якої точки світу, де є інтернет.

До недоліків можна віднести те, що пристрій потрібно час від часу демонтовувати, щоб зарядити акумулятор. Також для коректної роботи пристрою потрібно забезпечити стабільне інтернет-з'єднання, що не завжди є можливим.

Бездротовий лічильник відвідувачів JR UNI

Даний тип лічильників використовується для підрахунку кількості відвідувачів у приміщенні, а також є можливість звукового сповіщення появи відвідувача. Даний пристрій зображено на рис. 1.3.

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		7



Рисунок 1.3 — Лічильник відвідувачів JR UNI [3]

Технічні характеристики пристрою [3] наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 — Технічні характеристики JR UNI

Габарити	6,7х6,7х2,5 см
Тип давача	інфрачервоний
Режим підрахунку	однаправлений
Зберігання даних	на пристрої
Пам'ять	25 діб
Зона підрахунку	до 7 м
Живлення	3 батарейки типу АА

Даний лічильник є бездротовим та однаправленим, тобто підраховує кількість відвідувачів лише у одному напрямку. Для функціонування даного пристрою потрібно додатково купувати конектори даних, що слугують «мостом» для передачі даних між лічильником та мережею Інтернет.

До переваг можна віднести простоту установки за допомогою липкої стрічки та кросштейна, бездротову передачу даних.

Недоліками даного пристрою є однаправленість та невеликий обсяг внутрішньої пам'яті.

1.2 Аналіз технічного завдання

У даному дипломному проекті розробляється пристрій обліку кількості відвідувачів, призначений для моніторингу кількості людей у приміщеннях магазинів, торгових центрів, та інших установ.

Пристрій повинен живитися від стаціонарної мережі 220-240 В за допомогою блоку живлення на 5 В. Необхідно забезпечити бездротове з'єднання по каналу зв'язку *Wi-Fi* з мережею Інтернет.

Кліматичне виконання пристрою за ГОСТ 15150–69 УХЛ 4.1 [4]. Це мікрокліматичний район з помірним та холодним кліматом. Експлуатація пристрою відбувається в критих приміщеннях з опаленням та штучною вентиляцією.

Необхідно забезпечити період безвідмовної роботи не менше ніж 15000 годин. Дана умова забезпечується вибором елементної бази для пристрою належного рівня якості.

Для забезпечення схемотехнічних рішень, що будуть присутні в конструкції пристрою, підібрати готові блоки та уніфіковані деталі.

Конструкцію пристрою потрібно виконати таким чином, щоб усі елементи були розташовані в одному корпусі, та забезпечити малогабаритність конструкції. Також потрібно передбачити кріплення на стіну. Корпус потрібно зробити розбірним, щоб забезпечити можливість ремонту.

Для забезпечення функції знімання інформації з датчиків та передавання через модуль *Wi-Fi* можна використати готовий модуль *ESP-32* та середовище програмного забезпечення *Arduino IDE*.

Оскільки виготовлення пристрою одиничне, корпус доцільно виготовити на 3D-принтері. У якості матеріалу буде використано *ABS*–пластик чорного кольору.

Плата матиме односторонній монтаж, оскільки потрібно забезпечити мінімальну висоту пристрою.

В даному розділі проаналізовано аналоги на ринку та технічне завдання, що дає змогу почати розробляти пристрій, що матиме переваги над аналогами.

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМОТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

2.1 Розробка структурної схеми

Структурна схема пристрою зображена на рис. 2.1.

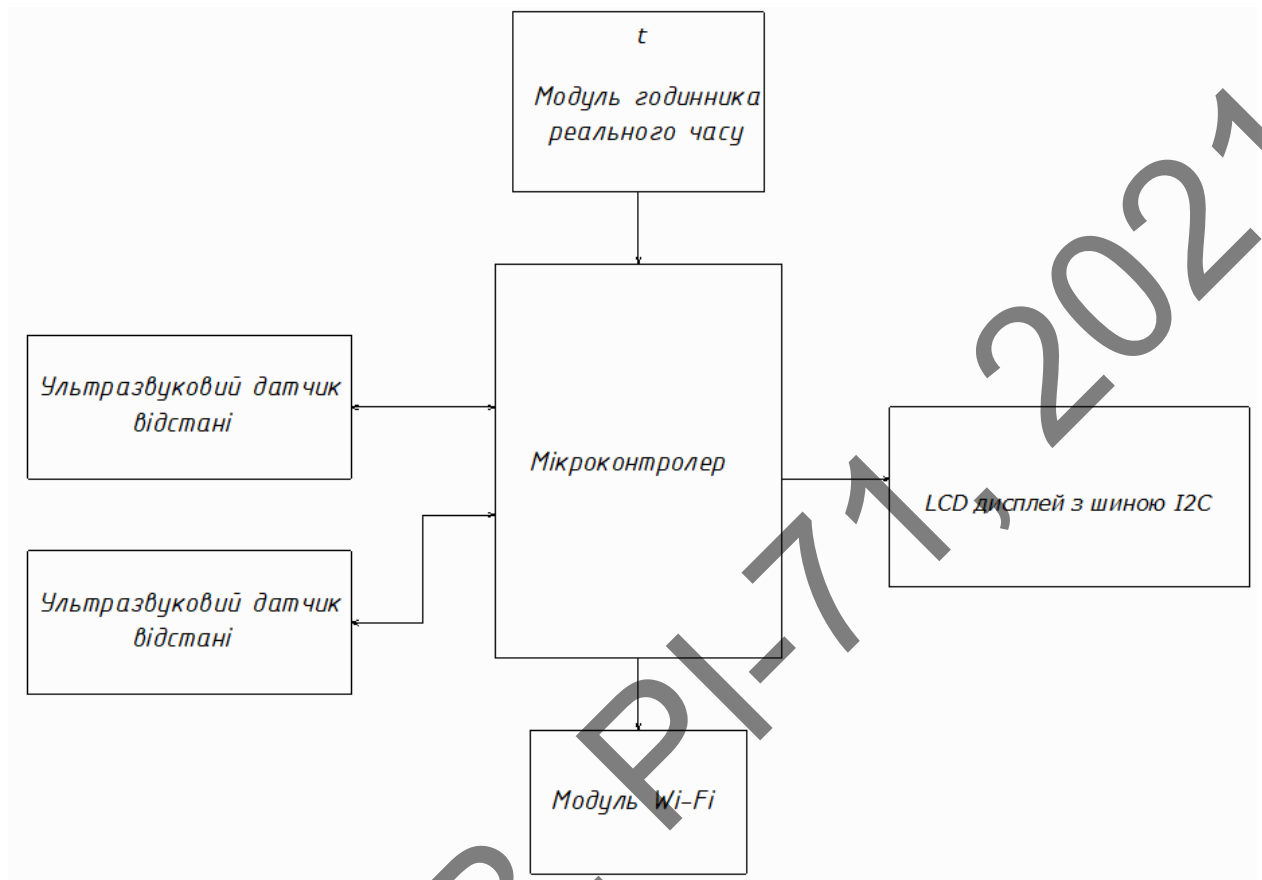


Рисунок 2.1 — Структурна схема пристрою

Пристрій буде мати два чутливих елементи — ультразвукові датчики відстані. Два датчики необхідні для того, щоб можна було розрізняти, чи входить відвідувач в приміщення, чи виходить. Наприклад, коли спрацює спершу лівий датчик, а потім правий, мікроконтролер буде вважати, що людина зайшла, і навпаки.

Для того, щоб реєструвати час і дату, коли відвідувач заходить у приміщення, потрібно додатково встановити модуль реального часу.

Для відображення інформації про відвідувачів у реальному часі, буде використано *LCD* дисплей.

Пристрій також буде обладнаний модулем *Wi-Fi*, для того, щоб можна було передавати дані про дату та час відвідування на сервер даних для подальшої обробки та аналізу інформації.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

10

Мікроконтролер слугує для зняття інформації з датчиків, її обробки, відображення на дисплеї та відсилання по модулю *Wi-Fi*.

2.2 Розробка схеми електричної принципової

Схема електрична принципова пристрою зображена на рис. 2.2.

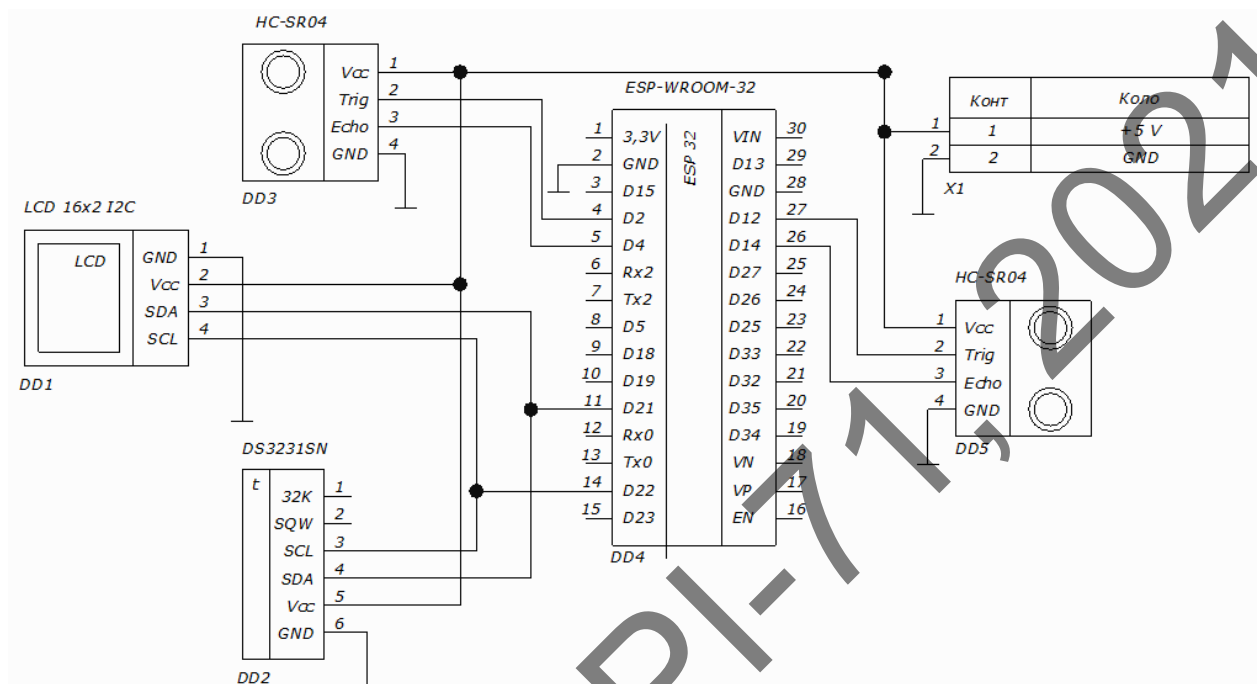


Рисунок 2.2 — Схема ЕП пристрою

В якості керуючого елемента *DD4* було обрано мікроконтролер *ESP-32*, оскільки у своїй цінovій категорії він має ряд переваг: вбудований модуль *Wi-Fi*, зручне середовище програмування, низьке енергоспоживання та відносно високі обчислювальні характеристики.

В якості ультразвукових датчиків *DD3* і *DD5* було прийнято рішення взяти готові модулі імпульсного типу, що працюють наступним чином: спершу мікроконтролер відправляє прямокутний імпульс на датчик, який в свою чергу випромінює та сприймає відбиту ультразвукові хвилі, після чого повертає на мікроконтролер імпульс такої тривалості, що дорівнює часу поширення хвилі.

Для відображення кількості відвідувачів в реальному часі було обрано *LCD* дисплей розміром 16x2 символів (*DD 1*). На першому рядку дисплея буде виводитися кількість людей у приміщенні в даний момент часу, а в другому

рядку — кількість людей, які пройшли у приміщення за весь час роботи. Також на екран буде виводитися інформація про процес калібрування пристрою.

В якості годинника реального часу *DD2* було обрано готовий модуль, що спілкується з мікроконтролером за допомогою шини даних *I2C*. Модуль повертатиме дату та час проходження відвідувача.

Живитися схема буде від зовнішнього блоку живлення на 5 В, 1,5 А.

2.3 Вибір елементної бази

Під час вибору елементної бази потрібно керуватися наступними чинниками:

- елементи мають бути в загальній доступності на українському ринку;
- елементи мають відповідати заданим електричним параметрам;
- елементи мають забезпечувати заданий рівень надійності;
- елементи мають бути працездатними для заданих кліматичних умов;
- ціна елементів для забезпечення якісного виконання їх задач має бути мінімальною.

В якості керуючого елемента було обрано плату розробника *DEVKITV1* 30-pin на базі мікроконтролера *ESP-32* компанії *Espressif* [5]. Даний модуль зображено на рис. 2.3.



Рисунок 2.3 — Плата розробника *DEVKITV1* 30-pin [5]

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

12

Основні характеристики модуля:

- 32-розрядний МК;
- напруга живлення 5 В;
- максимальний робочий струм 500 мА;
- тактова частота роботи МК від 80 МГц до 240 МГц;
- діапазон робочих температур -40 °С до + 85 °С;
- *Bluetooth*, *Wi-Fi* частотного діапазону 2,4–2,5 ГГц;
- *Wi-Fi* стандарти: *FCC/CE/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC*;
- апаратні засоби та інтерфейси: *SD, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR*.

Перевагами даного модуля є вбудований *Wi-Fi*, наявність стабілізатора напруги та конвертера, що зменшує вхідну напругу до необхідних для мікроконтролера 3,3 В. Також даний модуль має вбудований програматор, що полегшує процес його програмування. Особливістю даного мікроконтролера є досить низьке енергоспоживання до 20 мкА, що забезпечується гнучким вибором «сплячих» режимів.

В якості модуля годинника реального часу було вибрано *DS3231SN* [5]. Даний модуль зображено на рис. 2.4.

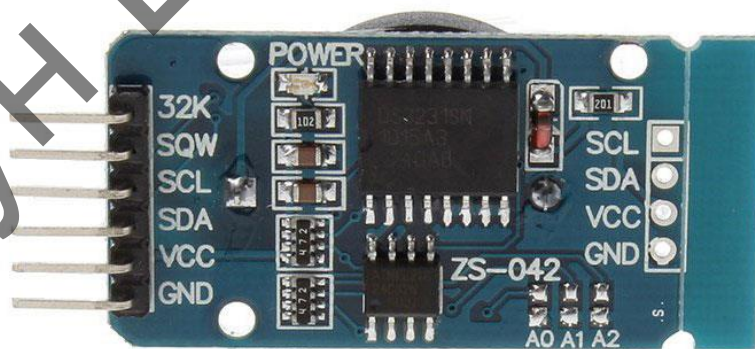


Рисунок 2.4 — Модуль *DS3231SN* [5]

Основні характеристики модуля:

- робоча напруга від 3 до 5,5 В;

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

13

- лічильник секунд, хвилин, годин, днів, тижнів, місяців, років з корекцією високосного року;
- інтерфейс *I2C*;
- реєстр корекції точності ходу годинника;
- діапазон робочих температур -40°C до $+85^{\circ}\text{C}$.

Перевагою даного модуля є виняткова точність ходу годинника, що досягається наявністю термокомпенсації годинникового генератора та корекцією ходу. Також, даний модуль має роз'єм для батарейки, тому він не «збивається» навіть тоді, коли живлення вимкнено.

У більшості приладів, призначених для підрахунку кількості відвідувачів чи виявлення перешкод, стоять інфрачервоні датчики, але вони мають ряд недоліків:

- складність встановлення та розміщення (на датчик не повинно падати пряме світло ламп, сонячних променів);
- висока ймовірність помилкового спрацювання (до помилкового спрацювання може призвести наявність штучних джерел світла, попадання прямих сонячних променів, струси та вібрації, а також розташування теплих об'єктів в діапазоні роботи датчика).

Через ряд недоліків було вирішено взяти ультразвуковий датчик відстані, оскільки датчики даного типу мають відносно високий рівень точності, незалежність до зовнішніх впливів (світла, тепла), а також широкий температурний діапазон експлуатації.

В якості ультразвукового датчика відстані було вибрано *HC-SR04* [5] (рис. 2.5).



Рисунок 2.5 — Ультразвуковий датчик відстані *HC-SR04* [5]

Основні характеристики даного датчика:

- робоча напруга 3,8–5,5 В;
- струм споживання 8 мА;
- частота 40 кГц;
- максимальна дистанція 150 см;
- мінімальна дистанція 0 см;
- кут огляду 15 градусів.

До переваг даного датчика можна віднести високу точність вимірювань (до 3 мм), стабільність роботи, відсутність сліпих зон, простота отримання даних.

В якості дисплею для відображення інформації було обрано *LCD QC1602A 16x2* з інтерфейсною шиною *I2C* [5] (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 — Екран *LCD QC1602A 16x2* [5]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

15

Основні характеристики РК-дисплею:

- напруга живлення 5 В;
- кількість символів 16x2;
- тип дисплею: *TFT*;
- колір фону: синій;
- колір символів: білий;
- інтерфейс зв'язку: *I2C*.

Основною перевагою цього дисплею є відносно мала вартість та наявність інтерфейсу *I2C*, що дозволяє передавати дані на дисплей всього лише по двох провідниках. Також у даного дисплея є можливість вимикати підсвічування для економії електроенергії, та регулювати контрастність.

В якості роз'єму для живлення було обрано *KLS1-DC-005* [6], оскільки він поширений на українському ринку, досить дешевий та призначений для встановлення на ДП. Даний роз'єм зображено на рис. 2.7.



Рисунок 2.7 — Роз'єм *KLS1-DC-005* [6]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

16

3 ПРОЕКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ПРИСТРОЮ

3.1 Аналіз з точки зору технолога

Схема складається з невеликої кількості елементів. Для забезпечення з'єднання між модулями було прийнято рішення спроектувати друковану плату. Оскільки з'єднань буде не багато, то плата буде односторонньою. Плата буде містити тільки елементи наскрізного монтажу. Для забезпечення змоги легко проводити ремонт пристрою, було прийнято рішення встановлювати усі модулі на спеціальних конекторах. Ультразвукові датчики, модуль реального часу, плата мікроконтролера будуть містити конектори для з'єднання типу «тато» (рис. 3.1), а в друковану плату під них будуть впаюватися конектори типу «мама» (рис. 3.2).

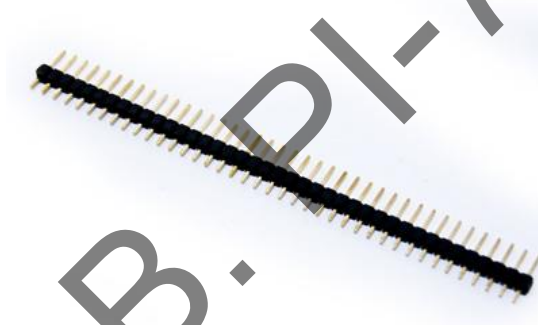


Рисунок 3.1 — Конектори типу «тато» [6]



Рисунок 3.2 — Конектори типу «мама» [6]

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

17

РК-дисплей буде винесено з ДП окремо. Для його під'єднання на платі буде розміщено чотири конектори типу «тато» (рис. 3.1).

Конектори було обрано фірми *KLS*, тому що вони поширені на українському ринку та є досить дешевими.

Кріпитися плата в корпусі буде заземленням, тому під час розрахунку габаритів друкованої плати потрібно врахувати додатково відступ для кріплення.

Обґрунтування методу виготовлення друкованої плати

Друкована плата буде виготовлятися субтрактивним негативним методом. Як основа, для даного методу використовується фольгований діелектрик. За допомогою сухого плівкового фоторезисту формується захисна маска, що повторює провідний рисунок. Потім відкриті ділянки мідної фольги піддаються травленню, після чого фоторезист видаляється. До переваг цього методу можна віднести простоту виготовлення ДП, а також невелику вартість. Основним недоліком є нераціональне використання міді, але пристрій призначений для одиничного виробництва, тому даний недолік є несуттєвим.

Вибір матеріалу ДП та припою

В якості матеріалу для виготовлення ДП обрано склотекстоліт фольгований односторонній товщиною діелектрика 1,5 мм та товщиною фольги 0,35 мкм. Даний композитний матеріал є термостійким, має високу механічну міцність, високий поверхневий опір, низькі втрати. Клас горючості *UL94-V0* за стандартом *IEC 60695-11-2* [7].

В якості припою було вибрано *SAC 305 ISO 9453–2014* [8]. Даний припій є безсвинцевим, забезпечує міцні паяльні з'єднання, сумісний з будь-якими флюсами.

Вибір класу точності плати

Оскільки щільність монтажу невелика, було обрано другий клас точності ДП за ГОСТ 23751-86 [9].

Проектування друкованої плати

Для створення моделі друкованої плати було використано середовище *Altium Designer* [10].

					<i>PI71.407151.001 ПЗ</i>	Лист
						18
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок діаметрів монтажних отворів

Для друкованої плати потрібно розрахувати розмір контактного майданчика з'єднувальних конекторів та роз'єму для живлення.

Розміри з'єднувальних конекторів зображені на рис. 3.3.

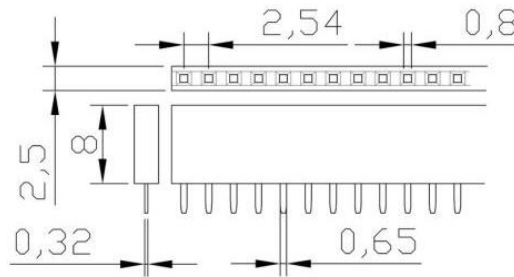


Рисунок 3.3 — Розміри конекторів [6]

Штирі конекторів мають прямокутну форму шириною 0,32 мм і довжиною 0,65 мм. За т. Піфагора можна порахувати найбільший розмір виводу піна d_B (по діагоналі):

$$d_B = \sqrt{0,32^2 + 0,65^2} = 0,7 \text{ мм.}$$

Розмір отвору d_O розраховується за формулою:

$$d_O = d_B + 0,2 = 0,7 + 0,2 = 0,9 \text{ мм.}$$

Розмір контактного майданчика D_{KM} можна порахувати за формулою:

$$D_{KM} = d_O + \frac{2}{3}d_O = 0,9 + \frac{2}{3}0,9 = 1,5 \text{ мм.} \quad (3.1)$$

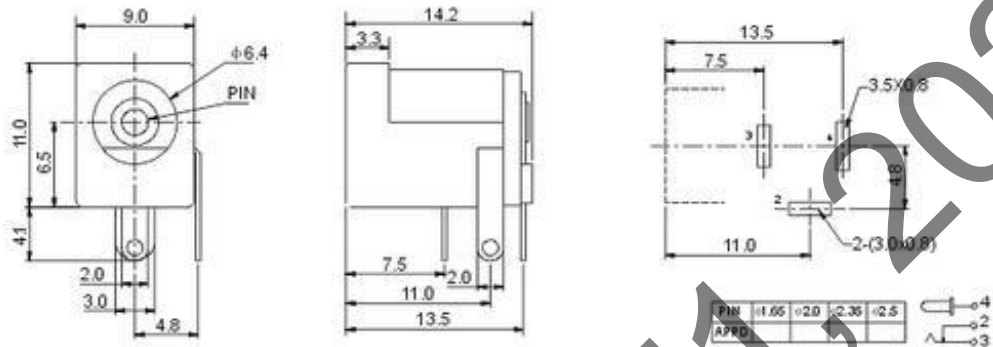
На рис. 3.4 зображено розміри виводів роз'єму для живлення.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

19



Temperature	-30~70℃
Rated Load	DC 30V 0.5A
Contact resistance	$\leq 0.03 \Omega$
Insulation resistance	$\geq 500M \Omega$
Withstand voltage	AC 500V(50Hz) 1min
Actuating Force	3~20N
Life	5000Time

Рисунок 3.4 — Розміри роз'єму для живлення [6]

Для пінів даного роз'єму виробником рекомендовані діаметри отворів 3x0,8 мм. За формулою 3.1 можна розрахувати діаметр контактного майданчика — 5x1,3 мм.

Розрахунок габаритів ДП

Розрахунок мінімальної площі друкованої плати проведено в програмі *Exel*. На рис. 3.5 зображено результати розрахунку.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

Елемент	Ширина, мм	Довжина, мм	S0, мм ²	K	S, мм ²
DD1	2	10	20	2	40
DD2	22	38	836	1,5	1254
DD3, DD5	20	44	880	2	1760
DD4	28	52	1456	2	2912
X1	9	14	126	1,5	189
Мінімальна площа:					6155

Рисунок 3.5 — Розрахунок мінімальної площі ДП

Мінімальна площа ДП дорівнює 6155 мм². Плата матиме стандартну прямокутну форму з розмірами 7,5х10 см, її площа становитиме 7500 мм², що більше мінімальної.

Розрахунок параметрів друкованих провідників

Розрахунок ширини друкованих провідників виконано у програмі *MathCad*. Скріншоти розрахунку ширини провідників наведено у додатку Б.

Результати розрахунку провідників наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 — Результати розрахунку ширини провідників

Тип лінії	Напруга, В	Струм, мА	Ширина провідника, мм		Зазор, мм
			у вузькому	у широкому	
Силова	5	800	1,43	1,43	0,55
Сигнальна	5	50	0,55	0,90	

Трасування провідників

Трасування проведено у редакторі *PCB* програми *Altium Designer* [10]. Для з'єднання елементів землі було застосовано полігон. Плата має три шари: металізація, шовкографія, захисна маска. Результати трасування ДП наведено на рис. 3.6. На рис. 3.7–3.11 зображено скріншоти файлів технологічного процесу. На рис. 3.13 зображено 3D-модель ДП. Специфікація на виготовлення друкованого вузла наведена в Додатку В.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

21

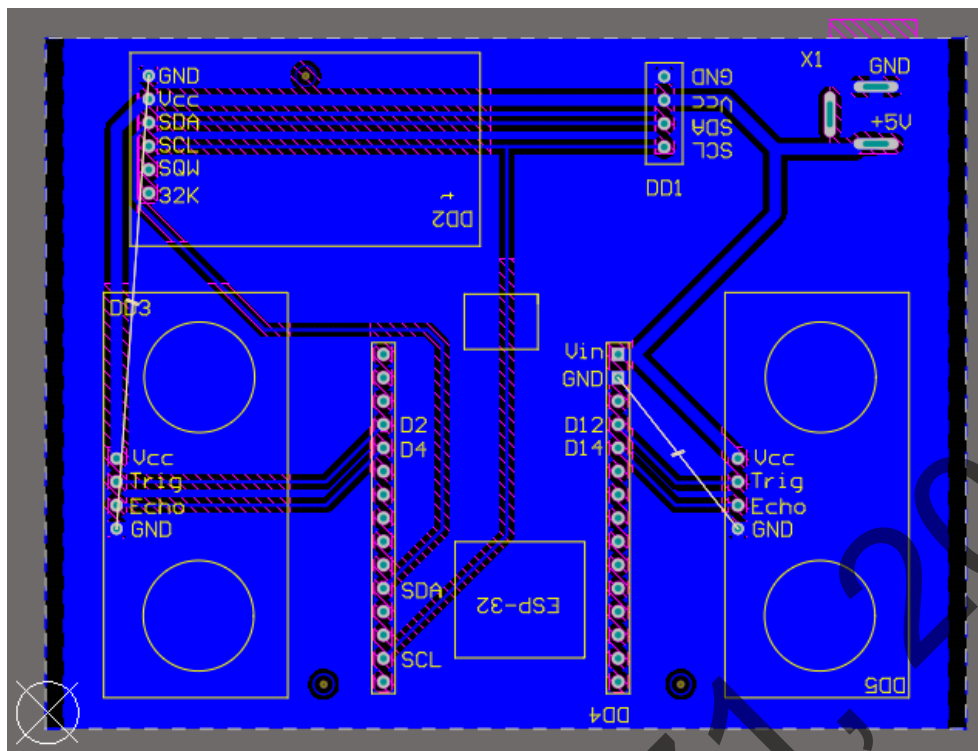


Рисунок 3.6 — Трасування ДП

На рис. 3.9 зображено файл свердління. Він містить в собі інформацію для свердління всіх отворів, що присутні на платі.

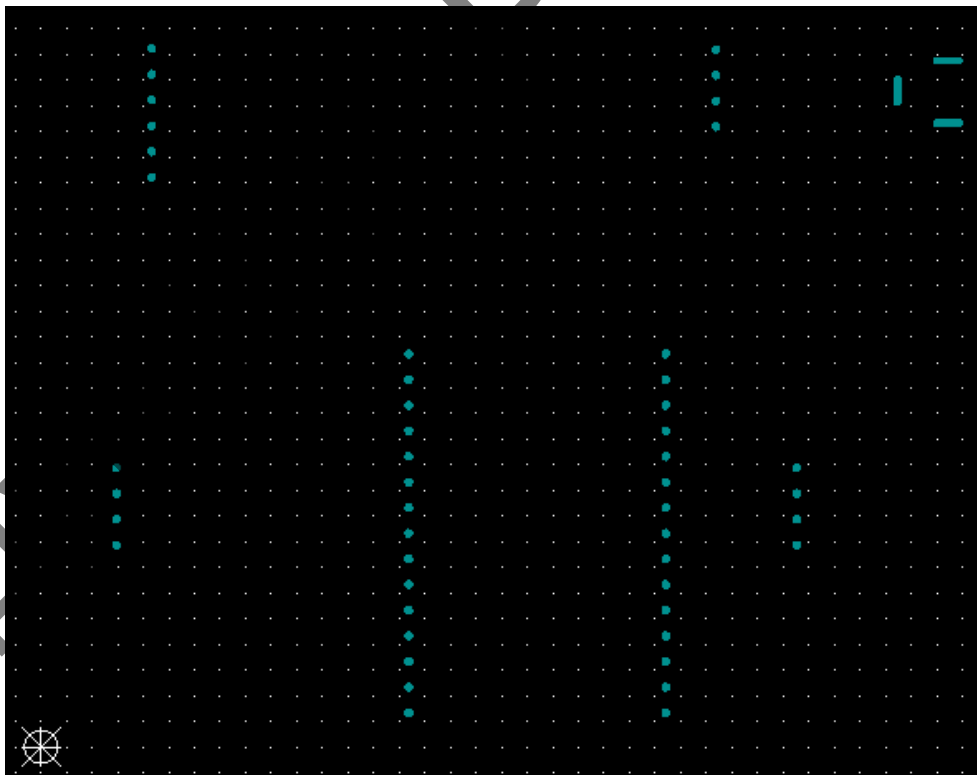


Рисунок 3.7 — Файл свердління

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

22

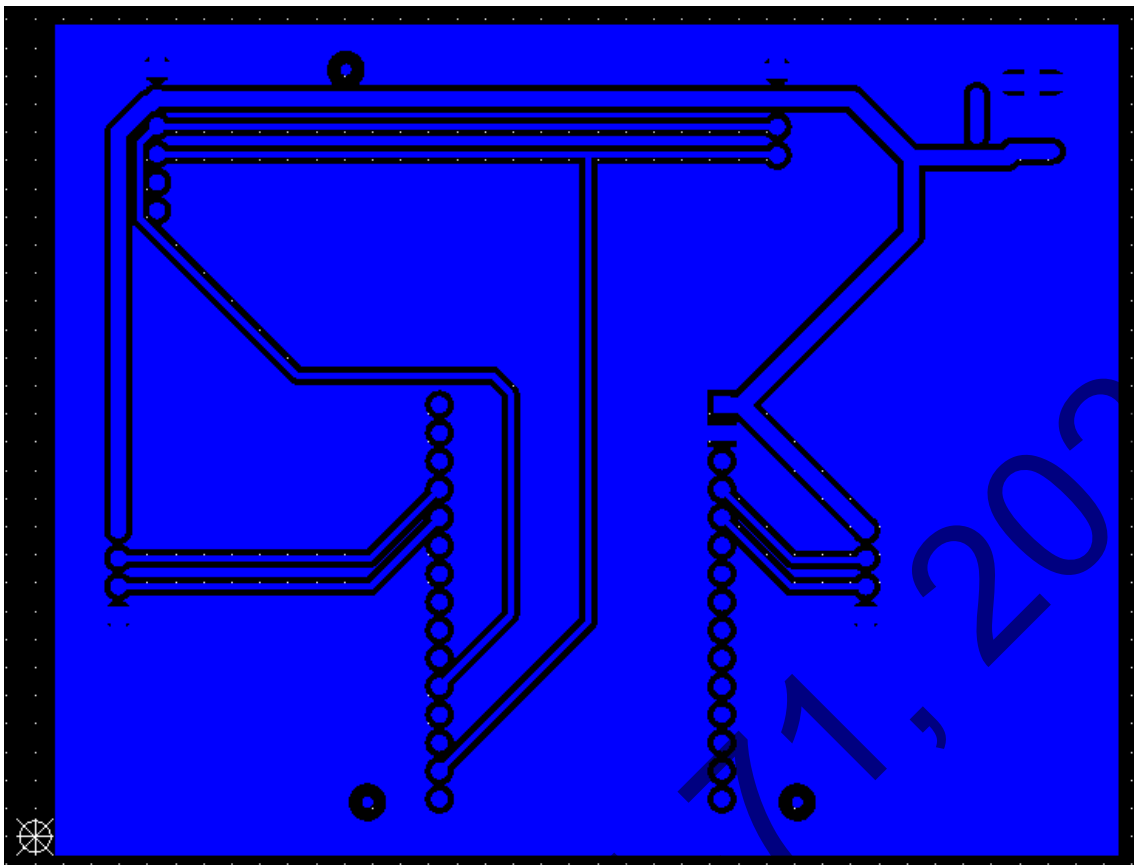


Рисунок 3.8 — Провідний рисунок ДП (шар металізації)

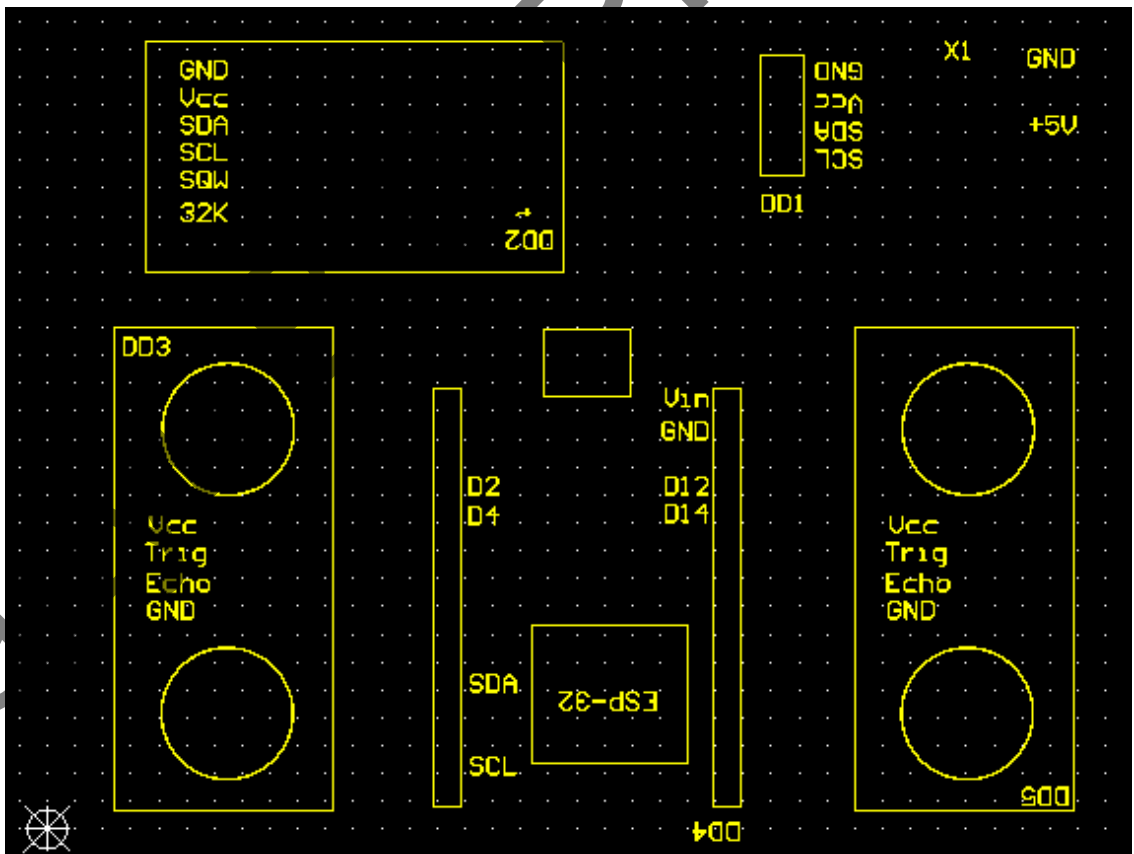


Рисунок 3.9 — Шар шовкографії

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

23

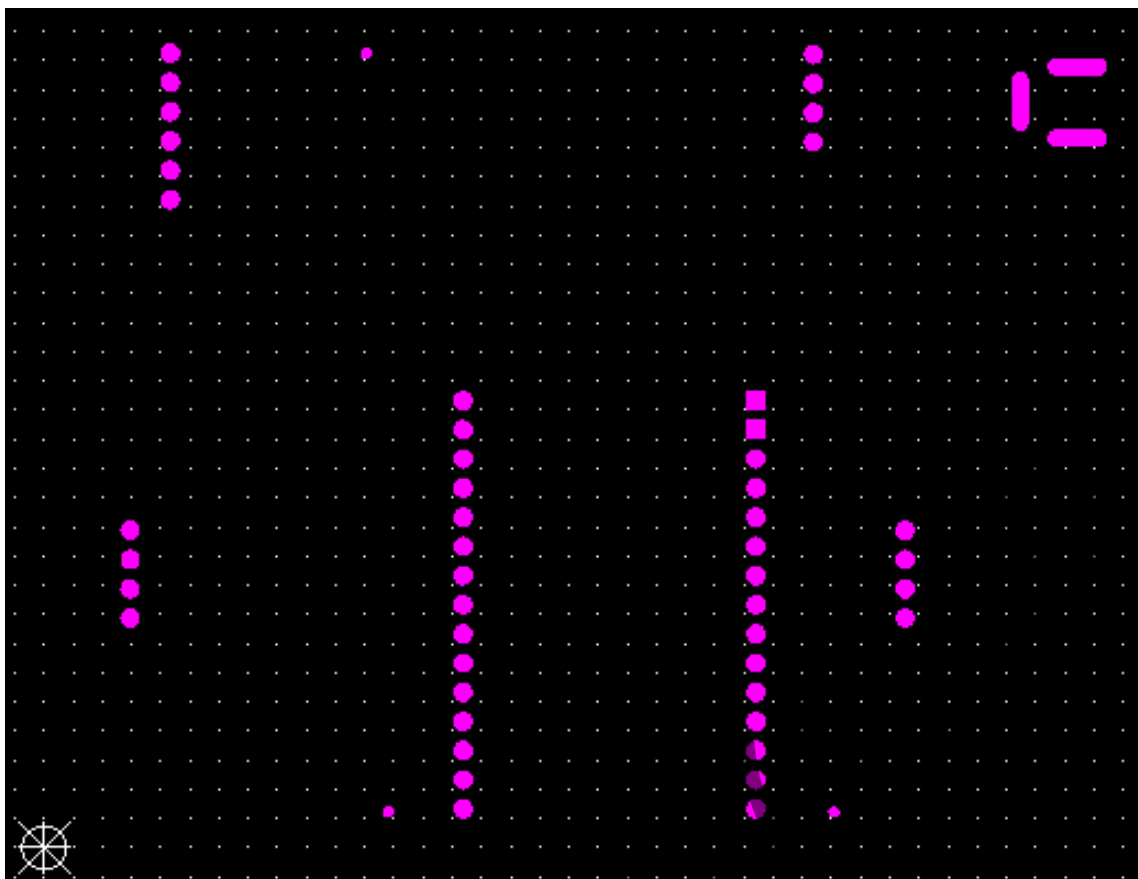


Рисунок 3.10 — Шар захисної маски

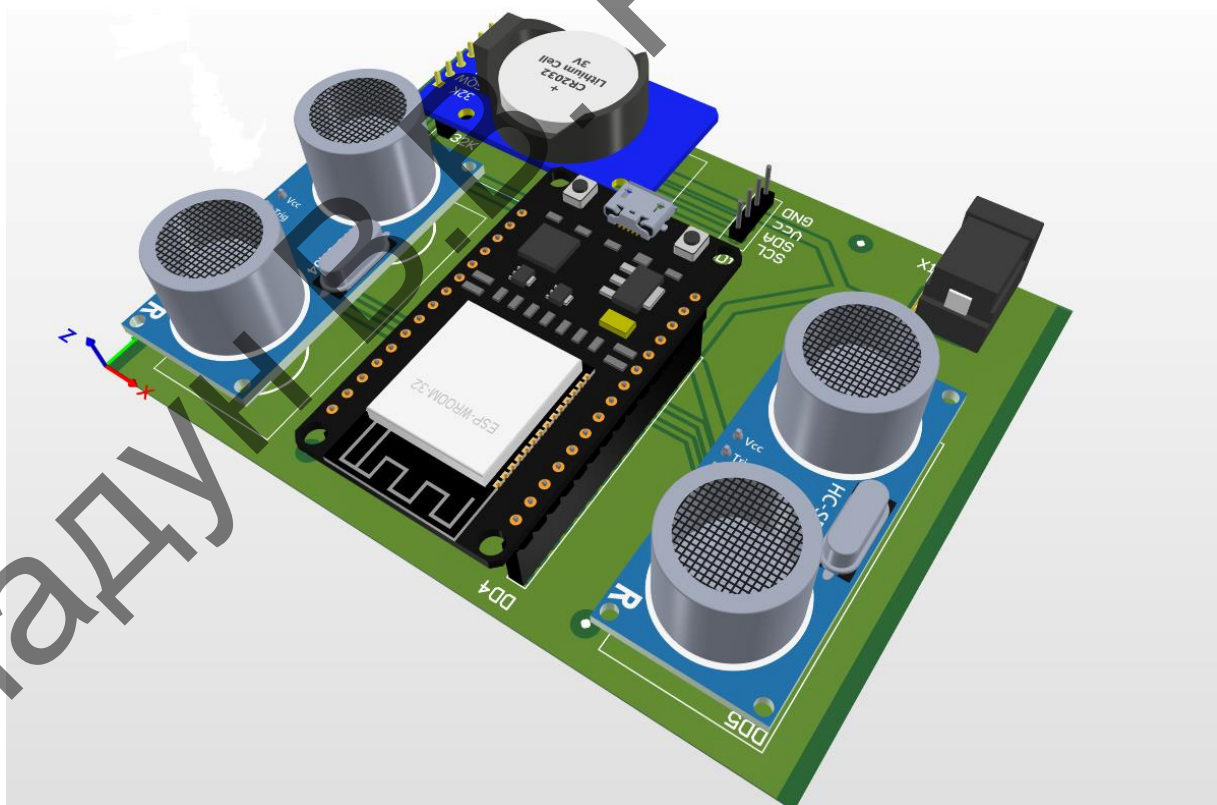


Рисунок 3.11 — 3D-модель ДП

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист
24

3.2 Проектування корпусу приладу

Проектування корпусу виконано в програмі *SolidWorks* [11].

Опис конструкції корпусу

Корпус пристрою складається з двох частин — основи корпусу та кришки. На рис. 3.12–3.14 зображено 3D–вигляд основи корпусу.

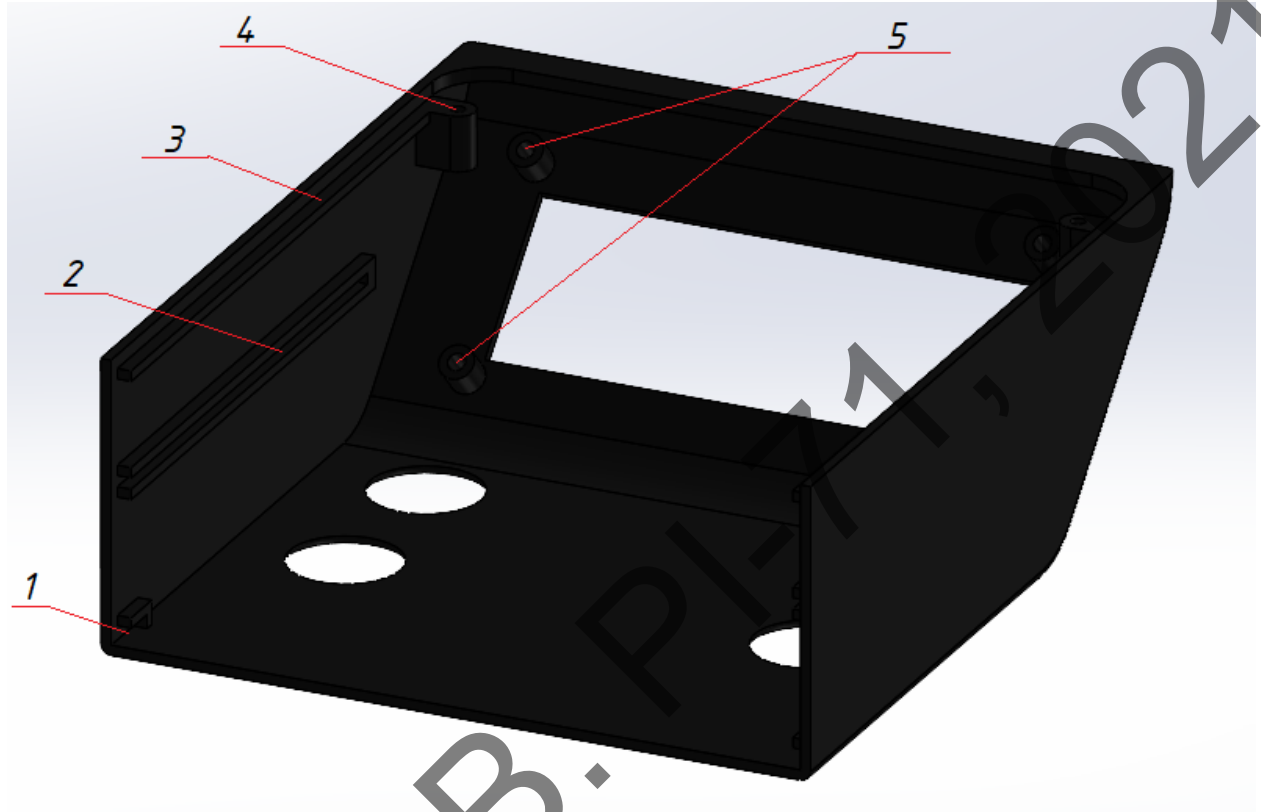


Рисунок 3.12 — 3D–вигляд основи корпусу зсередини

Друкована плата буде кріпитися в корпус методом защемлення, тому в бокових стінках основи передбачено спеціальні пази, позначені номером «2», в які буде встановлюватися ДП.

Для того, щоб користувачеві було більш зручно дивитися на дисплей, було прийнято рішення виконати його встановлення в корпусі під кутом 45 градусів. Дисплей кріпиться до корпусу за допомогою 4 шурупів. Під номером «5» зображено монтажні отвори для екрану.

Під номерами «1», «3», «4» зображено кріплення кришки пристрою. Вона має Г-подібну форму та встановлюється на виступ під номером «3», нижня частина одночасно заходить у паз під номером «1», після чого кришка прикручується на два шурупи, монтажні отвори під які позначено номером «5».

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

25

На рис. 3.13 зображено передній вигляд основи корпусу. Номером «6» позначено отвір під дисплей. Під номером «7» позначено отвори для ультразвукових датчиків відстані.

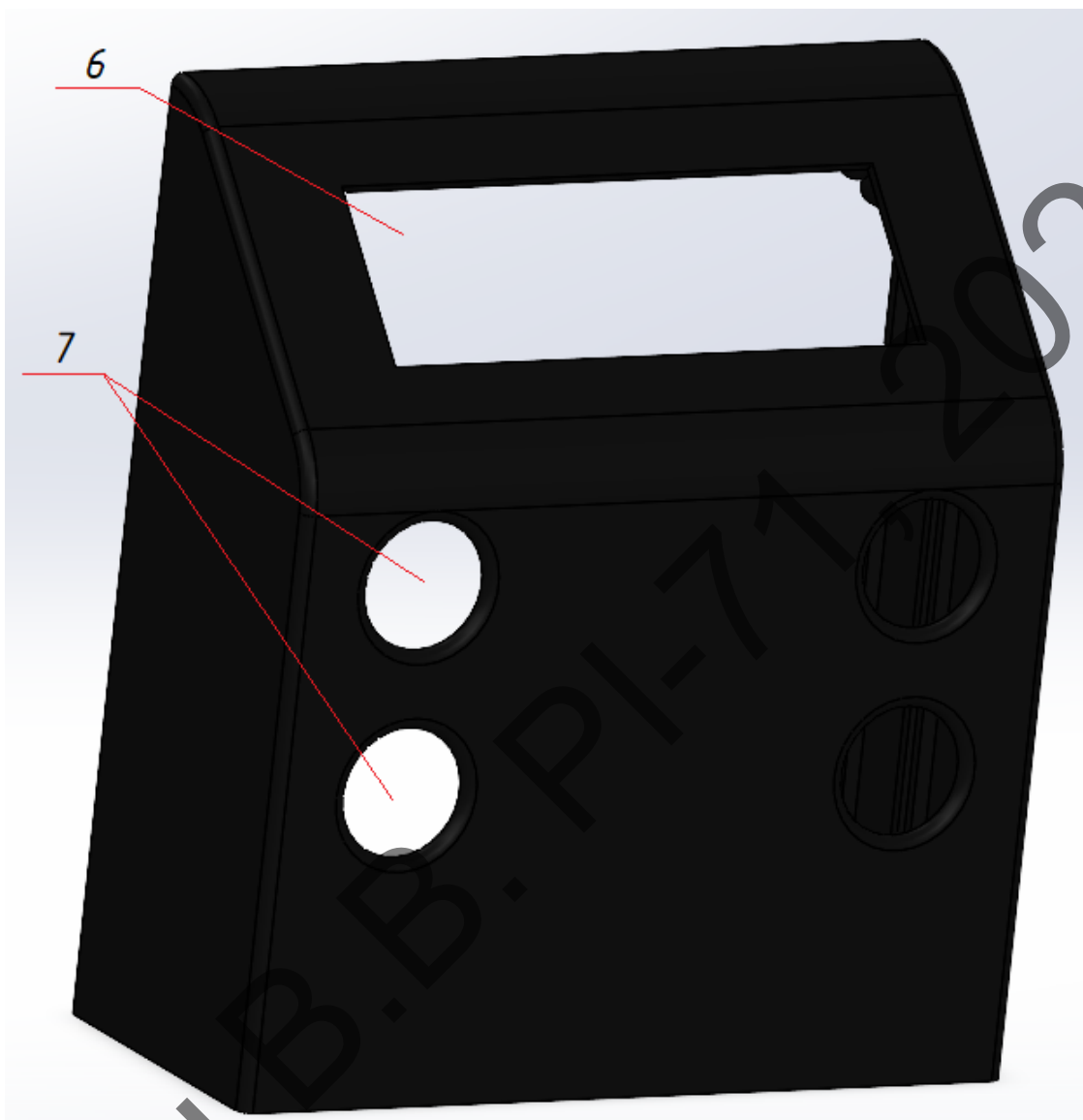


Рисунок 3.14 — Вигляд основи корпусу ззовні

На рис. 3.15 зображено кришку корпусу. Під номером «8» позначено отвори для кріплення корпусу на стіну за допомогою двох монтажних дюбелів. Номером «9» позначено отвір під роз'єм для живлення. Кришка також призначена для фіксації ДП у корпусі.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

26

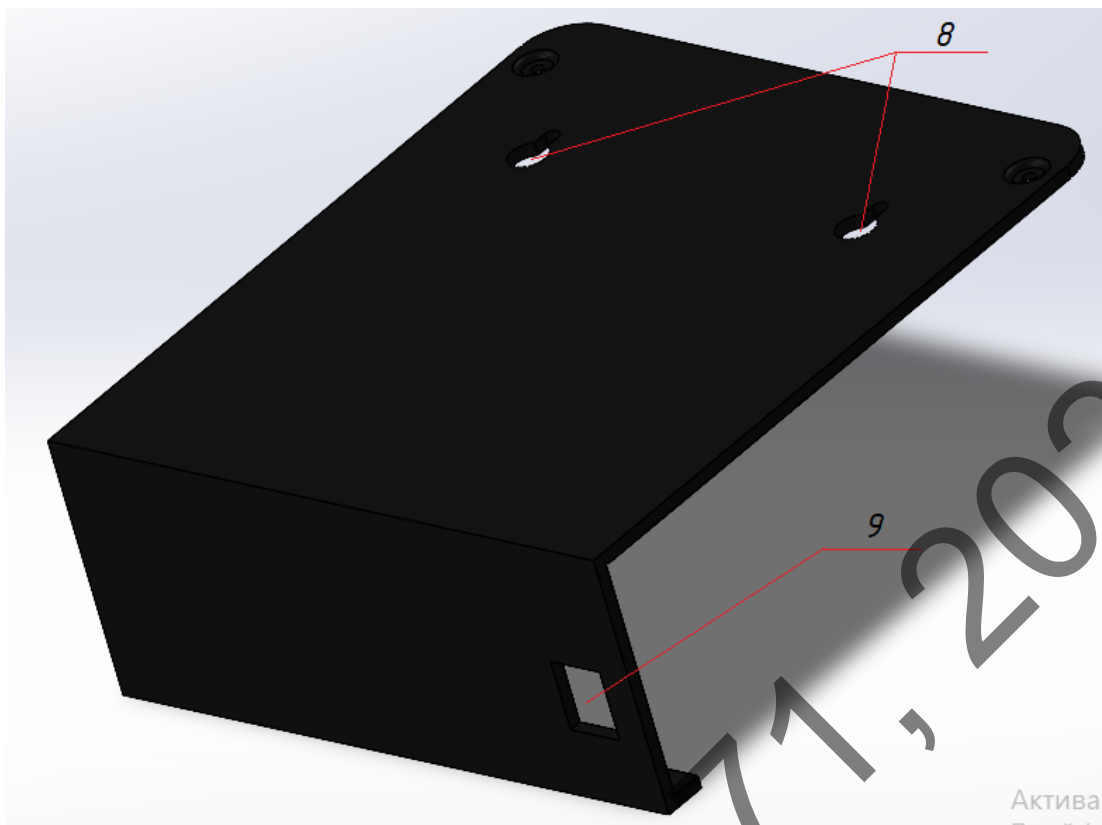


Рисунок 3.15 — Кришка корпусу

На рис. 3.16 зображено встановлені в корпус друкований вузол та *LCD*-дисплей. На рис. 3.17 зображено 3D-вигляд зібраного приладу.

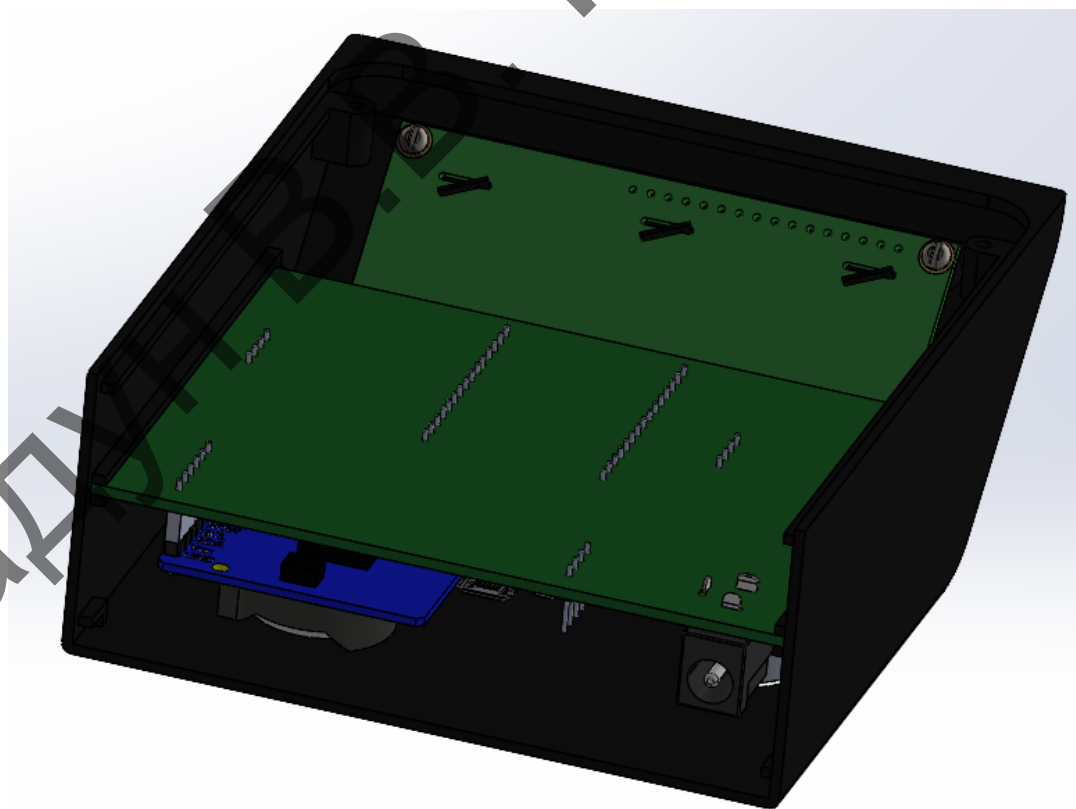


Рисунок 3.16 — Встановлення дисплею та друкованого вузла в корпусі.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист
27



Рисунок 3.17 — Зовнішній вигляд пристрою

В додатку Г наведено специфікацію на пристрій. У додатку Ж зображено детальну візуалізацію приладу.

Порядок збирання пристрою

Збирання пристрою виконувати у наступному порядку:

- LCD-дисплей помістити в основу корпусу у відповідний отвір;
- прикрутити дисплей за допомогою чотирьох гвинтів;
- під'єднати дисплей до друкованої плати за допомогою шлейфу відповідно до схеми електричної принципової;
- виконати встановлення друкованого вузла у відповідні пази в корпусі;
- вставити кришку у відповідні пази основи корпусу;
- прикрутити кришку за допомогою двох гвинтів.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

28

Установка та калібрування пристрою

В ультразвукових датчиків відстані, що використано в даному пристрої, робочий діапазон відстані від 0 до 150 см, тому даний пристрій потрібно встановлювати у проході шириною не більше 160 см. Ідеальним для встановлення є дверний роз'єм шириною 70–90 см, або детекторна рамка (рис. 3.18). Оптимальною висотою для встановлення є 70–90 см над підлогою.

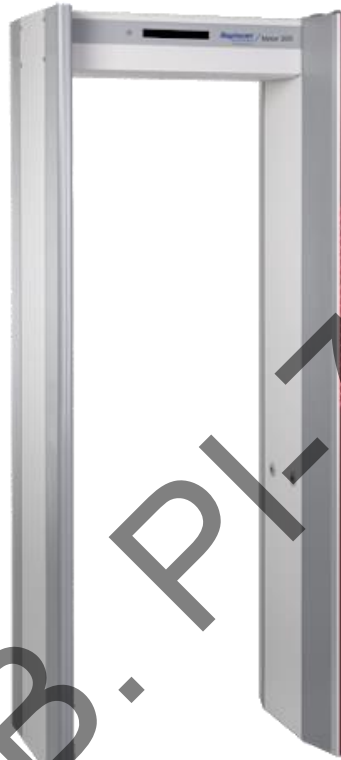


Рисунок 3.18 — Детекторна рамка [12]

У пристрою буде передбачено два варіанти кріплення — за допомогою монтажного двостороннього скотчу (рис. 3.19) (для металевих, пластикових, скляних поверхонь), або за допомогою монтажних дюбелів (рис. 3.20) (для дерев'яних, гіпсокартонних, поверхонь, а також на стінах).

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

29

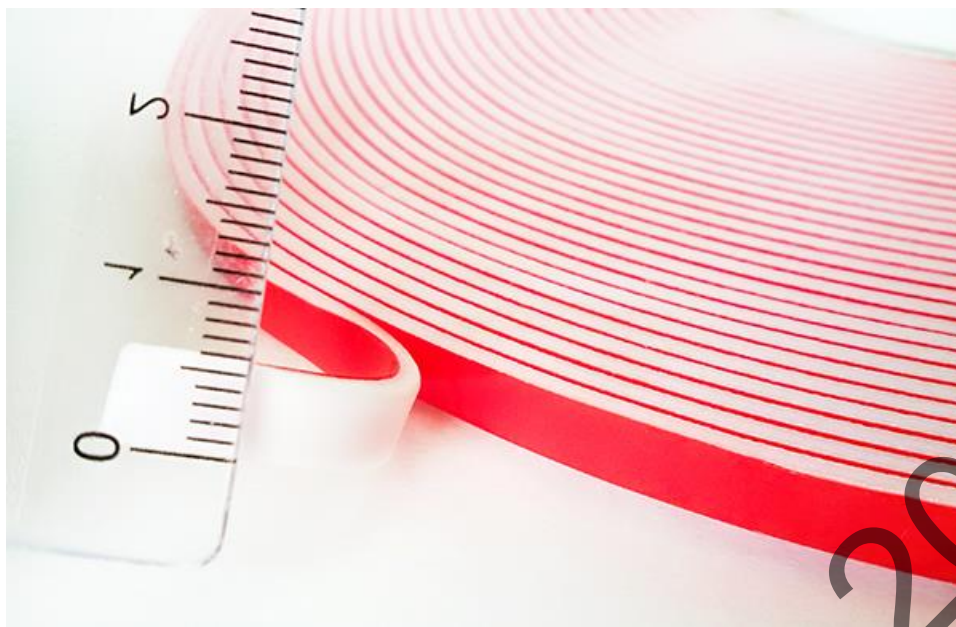


Рисунок 3.1 — Монтажный двосторонний скотч [13]

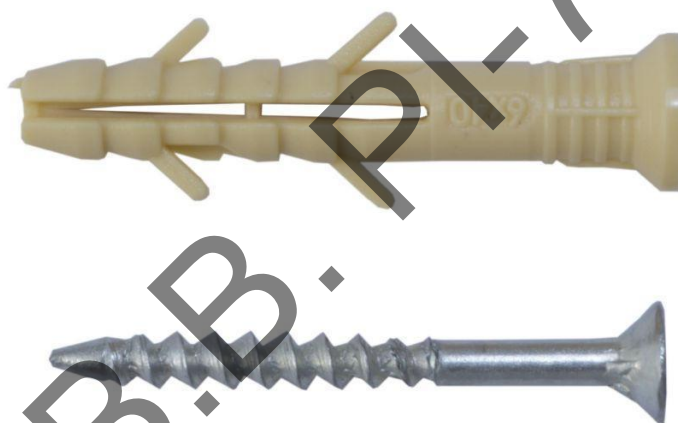


Рисунок 3.20 — Монтажный дюбель [12]

Після виконання встановлення пристрою, до нього потрібно підключити живлення. Прилад буде живитися від блоку живлення на 5 В 1.5 А виробника *TMChina* (рис. 3.21). Потрібно під'єднати штекер блоку живлення до роз'єму у нижній частині приладу, після чого ввімкнути у розетку.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист
30



Рисунок 3.21 — Блок живлення пристрою [14]

Після ввімкнення блоку живлення у розетку, буде автоматично розпочато процес калібрування. Для того, щоб процес налаштування пристрою пройшов правильно, потрібно прибрати усі сторонні предмети з зони спрацювання ультразвукових датчиків. На цьому етапі пристрій визначає відстань до найближчої перешкоди, тобто до протилежної сторони дверного роз'єму, та зберігає це значення до пам'яті програми. Після цього для пристрою потрібно визначити порядок спрацювання датчиків для входу і виходу. Для цього потрібно дочекатися відповідного напису на екрані «Закрийте вхідний датчик», та затулити рукою датчик, що розташований зі сторони входу. Пристрій визначає порядок спрацювання датчиків, та запам'ятовує його. Коли датчики будуть спрацьовувати у зворотному порядку, це буде означати, що відвідувач вийшов з приміщення.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

31

4 АНАЛІЗ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ПРИЛАДУ

4.1 Розробка алгоритму для програмного забезпечення пристрою

Особливістю мікронтролера *ESP-32* є широкий вибір середовищ програмування. Досить зручним є середовище *Arduino IDE*. Дане середовище має ряд переваг:

- зручна C-подібна мова програмування;
- простота користування;
- наявність великої кількості готових бібліотечних функцій (наприклад, присутні бібліотеки для передачі даних по *I2C*).

В даному пункті буде проаналізовано алгоритм роботи програми. Вона буде складатися з двох основних частин: програма калібрування (виконується один раз на початку роботи) і власне програми для опитування датчиків (виконується у нескінченному циклі).

Для зручності написання коду, потрібно створити деякі функції, які будуть часто повторюватися в тексті програми. Перша така функція повинна мати тип *int*, та повертати відстань до перешкоди в см. Алгоритм роботи даної функції наведено на рис 4.1.

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		32

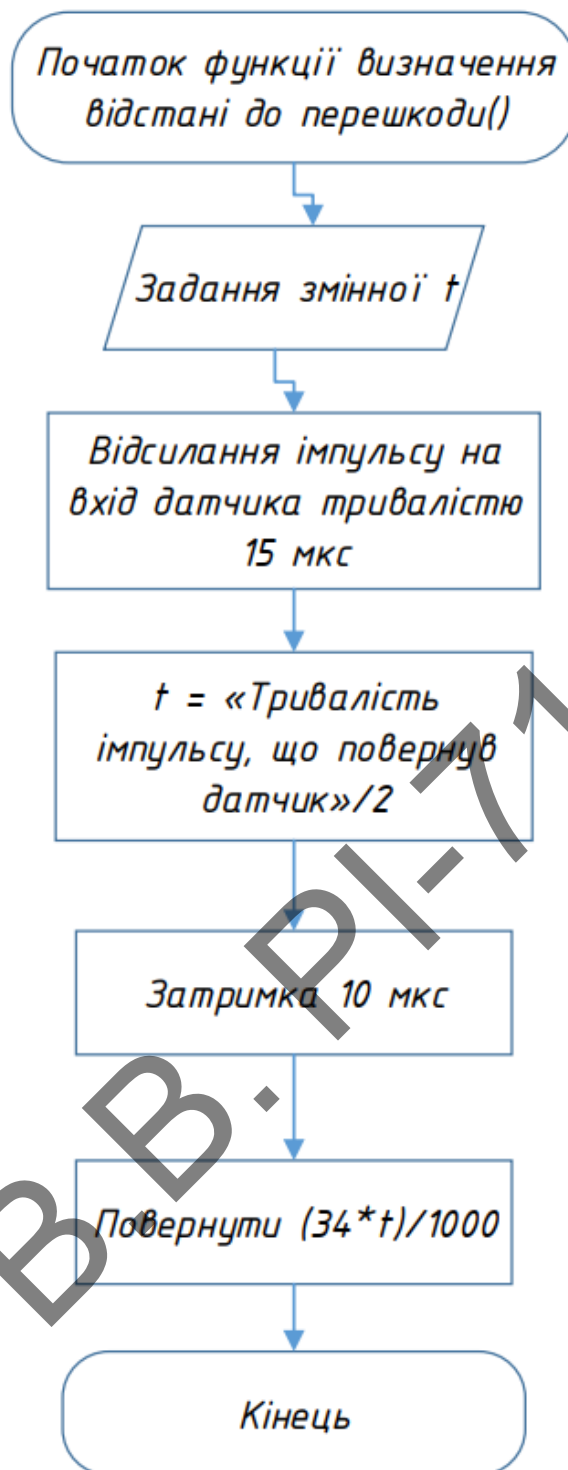


Рисунок 4.1 — Функція визначення відстані до перешкоди

УЗ датчик, що використовується у даному пристрої, повертає час руху звукової хвилі у мкс. Для того, щоб він почав випромінювати хвилю, на його вхід потрібно подати імпульс тривалістю не менше 10 мкс. Після цього потрібно виміряти час руху хвилі, що присвоюється для змінної t . Значення цього часу потрібно поділити на 2, оскільки хвиля проходить одну і ту ж відстань двічі — до перешкоди, та коли повертається назад.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

33

Оскільки у даних датчиків досить широкий кут огляду, і вони розташовані дуже близько один до одного, то їх робочі діапазони майже повністю перекриваються. Тому для коректної роботи пристрою, датчики потрібно опитувати по-черзі з певним проміжком у часі, щоб хвиля, яку випромінює один датчик, не приходила відразу на два. Для цього у програмі додано паузу 10 мкс. Функція повертає значення відстані до перешкоди в см. Також потрібно реалізувати функцію-прапорець, яка буде повертати логічну «1», коли в зоні дії датчика буде перешкода. Дана функція буде мати тип *boolean*. Алгоритм роботи даної функції наведено на рис 4.2.

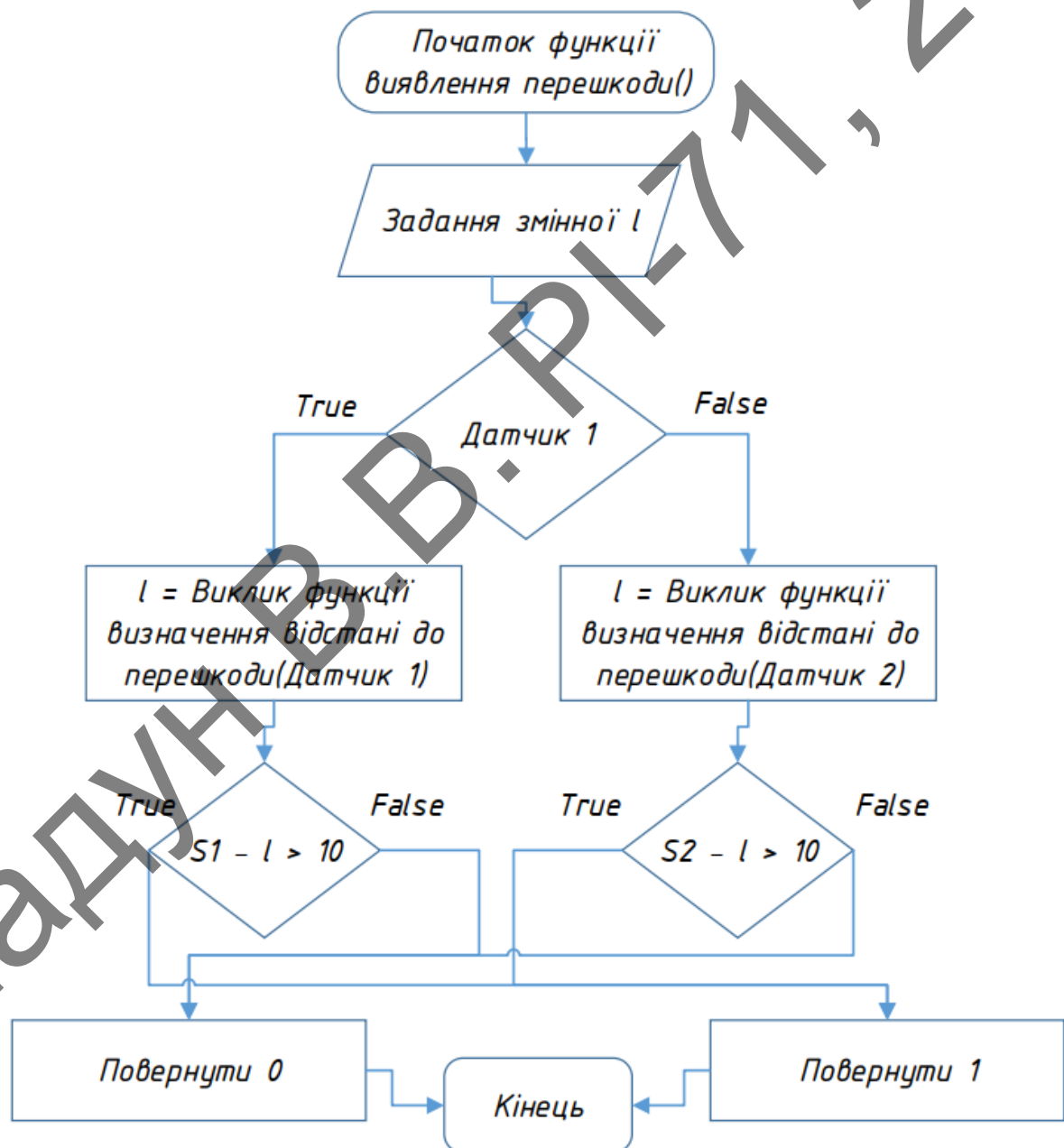


Рисунок 4.2 — Функція виявлення перешкоди

Спершу функція визначає, який з датчиків цікавить користувача, оскільки для кожного УЗ датчика відстань до перешкоди вимірюється окремо. $S1$, $S2$ — глобальні змінні, що визначаються на початку роботи програми під час процесу калібрування, і дорівнюють відстані до протилежної сторони дверного роз'єму. Якщо різниця $S1$ з відстанню до перешкоди (змінна l) буде більшою за 10 см, то функція поверне логічну «1» (тобто, покаже наявність перешкоди), в іншому випадку поверне логічний «0».

Програма розпочинається з процесу калібрування. Він виконується один раз, його основна задача — виміряти відстані $S1$ та $S2$, а також визначити, котрий із датчиків буде вхідним. Алгоритм роботи процесу калібрування зображено на рис. 4.3 та рис. 4.4.

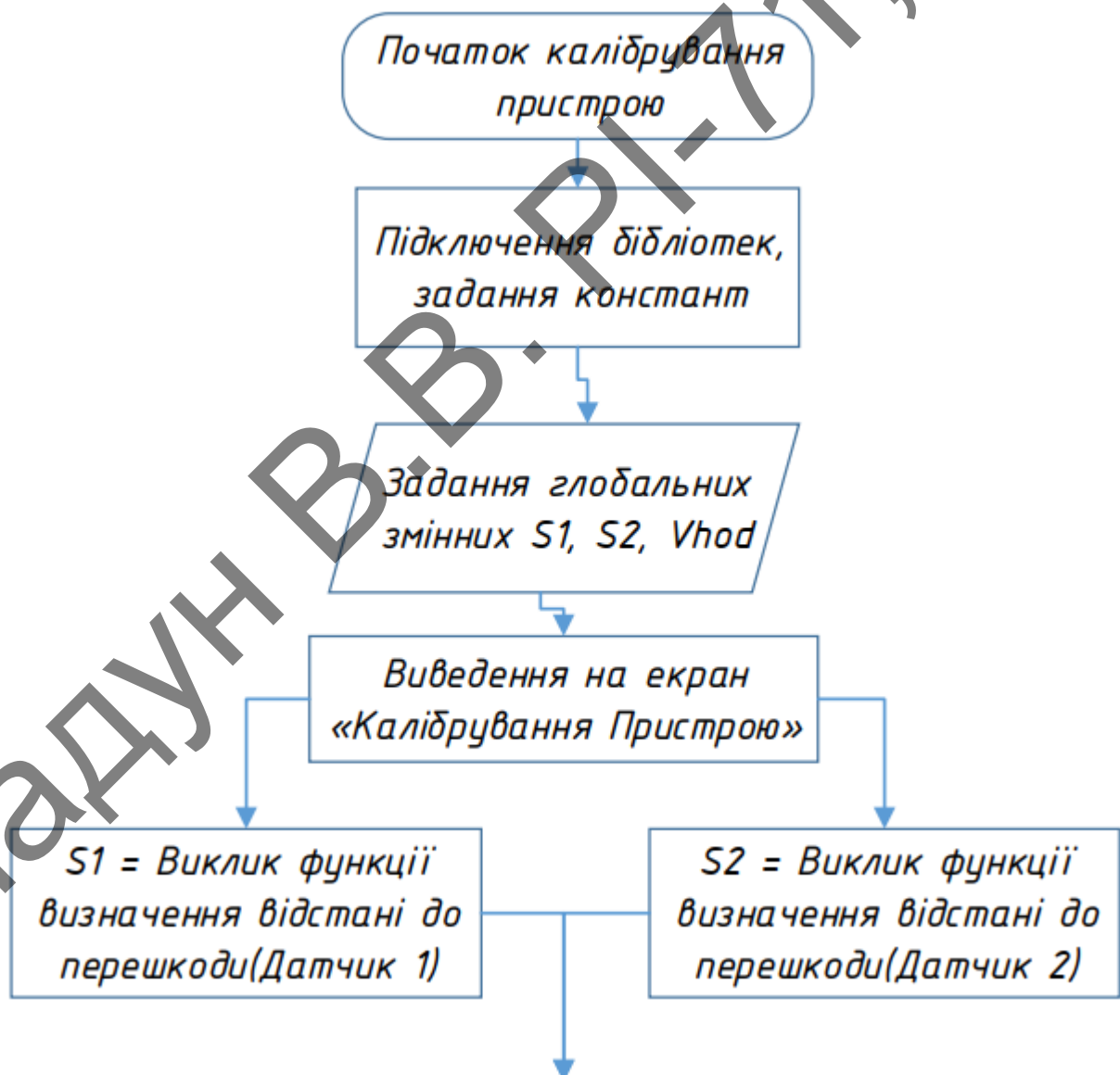


Рисунок 4.3 — Алгоритм калібрування пристрою

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

35

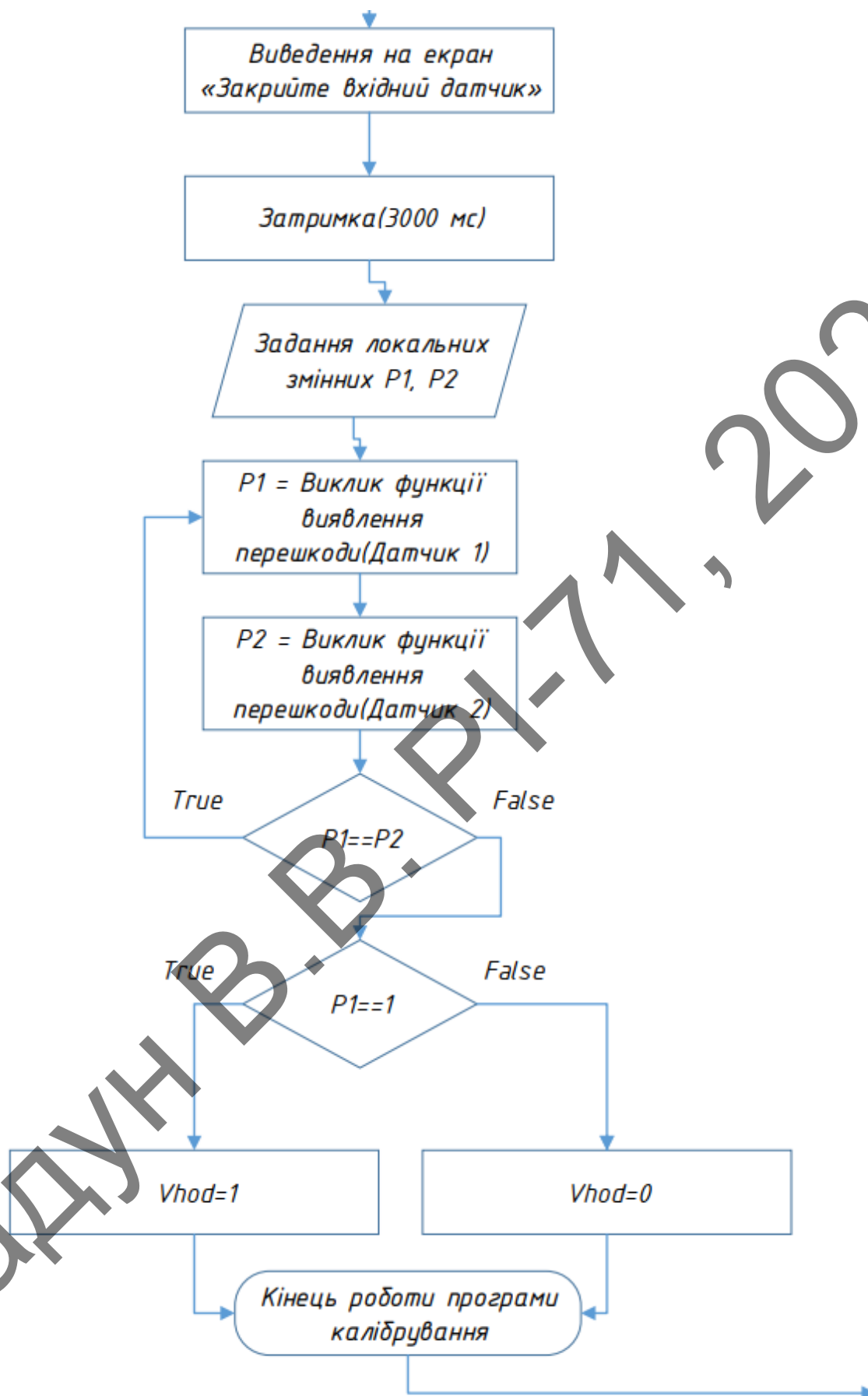


Рисунок 4.4 — Алгоритм калібрування пристрою (продовження)

На початку роботи програми підключаються усі необхідні бібліотеки, а також задаються змінні. $S1$ та $S2$ — є глобальними змінними, що приймають значення відстані до протилежного краю дверного роз'єму.

У другій частині програми калібрування потрібно визначити, який з датчиків буде вхідним. Для цього використовується змінна $Vhod$. $P1$ і $P2$ — допоміжні змінні, яким присвоюється результат виконання функції визначення перешкоди від Датчика 1 та Датчика 2 відповідно. Якщо $P1$ дорівнює $P2$, то датчики опитуються ще раз. Якщо $P1$ дорівнює «1», а $P2$ дорівнює «0», то для змінної $Vhod$ присвоюється значення «1», тобто Датчик 1 буде сприйматися в коді програми, як вхідний. Якщо навпаки, $P1$ дорівнює «0», а $P2$ дорівнює «1», то для змінної $Vhod$ присвоюється значення «0», тобто Датчик 2 буде сприйматися вхідним.

Після виконання даної частини коду, починає виконуватися власне програма підрахунку кількості відвідувачів у нескінченному циклі. Алгоритм роботи програми підрахунку зображено на рис. 4.5.

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		37

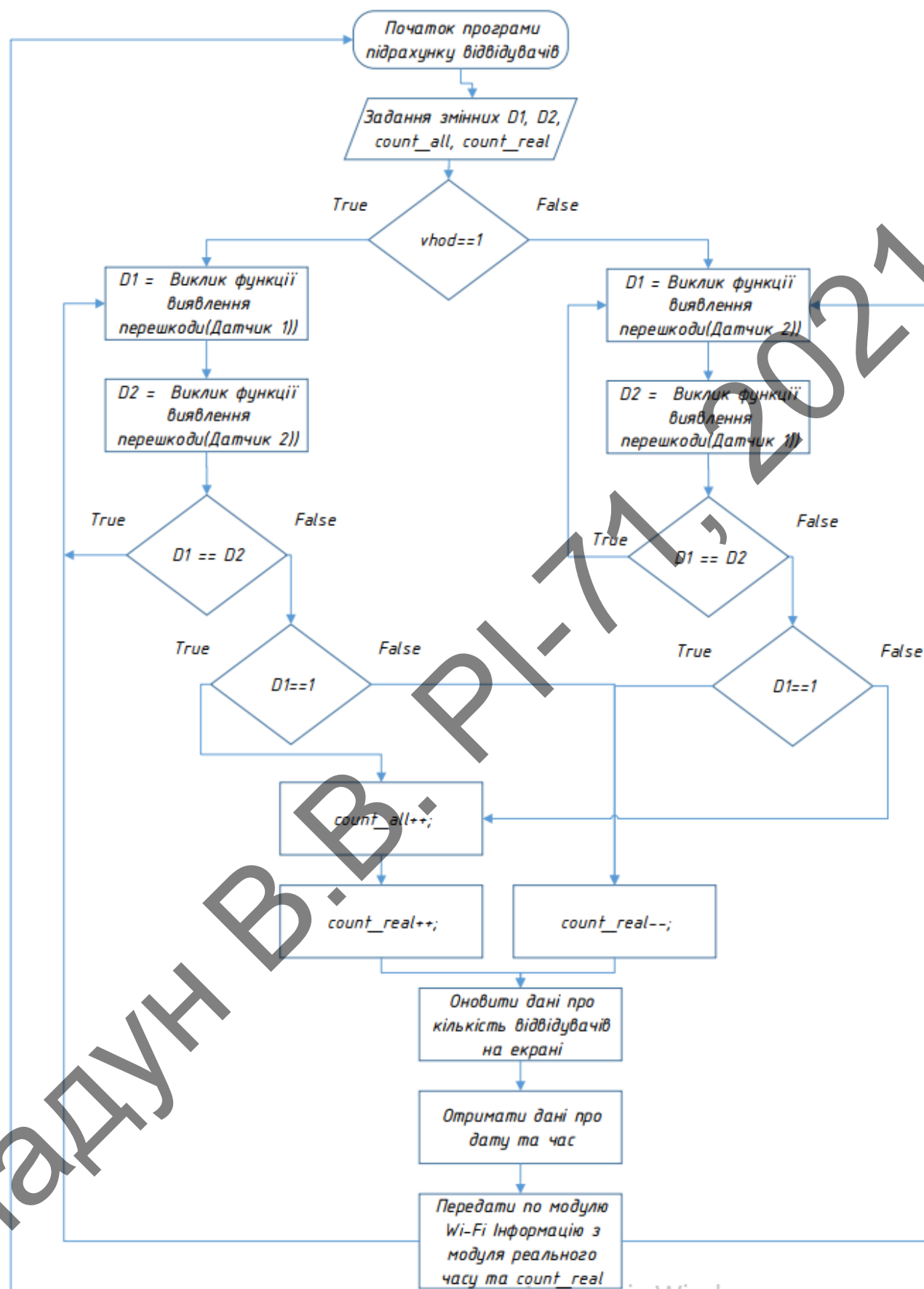


Рисунок 4.5 — Алгоритм роботи програми підрахунку відвідувачів

На початку виконання програми задаються змінні $D1$ та $D2$ типу *boolean*, яким присвоюється інформація від функції виявлення перешкоди від датчиків. Змінна *count_all* призначена для загального підрахунку відвідувачів, що зайшли у приміщення. Змінна *count_real* отримує значення кількості відвідувачів у реальному часі. Програма має два відгалуження відповідно до значень змінної *Vhod*, тобто перш ніж розпочати опитування датчиків, програма перевіряє, який з них є вхідним. Для прикладу, коли $Vhod = 1$, тобто Датчик 1 є вхідним, для $D1$ та $D2$ присвоюються значення функції виявлення перешкоди від Датчика 1 та Датчика 2 відповідно. Після присвоєння змінним $D1$ та $D2$ відповідних значень, програма порівнює ці значення між собою: якщо вони рівні, програма опитує датчики ще раз, а в іншому випадку вона розуміє, що хтось пройшов крізь двері. Після того, як програма зафіксувала прохід крізь рамку, вона визначає чи увійшла людина, чи вийшла, порівнюючи значення змінної $D1$ з логічною «1». Якщо $D1 = 1$, програма рахує, що відвідувач увійшов, і збільшує змінні *count_real* та *count_all* на один. Якщо $D1 = 0$, то програма зменшує змінну *count_real* на один. Після цього програма оновлює інформацію на екрані, визначає час і дату, коли пройшов відвідувач, та передає по модулю *Wi-Fi* значення змінної *count_real* та інформацію про дату та час для подальшого її аналізу.

4.2 Розрахунки, що підтверджують працездатність

Розрахунок показників надійності

Для розрахунку надійності пристрою застосовано наближений метод розрахунку [15]. Даний метод дозволяє проводити орієнтовне оцінювання надійності пристрою і порівнювати його характеристики з відомими аналогами. Його суть полягає у заповненні Таблиці 4.1 для елементів, що входять до складу пристрою з подальшим розрахунком напрацювання пристрою на відмову.

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
						39
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 — Наближений розрахунок надійності пристрою

Назва і тип елемента	$\lambda_0 \cdot 10^6$, 1/год	K_e	Кількість елементів	$\lambda_p \cdot 10^6$, 1/год	$\omega_e \cdot 10^6$, 1/год
Мікросхеми <i>DD1, DD2, DD3, DD4, DD5</i>	2	1	5	2	11,15
Роз'єми <i>X1, DD1</i>	0,5		2	0,5	
Друкована плата	0,15		1	0,15	

У табл. 4.1 символом λ_0 позначена інтенсивність відмов. Робоче значення інтенсивності відмов λ_{pi} і-го елемента визначається за формулою:

$$\lambda_{pi} = \lambda_{0i} \cdot K_{ei},$$

де λ_{0i} — середньостатична інтенсивність відмов і-го елемента;

K_{ei} — поправний коефіцієнт, що враховує умови експлуатації і-го елемента ($K_e = 1$ — стаціонарні умови).

Потік відмов електричних елементів визначається за формулою:

$$\omega_e = \sum_{i=1}^n \lambda_{pi} \cdot N_i = 11,15 \cdot 10^{-6} \left(\frac{1}{\text{год}} \right).$$

Час напрацювання пристрою на відмову визначається за формулою:

$$T_0 = \frac{1}{\omega_e} = \frac{1}{11,15 \cdot 10^{-6}} = 90\,000 \text{ (год)}.$$

Час напрацювання пристрою на відмову вийшов 90 000 годин, що значно перевищує час напрацювання на відмову, заданий в технічному завданні (15000 годин).

Розрахунок віброміцності

Розрахунок віброміцності друкованого вузла проведено за методикою визначення резонансної частоти вільних коливань друкованої плати. Вихідні данні:

— довжина плати $a = 0,1$ м;

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

40

- ширина плати $b = 0,075$ м;
- товщина плати $h = 1,5 \cdot 10^{-3}$ м.

Матеріал друкованої плати — односторонній фольгований склотекстоліт *FR-4 1,5/35* з параметрами:

- модуль пружності $E = 1,1 \cdot 10^{10}$ кг/м²;
- коефіцієнт Пуассона $\xi = 0,28$;
- маса встановлених на платі елементів $M = 0,1$ кг;
- густина $\rho = 2,05 \cdot 10^3$ кг/м³.

Визначимо приведену масу друкованої плати:

$$m_n = \rho h = 2,05 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} = 3,08 \text{ кг/м}^2.$$

Визначимо приведену масу плати з деталями:

$$m = m_n + m_d = 3,08 + \frac{0,1}{0,075 \cdot 0,1} = 16,41 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2}.$$

Розраховуємо циліндричну жорсткість:

$$D = \frac{E \cdot h^3}{12(1 - \xi)} = \frac{1,1 \cdot 10^{10} \cdot 1,5^3 \cdot 10^{-9}}{12 \cdot 0,72} = 4,3 \text{ Нм}.$$

Визначаємо значення функції $\varphi(\beta)$ для заданого кріплення плати:

$$\varphi(\beta) = 9,87 \cdot \sqrt{1 + 2,57 \cdot \beta^2 + 5,14 \cdot \beta^4},$$

де $\beta = \frac{a}{b} = 1,3$ — коефіцієнт, залежний від співвідношення довжини і ширини плати.

$$\varphi(\beta) = 9,87 \cdot \sqrt{1 + 2,57 \cdot 1,3^2 + 5,14 \cdot 1,3^4} = 44,17.$$

Визначимо значення резонансної частоти плати:

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{D}{m}} = \frac{44,17}{6,28 \cdot (0,1)^2} \sqrt{\frac{4,3}{16,41}} \approx 360 \text{ Гц}.$$

Так як резонансна частота плати $f_0 = 360$ Гц в на багато перевищує максимальну частоту вібраційних впливів ($f = 60$ Гц), то обраний варіант кріплення плати влаштовує вимоги до віброміцності.

Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата

PI71.407151.001 ПЗ

Лист

41

ВИСНОВКИ

1. У результаті аналізу технічного завдання та огляду існуючих рішень сформовано основні вимоги до пристрою, а саме: обрати бюджетні компоненти; забезпечити більший функціонал, з'єднання по *Wi-Fi*; живлення від стаціонарної мережі 220–240 В.
2. Спроектовано схеми пристрою електричну структурну та електричну принципову. Головним компонентом схеми є мікроконтролер *ESP-32*. Особливістю даного пристрою є використання УЗ датчиків у якості чутливих елементів, на відміну від інфрачервоних датчиків, що застосовуються у подібних аналогах. Також розроблений пристрій має можливість як виводити дані на вбудований екран, так і передавати їх по модулю *Wi-Fi* для подальшого аналізу.
3. В середовищі *Altium Designer* розроблено друкований вузол та документацію на його виготовлення. В середовищі *SolidWorks* розроблено корпус та конструкцію пристрою. Корпус складається з двох частин — основи та кришки. На кришці корпусу передбачено спеціальні отвори для кріплення за допомогою монтажних дюбелів. В основі корпусу передбачено пази для кріплення ДП, та отвори під УЗ датчики.
4. Синтезовано блок–схему алгоритму роботи програми. Вона складається з двох частин — програми калібрування, що виконується один раз під час ввімкнення пристрою, та програми підрахунку відвідувачів, що виконується постійно у нескінченному циклі. Було проведено наближений розрахунок надійності пристрою, та віброміцності. Отримані в результаті розрахунків показники надійності та віброміцності задовольняють вимоги технічного завдання.

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ докум.	Підпис	Дата		42

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Счетчик посетителей ТК–02. URL: <http://tksystems.com.ua/product/tk-02/> (дата звернення 07.05.2021).
2. WF–210 Лічильник відвідувачів. URL: <http://counters.com.ua/wi-fi-counters/wf-210/> (дата звернення 07.05.2021).
3. Счетчик посетителей JR UNI. URL: <http://jrssystem.com.ua/> (дата звернення 07.05.2021).
4. ГОСТ 15150-69. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003320> (дата звернення 07.05.2021).
5. Інтернет–магазин "Ардуіно в Україні" — продаж *Arduino, Raspberry Pi*, мікрокомп'ютерів в Києві і Україні. URL: <https://arduino.ua/> (дата звернення 07.05.2021).
6. РКС компоненти — Радіомаг. URL: <https://www.rcscomponents.kiev.ua/> (дата звернення 07.05.2021).
7. *Fire hazard testing — Part 11–2: Test flames — 1 kW nominal pre–mixed flame — Apparatus, confirmatory test arrangement and guidance — IEC 60695–11–2* [Чинний від 2017.06] — IEC, 2017. — 18с.
8. ISO 9453:2014. URL: <https://www.iso.org/standard/59299.html> (дата звернення 15.05.2021).
9. Платы печатные. Основные параметры конструкции ГОСТ 23751-86. — [Чинний від 1989—04—01] — М. Государственный стандарт союза ССР, 1986. — 7с.
10. *Altium Designer*. URL: <https://www.altium.com/altium-designer> (дата звернення 18.05.2021).
11. *Solid Works*. URL: <https://www.solidworks.com> (дата звернення 24.05.2021).
12. Інтернет–магазин *Prom*. URL: <https://prom.ua/> (дата звернення 29.05.2021).
13. Інтернет–магазин ДК Бізнес–партнер. 3M *VHB 4912F* Монтажный двосторонний скотч тюнерів. URL : <https://www.business->

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		43

partner.com.ua/uk/701/3m-vhb-4912f-montajniy-dvostoronniy-skotch/

(дата

звернення 29.05.2021).

14. Інтернет–магазин *Svitidey*. Блок живлення для *T2* тюнерів. URL: https://svitidey.com/product/337175-blok-zhivlennya-dlya-t2-tyuneriv-5v-15a-tmkitay.html?gclid=Cj0KCQjwzYGGBhCTARIsAHdMTQw7VQnE6z8w3h-N1rGv72cFPYLIqs-NgE5knfXYeXuHVeUbXsnX8jsaAoI9EALw_wcB

(дата

звернення 29.05.2021).

15. Фізико-теоретичні основи конструювання електронних апаратів [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до виконання розрахункових та контрольних робіт для студентів напряму підготовки 6.050902 «Радіоелектронні апарати» / НТУУ «КПІ» ; уклад. С. М. Перегудов, М. В. Зінченко. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,45 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2012. – Назва з екрана.

					PI71.407151.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

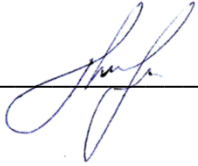
ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

ПОГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

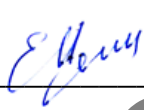
асист. Нікітчук А. В.

(керівник)



д.т.н., проф. Нелін Є. А.

(В.о. зав. кафедри КіВРА)



ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

«Пристрій обліку кількості відвідувачів у приміщеннях»

Київ – 2021 року

1 НАЗВА І ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ

Назва проекту: «Пристрій обліку кількості відвідувачів у приміщеннях»

Підставою для виконання є завдання, видане кафедрою радіоконструювання та виробництва радіоапаратури від «11» квітня 2021 р.

2 МЕТА ВИКОНАННЯ І ПРИЗНАЧЕННЯ РОЗРОБКИ

Метою дипломного проекту є розробка електронного пристрою для обліку кількості відвідувачів у приміщеннях, перевірка на працездатність та оформлення конструкторської документації.

За допомогою приладу можна дізнаватися кількість відвідувачів у приміщенні в режимі реального часу та переглядати статистику відвідувань за певний період часу.

3 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

3.1 Технічні характеристики

Напруга живлення схеми, В.....5;

Максимальний струм живлення, А.....1;

Тип з'єднання.....бездротове;

Канал зв'язку.....Wi-Fi.

3.2 Вимоги до надійності

Пристрій повинен бути відновлюваний і ремонтпридатний по ГОСТ 27.002-89.

Середнє напрацювання на відмову, не менше, годин.....15000;

Середній час відновлення, не більше, годин.....2;

Середній строк служби, років.....3.

3.3 Вимоги до конструкції

Спосіб кріплення корпусуна стіну;

Матеріал корпусупластик.

3.4 Вимоги до віброміцності

Резонансна частота друкованої плати, не менше, Гц.....250.

3.5 Вимоги до стандартизації та уніфікації

В конструкції повинні бути використані стандартні та уніфіковані вузли та деталі.

3.6 Умови експлуатації і вимоги до технічного обслуговування та ремонту

Кліматичне виконання приладу — УХЛ 4.1 (згідно з ГОСТ 15150-69):

- робоча температура від $+10^{\circ}\text{C}$ до $+35^{\circ}\text{C}$;
- гранична температура від $+1^{\circ}\text{C}$ до $+40^{\circ}\text{C}$;
- середнє значення вологості повітря 60% при температурі $+20^{\circ}\text{C}$;
- граничне значення відносної вологості повітря 80% при температурі $+25^{\circ}\text{C}$;
- робоче значення атмосферного тиску 104 кПа.

3.7 Вимоги до електромагнітної сумісності

Пристрій повинен відповідати вимогам по електромагнітній сумісності та індустриальним радіозавадам по ГОСТ 22505–97 (Технічний регламент №22).

3.8 Естетичні та ергономічні вимоги

Пристрій має бути виконаний в одному корпусі та передбачати кріплення на стіну.

Інші вимоги за ДСТУ 2429–94.

3.9 Вимоги до маркування та упаковки

Органи під'єднання маркувати відповідно до їх функціонального призначення. Маркування виконувати за ДСТУ 4171-2003.

3.10 Вимоги до транспортування і зберігання приладу

Транспортувати автомобільним, залізничним та авіаційним транспортом в упакованому вигляді.

Умови зберігання виробу — Л1 (згідно ГОСТ 15150–69).

3.11 Вимоги до експлуатації, зручності технічного обслуговування і ремонту

Виріб має відповідати умовам ГОСТ 15150–69, та має бути передбачено легкий доступ для ремонту.

3.12 Економічні показники

Прилад виготовляється для одиничного виробництва.

Забезпечити мінімальну вартість продукції.

4 ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Документація оформлюється згідно ДСТУ 3008:2015.

Конструкторська документація має містити у своєму складі:

- текстову документацію: пояснювальна записка, перелік елементів, специфікація на розроблені друковані вузли;
- графічну документацію: загальний обсяг має становити мінімум 3 листа А1 — це структурна схема пристрою, схема електрична принципова, креслення друкованих плат, складальне креслення друкованих вузлів, і плакат пристрою.

5 ОІЄНТОВНИЙ ЗМІСТ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Вступ

1. Огляд існуючих рішень. Аналіз технічного завдання
2. Розробка структурної та принципової схеми
3. Проектування електронного модуля
4. Проектування приладу та розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції

Висновки

Перелік посилань

6 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

Дипломний проект виконується в 7 етапів.

Таблиця А.1 — Етапи дипломного проекту

№	Назва етапу	Термін виконання	Форма звітності
1	Огляд існуючих рішень	06.05–08.05	Розділ 1
2	Розробка та аналіз ТЗ	09.05–13.05	Розділ 1
3	Обґрунтування та вибір схемотехнічного рішення	14.05–20.05	Розділ 2
4	Вибір та обґрунтування елементної бази	21.05–22.05	Розділ 2
5	Проектування приладу	23.05–30.05	Розділ 3

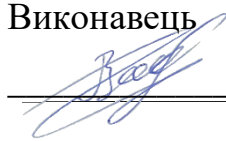
Продовження таблиці А.1

6	Розрахунки, що підтверджують працездатність	31.05–04.06	Розділ 4
7	Оформлення документації	05.06–7.06	Креслення і додатки

7 ЕТАПИ ПРИЙМАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ І МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ПОДАЮТЬСЯ ПІД ЧАС ЗАКІНЧЕННЯ ЕТАПІВ І ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ ВЦІЛОМУ

Матеріали, що є проміжними, подаються у вигляді розділів дипломного проекту на перевірку в зазначені терміни. Після закінчення виконання дипломного проекту, цей проект представляється і захищається комісією.

Виконавець



Віктор ГЛАДУН

Керівник



Артем НІКІТЧУК

ДОДАТОК Б. РОЗРАХУНКИ

Для сигнальних:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t_1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minDg} := 0.45mm$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{noS} := -0.1mm$

$$t_{1Vs} := t_{minDg} + |\Delta t_{noS}| = 0.55mm$$

ПРИМ ПКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t_1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності (на один менше) $t_{minDg} := 0.75mm$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{noS} := -0.15mm$

$$t_{1IIIg} := t_{minDg} + |\Delta t_{noS}| = 0.9mm$$

ПРИМ ПКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t_2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників (Om^*mm^2/m)- $\rho_s := 0.017 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$

Довжина провідника (м)- $l_g := 0.15m$

Товщина фольги (мм)- $h_g := 35 \cdot 10^{-3}mm$

Прикладена напруга (В)- $U_{живg} := 5V$

Максимальний струм (А)- $I_{maxg} := 0.05A$

$$t_{2g} := \frac{l_g \cdot I_{maxg} \cdot \rho}{h_g \cdot U_{живg} \cdot 0.03} = 0.024mm$$

ПРИМ ПКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричною принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідно довжини з'єднання в файлі pcb3.pcb.

Мінімально допустиму ширину провідника t_3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (А)- $I_{maxg} := 0.05A$

Товщина фольги (мм)- $h_g := 35 \cdot 10^{-3}mm$

Допустима щільність струму в провіднику (A/mm^2)- $j_g := 20 \frac{A}{mm^2}$

$$t_{3g} := \frac{I_{maxg}}{h_g \cdot j_g} = 0.071mm$$

Рисунок Б.1 — Розрахунок ширини сигнальних провідників

Для силових:

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t_1 у вузькому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minD_p} := 0.45 \text{ mm}$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{no_p} := -0.1 \text{ mm}$

$$t_{1V_p} := t_{minD_p} + |\Delta t_{no_p}| = 0.55 \text{ mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 3, для завдань звичайної складності - клас точності 2.

Мінімальне значення ширини друкованого провідника t_1 у широкому місці, мм:

Вибираємо за класом точності- $t_{minD_p} := 0.75 \text{ mm}$

Допуск на ширину провідника (нижнє відхилення) $\Delta t_{no_p} := -0.15 \text{ mm}$

$$t_{1III_p} := t_{minD_p} + |\Delta t_{no_p}| = 0.9 \text{ mm}$$

ПРИМІТКА: Для завдань підвищеної складності - клас точності 2, для завдань звичайної складності - клас точності 1.

Мінімально допустиму ширину провідника t_2 з урахуванням допустимого падіння напруги на ньому (3%):

Питомий опір провідників ($\text{Om} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$)- $\rho := 0.017 \frac{\Omega \cdot \text{мм}^2}{\text{м}}$

Довжина провідника (м)- $l_p := 0.15 \text{ m}$

Товщина фольги (мм)- $h_p := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Прикладена напруга (В)- $U_{жиз_p} := 5 \text{ V}$

Максимальний струм (А)- $I_{max_p} := 0.8 \text{ A}$

$$t_{2p} := \frac{l_p \cdot I_{max_p} \cdot \rho}{h_p \cdot U_{жиз_p} \cdot 0.03} = 0.389 \text{ mm}$$

ПРИМІТКА: Прикладена напруга і максимальний струм визначаються за схемою електричної принциповою та DataSheet на корпус. Довжина провідника обирається згідн довжини з'єднання в файлі pcb3.pcb.

Мінімально допустиму ширину провідника t_3 з урахуванням допустимого рівня струму на ньому:

Максимальний струм (мА)- $I_{max_p} := 0.8 \text{ A}$

Товщина фольги (мм)- $h_p := 35 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$

Допустима щільність струму в провіднику ($\text{A}/\text{мм}^2$)- $j_p := 20 \frac{\text{A}}{\text{мм}^2}$

$$t_{3p} := \frac{I_{max_p}}{h_p \cdot j_p} = 1.143 \text{ mm}$$

Ст - 2

Рисунок Б.2 — Розрахунок ширини силових провідників

ДОДАТОК В. СПЕЦИФІКАЦІЯ НА ДРУКОВАНІЙ ВУЗОЛ

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Прим.
				<u>Документація</u>		
A3			PI71.407151.001 E3	Схема ел. принципова		
A3			PI71.407151.001 E1	Схема ел. структурна		
A3			PI71.407151.002 СК	Складальний креслений		
				<u>Деталі</u>		
A3		1	PI71.758735.001	Друкована плата	1	
				<u>Інші вироби</u>		
		2		Конектор для LCD-дисплею		
				KLS1-207-1-04-S	1	DD1
		3		Модуль реального часу		
				DS3231SN	1	DD2
		4		УЗ-датчик HC-SR04	2	DD3, DD5
		5		Модуль ESP-Wroom-32	1	DD4
		6		Роз'єм живлення KLS1-DC-005	1	X1
			PI71.407151.002			
Змін	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Друкований вузол	
Розроб.	Гладун			07.06		
Перев.	Нікітчук					
Т. конт.						
Н. конт.	Попсуй					
Затв.	Нікітчук				КПІ ім. Ігоря Сікорського, РТФ	
					Літ.	Аркуш
						1
						2

[illegible]

ДОДАТОК Г. СПЕЦИФІКАЦІЯ ПРИСТРОЮ

<i>Форм.</i>	<i>Зона</i>	<i>Поз.</i>	<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Прим.</i>
				<u>Документація</u>		
A3			PІ71.407151.001 E3	Схема ел. принципова		
A3			PІ71.407151.001 Е1	Схема ел. структурна		
A3			PІ71.407151.001 СК	Складальний кресленик		
A4			PІ71.407151.001 ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Складальні одиниці</u>		
A3		1	PІ71.758735.002	Друкований вузол	1	
				<u>Деталі</u>		
A3		2	PІ71.731195.001	Корпус	1	
A3		3	PІ71.731195.002	Кришка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		4		Шуруп 2-2x7 ГОСТ 1144-80	2	
		5		Шуруп 2-2,5x5 ГОСТ 1144-80	4	
				PІ71.407151.001		
<i>Змін</i>	<i>Арк.</i>	<i>N° докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>
Розроб.		Гладун	[Signature]	07.06		2
Перев.		Нікітчук				
T. конт.						
H. конт.		Попсуї				
Затв.		Нікітчук				
<i>Пристрій обліку кількості відвідувачів у приміщенні</i>					<i>KPI ім. Ігоря Сікорського, РТФ</i>	

[illegible]

ДОДАТОК Д. ДЕТАЛЬНА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ



Рисунок Д.1 — Зовнішній вигляд пристрою №1




Рисунок Д.2 — Зовнішній вигляд пристрою №2



Рисунок Д.3 — Зовнішній вигляд пристрою №3

ДОДАТОК Е. ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	A4		Завдання	2	
2	A3	PI71.407151.001 E1	Схема структурна	1	
3	A3	PI71.407151.001 E3	Схема електрична принципова	1	
4	A3	PI71.758735.001	Друкована плата	1	
5	A3	PI71.407151.002	Друкований вузол	1	
6	A3	PI71.731195.001	Корпус	1	
7	A3	PI71.731195.002	Кришка	1	
8	A3	PI71.407151.001	Лічильник відвідувачів	1	
9	A4	PI71.407151.001 ПЗ	Пояснювальна записка	59	
10	A2		Плакат	1	

				PI71.407151.001		
	ПІБ	Підп.	Дата	Пристрій обліку кількості відвідувачів у приміщенні	Лист	Листів
Розробн.	Гладун В. В.		07.06		1	1
Керівн.	Нкітчук А. В.				КПІ ім. Ігоря Сікорського РТФ, РІ-71	
Н/контр.	Попсуй В. І.					
Зав.каф.	Нелін Є. А.					