

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

**Радіотехнічний факультет
Кафедра радіотехнічних пристроїв та систем**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЖУК

«__» _____ 2021 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

«Радіотехнічні інформаційні технології»

спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

на тему: «Безпроводний комутаційний модуль системи "Розумний дім"»

Виконав:

студент ІV курсу, групи РТ-71
Романушко Олександр Сергійович

Керівник:

Мирончук Олександр Юрійович

Рецензент:

Видалко Олег Євгенович

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 радіотехнічних пристроїв та систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Радіотехнічні інформаційні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЖУК

« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Романушко Олександр Сергійовичу

1. Тема проєкту «Безпроводний комутаційний модуль системи "Розумний дім"»,

керівник проєкту Мирончук Олександр Юрійович, асистент, затверджені наказом по університету від «18 травня 2021 р. №1205-С

2. Термін подання студентом проєкту 10 червня 2021 року.

3. Вихідні дані до проєкту : плата повинна мати 8 каналів , кожній з них пропускає струм 10 А , підтримувати бездротовий інтерфейс WIFI, мати вбудований ватметр та інтерфейс взаємодії з користувачем.

4. Зміст пояснювальної записки : Аналіз технічного завдання. Огляд аналогів. Вибір та обґрунтування технічних рішень. Електрична принципова схема пристрою. Вибір та обґрунтування елементної бази. Розробка прошивки. Розробка конструкції та оцінка надійності пристрою.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо)): плата друкована, складальний кресленик, функціональна схема, електрична схема.

6. Дата видачі завдання 13 квітня 2021 року.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналіз літературних джерел	12.04 – 19.04	Виконано
2	Розробка основної стратегії роботи пристрою	20.04 – 27.04	Виконано
3	Розробка схеми електрично принципової	27.04 – 04.05	Виконано
4	Розробка друкованої плати	04.05 – 11.05	Виконано
5	Розробка алгоритму дистанційного доступу до пристрою	12.05 – 19.05	Виконано
6	Розробка корпусу для пристрою	20.05 – 27.05	Виконано
7	Написання прошивки девайса	28.05 – 10.06	Виконано

Студент

Олександр РОМАНУШКО

Керівник

Олександр МИРОНЧУК

АНОТАЦІЯ

Досягнення сучасного технічного прогресу вже присутні у кожній сфері нашого життя, але розвиток та технологічне вдосконалення цифрових пристроїв не припиняється.

Актуальність цієї роботи полягає у задоволенні зростаючого попиту на розумну автоматизацію будинків у напрямку безпеки, освітлення, енергоменеджменту.

Метою даної дипломної роботи є розробка бездротового багаторелейного модуля з можливістю персоналізованих налаштувань, які дозволять дистанційно керувати восьма пристроями. Функціональні можливості: моніторинг стану пристроїв, ведення статистики споживання електроенергії та реалізацію встановлених сценаріїв. Для досягнення цієї мети були розглянуті, досліджені та проаналізовані аналоги. Проведено аналіз технічного завдання, розроблено структурну та електричну принципову схеми, а також конструкцію друкованої плати та самого корпусу пристрою.

Ключові слова: автоматизація, релейний модуль, веб-інтерфейс, розумний дім.

ANNOTATION

The achievements of the modern technical progress have already been implemented in every area of our lives, but active development process and continuous technological improvement are still going on.

The importance of this work lies in providing solution to meet the growing demand for smart home automation in security, lighting and energy management.

The purpose of this thesis is to design a wireless multi-relay module with the availability of personalized settings that will allow remote control for up to eight devices. Device functionalities include: monitoring of home devices' condition, keeping statistics of electricity consumption and implementing prescribed scenarios. To achieve this goal, various analogues were considered, investigated, and analyzed. The analysis of the technical task was performed, the structural scheme and the electrical circuit diagram were designed, as well as the design of the printed circuit board and the device body itself.

Keywords: automation, relay module, web interface, smart home.

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	4
Вступ.....	5
1 Огляд АНАЛОГІВ.....	6
1.1 Огляд існуючих рішень	6
1.2 Огляд та аналіз схемотехнічних рішень	13
1.3 Аналіз технічного завдання	15
2 Вибір та обґрунтування елементної бази	16
2.1 Розробка структурної схеми пристрою	16
2.2 Розробка електричної принципової схеми пристрою	17
3 Конструкторський розділ	27
3.1 Розрахунок необхідної площі плати і вибір її розмірів	27
3.2 Розрахунок параметрів друкованого монтажу.....	28
3.3 Вибір класу точності плати та щільності виробництва	31
3.4 Робота в редакторі Altium PCB.....	32
3.5 Експорт плати з Altium в SolidWorks.....	35
3.6 Розробка корпусу приладу в програмному забезпеченні SolidWorks	36
.....	36
4 Розробка програмного забезпечення.....	39
4.1 Принципове обґрунтування алгоритму роботи девайсу.....	39
4.2 Аналіз прошивки девайсу	41
Висновки	43
Перелік джерел посилань	44
Додаток А. Прошивка.....	46
Додаток Б. Специфікація.....	51

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		2

Додаток В. Схема електрична принципова	52
Додаток Г. Складальний кресленник друкованого вузла	53
Додаток І. Складальний кресленник пристрою.....	54

					<i>РТ71. 411132.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

DC — direct current (постійний струм);
AC — alternating current (змінний струм);
ПХЛ — помірно холодний клімат;
ДП — друкована плата;
ДДП — двошарова друкована плата;
КД — конструкторська документація;
ККД — коефіцієнт корисної дії;
РЕА — радіоелектронна апаратура;
ТЗ — технічне завдання;
GUI — графічний інтерфейс користувача;
ЛВМ — локальна внутрішня мережа;
APP — application;
ABS — Акрилонітрилбутадієнстирол
NAT — Network Address Translation

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Завданням даного дипломного проекту є проектування пристрою, котрий дозволить керувати станом ON/OFF восьми будь-яких пристроїв одночасно, користуючись лише мобільним додатком і не важливо в якій точці планети знаходиться користувач.

Користувач отримує зворотній зв'язок із пристроєм, тобто має змогу моніторити стан (ON/OFF) кожного “навантаження”, підключеного до пристрою.

Як особливість - у користувача є опціональна можливість вести статистику спожитої електроенергії сумарно восьми груп навантаження, котрі скомутовані в платі цього пристрою.

На сьогоднішній день є дуже популярна тенденція - це оздоблювати свої квадратні метри розумною електронікою. Зазвичай такі розумні девайси дозволяють полегшити або автоматизувати рядові повсякденні процеси, котрі здійснює людина на протязі дня.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						5
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД АНАЛОГІВ

В цьому розділі буде розглянуто існуючі пристрої та їхні алгоритми роботи. Це дозволить обрати корпус приладу, його функціонал, та схему. При цьому врахувавши недоліки існуючих рішень, з'явиться можливість зробити пристрій більш якісним, здатним до поширених типів монтажу, можливо дешевшим і оригінальним в своєму роді.

1.1 Огляд існуючих рішень

На сьогоднішній день існує різноманітна кількість пристроїв з можливістю дистанційної комутації навантаження. Основні відмінності між ними полягають в кількості фаз, котрі пристрій може комутувати, відрізняються алгоритми передачі інформації від користувача до пристрою, способи монтажу і стандарти зв'язку, котрі ці пристрої підтримують.

Зростаюча популярність розумних комутаторів з дистанційним керуванням пов'язана з цілим рядом переваг їх застосування, що включають в себе сценарії автоматизації, котрі дозволяють створити повноцінну екосистему з групи пристроїв довільного призначення, безпечний моніторинг стану цих пристроїв, та простоту використання у повсякденному житті.

Одним з основних напрямків розвитку комутаційних модулів є впровадження таких девайсів в системи "Розумний Дім" всесвітньо відомих компаній як XIAOMI, SAMSUNG, GOOGLE, APPLE, тощо.

На ринку є досить багато бездротових комутаційних модулів, всі вони відрізняються своїми можливостями, пропускнуою можливістю та своїм функціоналом. Проаналізуємо можливі варіанти.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						6
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

Бездротове Zigbee реле (перемикач, вимикач) Tervix On / Off дистанційне

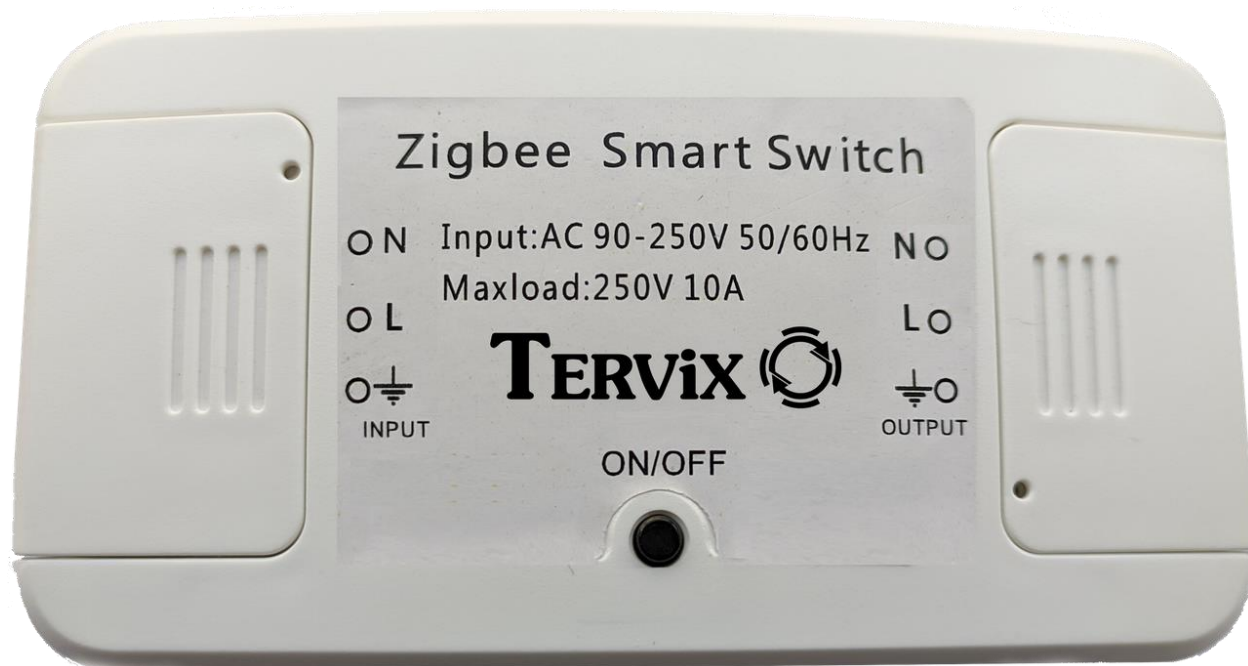


Рисунок 1.1 — Zigbee реле Tervix

Tervix - високотехнологічна німецька компанія з потужностями в Європі і Китаї. Tervix - це передові розробки і високу якість. Продукція Tervix попередньо тестується і забезпечується докладною інструкцією. Гарантія становить 24 міс.

Компактний розумний вимикач (реле), призначений для напруги живлення вимикача ввімкнення / вимкнення від 90 до 250 В. Працює з протоколом ZigBee ("Розумний будинок") і має ручний режим.

На реле постійно подається напруга. За сигналом від контролера ZigBee реле вмикає / вимикає вихідну напругу. Також можна вручну вмикати / вимикати реле кнопкою на корпусі або за допомогою APP TuYa Smart або Smart Life.

Коли на реле подається напруга, то воно працює ще і як ретранслятор сигналу мережі ZigBee, що забезпечує значне збільшення стабільного радіуса мережі. Розроблено для роботи з APP TuYa Smart і Smart Life.

					PT71. 411132.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ доквм.	Підпис	Дата		7

Сфера застосування: управління електроприладами, підключеними безпосередньо (проводами), з телефону шляхом Вкл. / Викл. подачі напруги, наприклад:

- електроприводом моторизований клапана (перекриття подачі води у разі затоплення, управління опаленням і т.д.)
- термоприводом на гребінці / колекторі (управління водяним теплою підлогою)
- допоміжною LED стрічкою (без необхідності вмикати / вимикати вручну)
- зовнішнім або додатковим освітленням (без необхідності вмикати / вимикати вручну)
- бойлером

Не рекомендоване для управління основним освітленням, оскільки не має можливості дублювати управління звичайним вимикачем.

Принцип роботи: реле підключається безпосередньо (проводами) до джерела електроенергії, до реле безпосередньо (проводами) підключається електроприлад або освітлення, яким необхідно управляти. На телефон встановлюється додаток TuYa (управління здійснюється через контролер). Робляться необхідні налаштування, наприклад: включення / вимикання за таймером або інші умови - зниження вологості, підвищення температури і т.д. Також є можливість керувати розеткою з телефону в ручному режимі та кнопкою на корпусі.

Реле працює з бездротовим контролером Tervix Pro Line ZigBee Gateway (Арт. № 401211).

Дане реле має повноцінну «шину» підключення, включаючи заземлення.

Характеристики:

- Модель Pro Line On / Off (реле)
- Тип бездротового
- Вхід / вихід 90-250В, 50 / 60Гц

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						8
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

- Макс. навантаження 10А / 250В
- Споживання енергії ≤ 0.3 Вт
- Робоча темп. $-30 \dots + 60$ °С
- Робоча вологість 10% ... 90%
- Стандарт ZigBee 3.0
- Стабільний радіус дії 20-25 м
- Розміри 92x44x23 мм
- Матеріал ABS
- Програмний інтерфейс TUYA Smart / Smart Life

Блок комутації, 1-канальний RFSA-11В Одинарна функція



Рисунок 1.2 — Реле iNELS RFSA

Одноканальне бездротове реле iNELS RFSA-11B / 230 V дозволяє дистанційно керувати роботою ламп освітлення, опаленням і кондиціонуванням, воротами, жалюзі і побутовими електроприладами. Врізається в електропроводку, завдяки малим габаритам може бути

					PT71. 411132.001 ПЗ	Лист
						9
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

встановлений в монтажній коробці за вимикачем або розеткою. Функціонує в системі "розумний будинок" і дозволяє управляти електроприладами з пульта або зі смартфона через мобільний додаток (тільки при наявності контролера).

Комутаційний блок з 1 вихідним каналом 16 А використовується для управління приладами та світильниками (легко інтегрувати його для управління гаражними та звичайними воротами).

Вони можуть поєднуватися з детекторами, контролерами, iNELS RF Control або системними компонентами.

RFSA-11B: однофункціональна конструкція - увімкнення / вимкнення.

Блоком комутації можна керувати до 25 каналів.

Кнопка програмування на пристрої також використовується для ручного управління виходом.

Стан пам'яті можна попередньо встановити у випадку відключення електроживлення.

Дальність дії до 200 м (у відкритому просторі), якщо між контролером та блоком сигналу недостатньо, використовуйте повторювач сигналу RFRP-20 або компонент протоколу RFIO2, які підтримують цю функцію.

Частота зв'язку з двонаправленим протоколом RFIO2.

Конструкція BOX дозволяє встановлювати його прямо в монтажній коробці, на стелі або в керованій кришці приладу.

ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ:

- Вихід: 1x HI, 16 А
- Напруга живлення (частота): АС / DC 12-24 V (50/60 Гц), АС 120 V (60 Гц) або АС 230 В (50/60 Гц)
- Дизайн: КОРОБКА
- Розміри: 49 x 49 x 21 мм
- Протокол: RFIO2

Основні характеристики:

- Взаємодія пристроїв без контролера немає можливості підтримки сценаріїв / розкладу
- Діапазон робочих температур -15 ° С - + 50 ° С

					PT71. 411132.001 ПЗ	Лист
						10
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

- кількість каналів 1
- Матеріал корпусу пластик
- Напруга живлення 230 В
- протокол зв'язку 868,42 МГц
- робоча вологість не більше 95%
- Розміри 49 x 49 x 21 мм; 46 г
- Тип харчування мережа 220 В
- Тип установки виразний
- Тип пристрою реле
- управління через додаток на Android, додаток на iOS, віддалений доступ

Бездротове модульне реле SALUS SR600 мережі ZigBee



Рисунок 1.3 — Реле SALUS SR600

Реле SR600 пропонує провідну в галузі номінальну потужність 16А, SR600 підходить для управління пристроями великого струму, потужністю до 3500 Вт (16 А при 220 В), такими як електричні обігрівачі. Бездротово інтегрується з універсальним шлюзом підключення UG600.

Основні властивості

- Безпотенційний вихід (Volt-free) - (COM / NO)
- Реле 16А компактних розмірів
- Може працювати за розкладом
- Може керувати освітленням в будинку
- Може управляти електричним нагрівальним обладнанням, електричним теплою підлогою

					PT71. 411132.001 ПЗ	<i>Лист</i>
						11
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Може бути використаний як імпульс (для запуску систем One Touch в системі Smart Home)

Ajax WallSwitch - Контролер для дистанційного керування побутовими приладами



Рисунок 1.4 — Ajax WallSwitch

Пристрій підключається безпосередньо до джерела 110 В / 230 В і за командою замикає / розмикає ланцюг. Реле може витримувати навантаження до 3 кВт, чого достатньо для підключення дуже енергоємного пристрою.

Контролер для дистанційного керування побутовими приладами Ajax WallSwitch дозволяє віддалено включати і вимикати побутові прилади потужністю не більше 3 кВт.

Його використання дає можливість побачити повну картину споживання електроенергії всіма підключеними приладами за допомогою мобільного додатку або веб-браузера.

Корпус контролера Ajax WallSwitch спроектований для установки в стандартний європейський підрозетник. Вимикач працює в складі системи Ajax.

Особливості та функції контролера:

- Облік статистики енергоспоживання підключених приладів;
- Відображення інформації про поточне споживання потужності, поточний струм і напругу в мережі;
- Захист від перепадів напруги і перегріву
- Захист від перевищення допустимого струму;

					PT71. 411132.001 ПЗ	Лист
						12
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

- Відправка на централь сигнал тривоги при зникненні напруги в мережі 220В;
- Працює на значній відстані від Ajax Hub або бриджу – 1000 метрів відкритого простору або кілька поверхів будівлі
- Дозволяє через додаток iOS / Android або браузер включати і вимикати прилад, підключений через Ajax WallSwitch
- Калькуляція енергоспоживання доступна через додатки iOS / Android і браузер
- Працездатність перевіряється Пінг з періодом від 12 секунд
- Виносна антена для поліпшення прийому
- Діапазон робочих напруг: 110-230 В
- Запам'ятовує налаштування після перебоїв в живленні
- Встановлюється в підрозетник

1.2 Огляд та аналіз схемотехнічних рішень

Існує безліч різних схемотехнічних рішень, починаючи з простих та дешевих, та закінчуючи складними, та дорогими.

Схема бездротового комутатора складається зі звичайного реле 10А 250V , який зображено на рис. 1.5, контролера на базі ІМС nRF51822 та блока живлення.

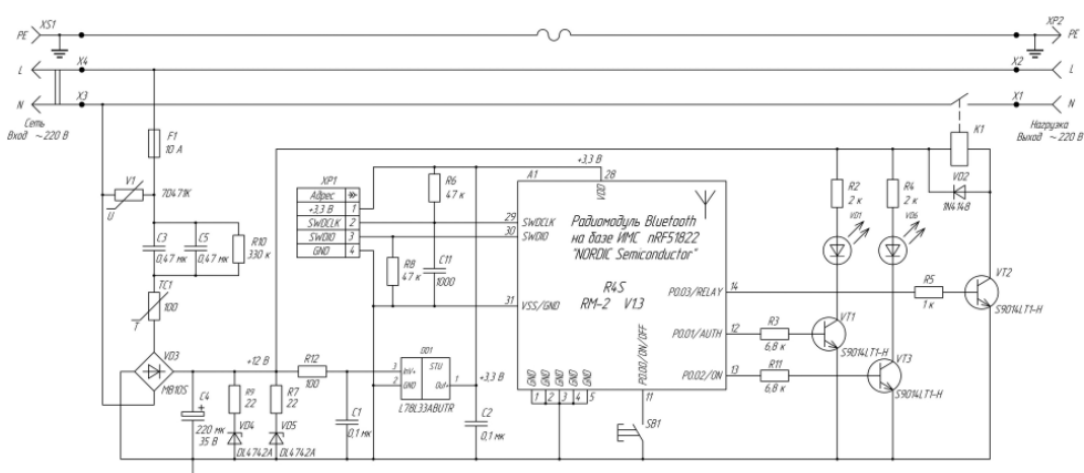


Рисунок 1.5 —REDMOND Smart plug SkyPlug RSP-100S

Схема дуже проста та дешева, але має ряд недоліків:

					PT71. 411132.001 ПЗ	Лист
						13
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

Відсутність автономного джерела живлення. Справа в тому, що в складі ІМС nRF51822 є годинник реального часу, і вони працюють, тобто відраховують час, тільки коли є живлення від мережі, тому що внутрішнього джерела живлення немає (батареї / акумулятора / іоністора). А це означає, що якщо відбудеться відключення електроенергії, навіть на короткий час, то годинник обнулиться і раніше збережені програми включення / вимикання стануть неактуальними.

Також розетка не зберігає поточний стан, і якщо вона під час відключення електроенергії була в стані "Он", то після подачі електрики вона починає працювати в стані «Викл».

Ці недоліки виправляють власноруч завдяки інтеграції блока живлення наступним чином:

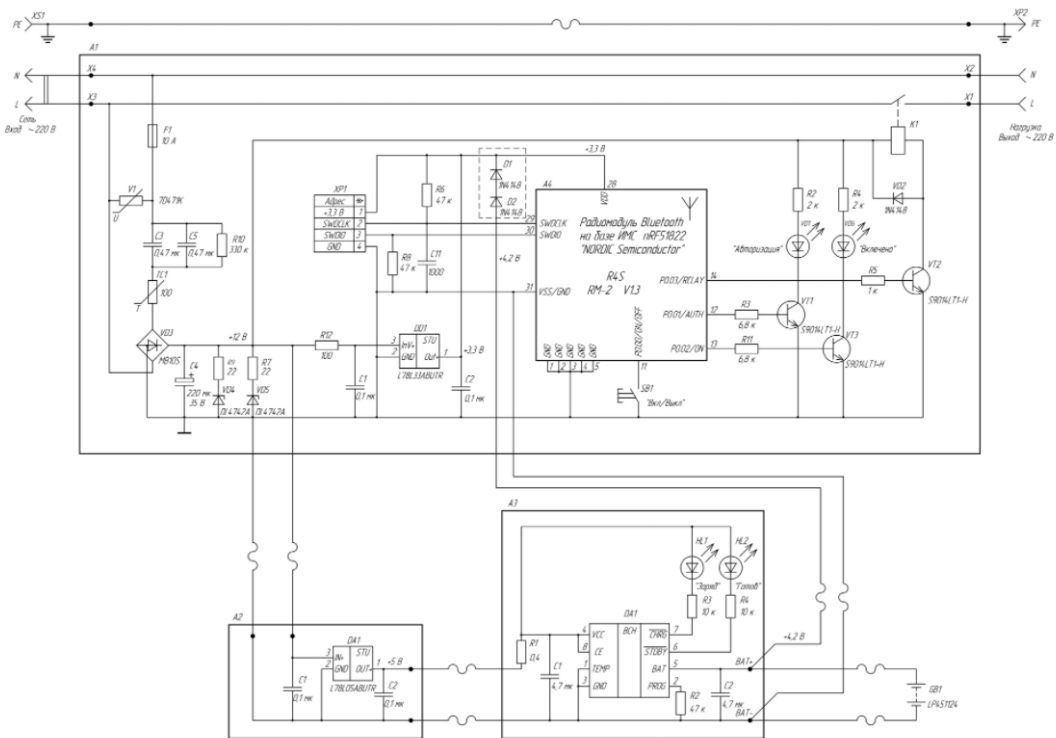


Рисунок 1.6 — Схема електрична принципова доопрацювання розумної розетки REDMOND Smart plug SkyPlug RSP-100S

1.3 Аналіз технічного завдання

- Пристрій має бути орієнтований на використання АС живлення напругою 220 – 250 В.
- Середній час безвідмовної роботи не менше 100000 циклів зміни стану реле. Середній строк служби, не менше 5 років.
- Стійкість при вібрації в діапазоні частот 10–70 Гц, амплітуда прискорення 19 м/с². Тривалість впливу 90 хв. Пікове ударне прискорення 99 м/с². Тривалість удару 22 мс.
- Для забезпечення мінімальної вартості одиничного виробництва, слід використовувати деталі та матеріали, що є у вільному доступі.
- Умови транспортування С1 згідно ГОСТ 16019-2001.
- Зберігання: згідно ГОСТ 15150-69 за умови 1-Л
- Утилізація згідно вимог для промислових відходів за ГОСТ 30773-2001.
- Кліматичні вимоги У4 згідно ГОСТ 15150-69.
- Захист від механічних впливів С1 згідно ГОСТ 16019-2001.
- ДСТУ ГОСТ 7.1-2006. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання : чинний з 2007-07-01. — К. : Держспоживстандарт України, 2007. — 47 с.
- ГОСТ 33366.1-2015 Пластмаси.
- ГОСТ 15150, УХЛ 5.1, що передбачає працездатність пристрою в умовах відсутності утворення конденсату.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						15
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

2 ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТНОЇ БАЗИ

2.1 Розробка структурної схеми пристрою

Перед розробкою схеми електричної принципової, була розроблена схема структурна рис. 2.1, яка вказуватиме на роботу та функціонал пристрою.

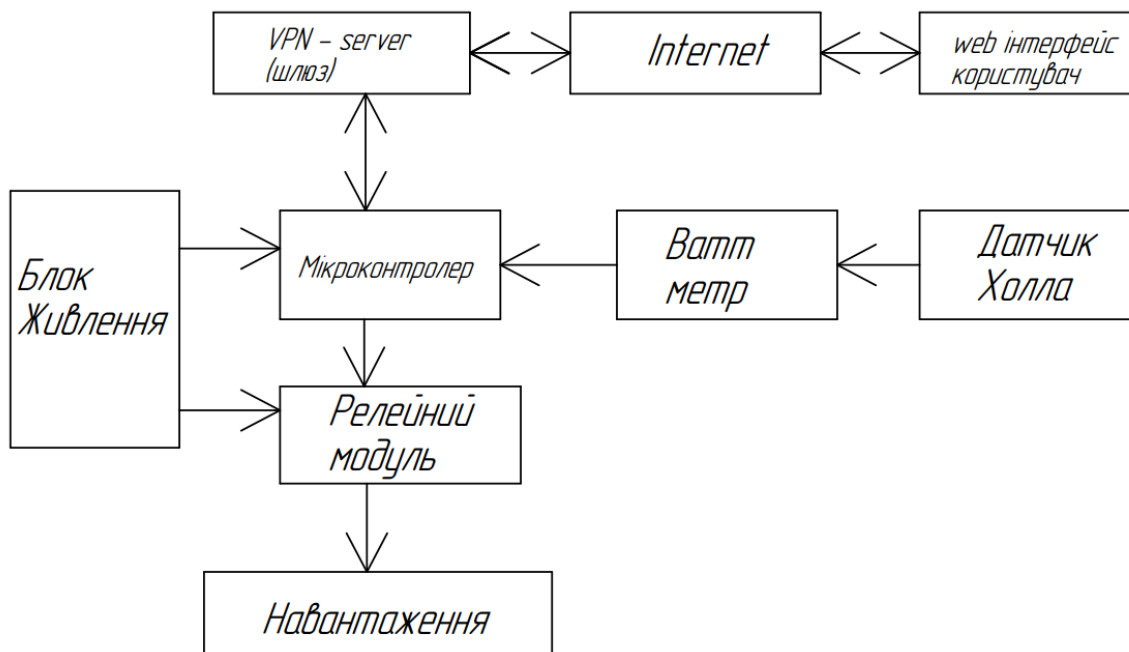


Рисунок 2.1 — Схема електрична структурна

Спочатку користувач запускає GUI – графічний інтерфейс користувача на своєму телефоні / лaптор. Потім через мережу інтернет потрапляє на шлюз екосистемі Розумний Дім (можливо одразу під’єднатися до девайсу, але це не є безпечним способом встановлення зв’язку), котрій виступає VPN сервером, можна підключитися за допомогою відомого системі логіну та паролю. Потім по локальній мережі можна під’єднатися до мікроконтролера ESP32 за “білою” ір адресою VPN сервера (шлюза). Далі за схемою видно що мікроконтролер та релейний модуль живиться від блоку живлення, мікроконтролер змінює стан кожної з восьми реле логічною одиницею зі свого GPIO. Ватметр під’єднано до ESP32, DC живлення він отримує через піни для UART, AC через вхідну до плати фазу(L) ,а нуль (N) отримує після усього навантаження , котре підключене до плати, щоб був коректна підключений датчик Холла.

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

2.2 Розробка електричної принципової схеми пристрою

Перед реалізацією портативного зарядного пристрою, було проведено аналіз варіантної проробки пристрою і до уваги були взяті 3 варіанти:

- 1) Поверхневий монтаж ЕРЕ на ДП;
 - 2) Використання друкованого монтажу (майже всі елементи встановлені на ДП);
 - 3) Використання комбінованого методу на основі перших двох варіантів;
- Проаналізуємо перший варіант:

Поверхневий монтаж передбачає технологію виготовлення електронних пристроїв, в якій компоненти встановлюються безпосередньо на поверхню друкованої плати. Компоненти для поверхневого монтажу називаються SMD.

Основні переваги SMT перед старішим методом наскрізного монтажу:

- 1) Зниження маси і розмірів друкованих вузлів за рахунок відсутності виводів у компонентів або їх меншої довжини, а також збільшення щільності компонування і трасування, зменшення розмірів самої бази та зменшення кроку виводів.
- 2) Поліпшення електричних характеристик: за рахунок зменшення довжини виводів і більш щільного компонування елементів значно поліпшується якість передачі слабких і високочастотних сигналів, знижується паразитна ємність та індуктивність.
- 3) Можливість розміщення деталей по обидві сторони друкованої плати.
- 4) Менша кількість отворів, які необхідно виконати у платі.
- 5) Істотне зниження собівартості серійних виробів за рахунок використання засобів автоматизації монтажу компонентів.

Оскільки виробництво бездротового релейного модулю одиночне, вибір матеріалів обмежується їх наявністю у вільному доступі та дозволом за діючими стандартами їх використання у радіоелектронних пристроях. З цих міркувань корпус зарядного пристрою буде виготовлений на 3D – Принтері з ABS пластику, та буде складатися з двох деталей: корпус, та кришка пристрою. На лицевій стороні пристрою буде знаходитись прямокутний виріз для

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						17
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

під'єднання навантаження, на правій стінці корпусу пристрою буде аналогічний виріз для того ж самого призначення.

Елементна база обирається за наступними критеріями:

елементна база визначає вартість пристрою;

елементна база повинна забезпечувати працездатність зарядного пристрою в заданих кліматичних умовах за ТЗ;

Перелік елементів:

За основу було взято контролер ESP32 DevKit v1 Wi-Fi Bluetooth ESP32-WROOM-32 плата розробника. Тому що:

Він має необхідну кількість GPIO, вже з заводу вмонтований бездротовий модуль WIFI, він має підтримку інтерфейсу UART і достатньо спроможний для інтеграції в пристрій модулів розширення, не мало важливо – це його відносно низька ціна на ринку і повноцінна підтримка прошивки ESP-home.

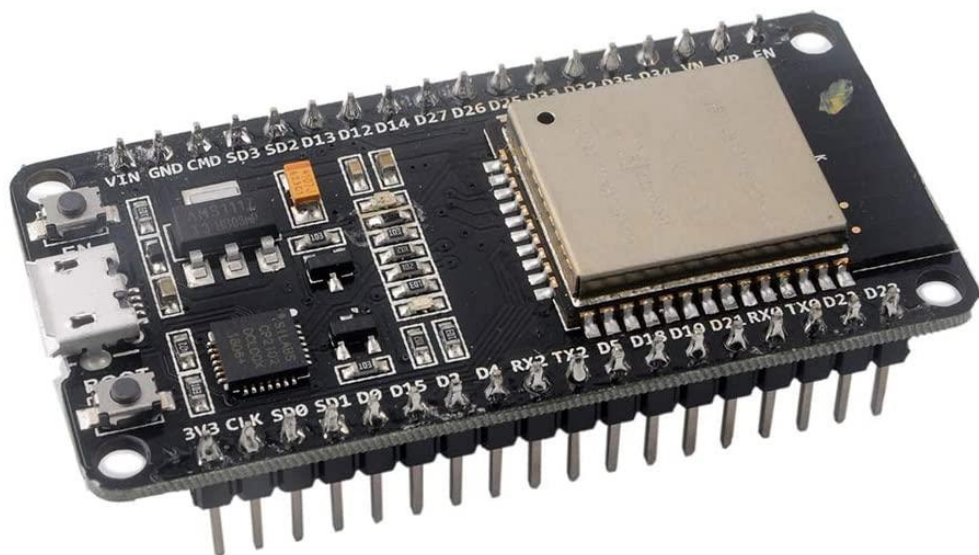


Рисунок 2.3 – ESP32 DevKit v1 Wi-Fi Bluetooth ESP32-WROOM-32

ESP32 DEVKIT V1 – DOIT version with 36 GPIOs

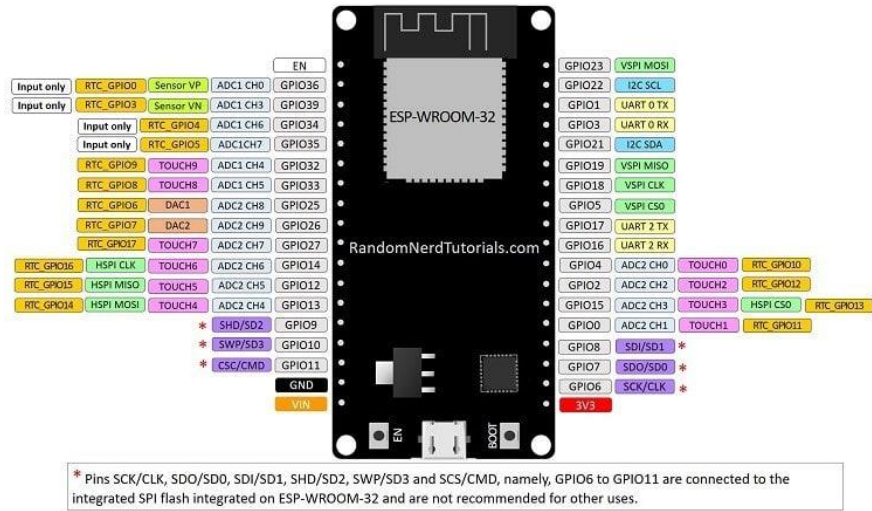


Рисунок 2.3 – Розпіновка ESP32 DevKit v1
Wi-Fi Bluetooth ESP32-WROOM-32

У якості ватметра було застосовано AC communication module.

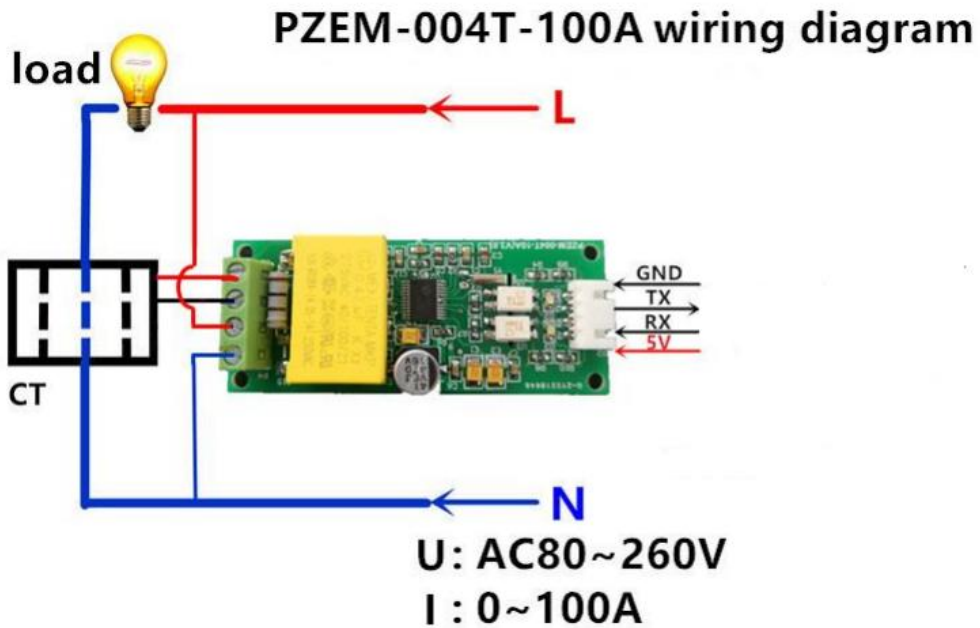


Рисунок 2.4 – PZEM-004T-100A wiring diagram

Обрано режим роботи з датчиком Холла.

					PT71. 411132.001 ПЗ	<i>Лист</i>
Зм.	Лист	№ доквм.	Підпис	Дата		19

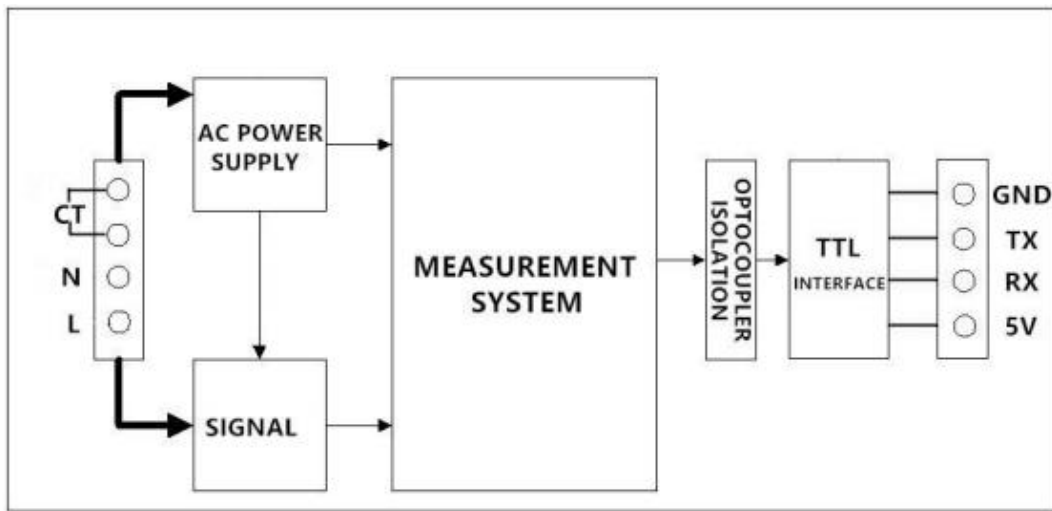


Рисунок 2.5 – PZEM-004T-100A Functional block diagram



Рисунок 2.6 – Реле OMRON G5LE Series

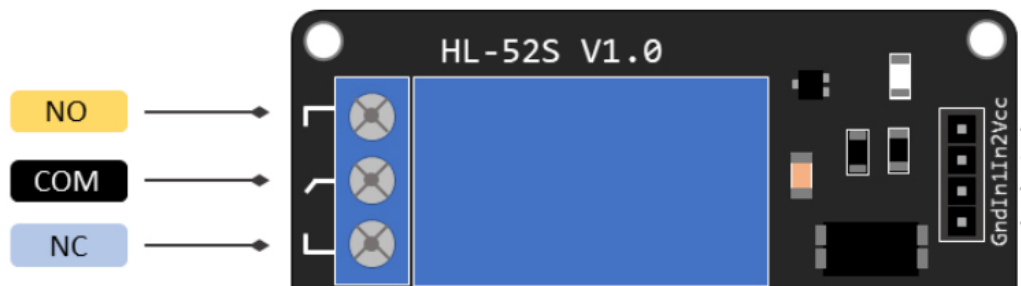


Рисунок 2.7 – Pins 1-канального релейного модуля

Існують реле з одним, двома, чотирма, вісьмома і навіть шістнадцятьма каналами. Крім того, існують реле з вбудованою оптопарою, яка додає додатковий «рівень» захисту, оптично ізолюючи ESP32 від ланцюга реле.

Дане реле має два роз'єми, кожен з трьома гніздами: загальний (COM), нормально замкнутий (NC) і нормально розімкнутий (NO).

COM: підключіть ток, яким ви хочете керувати (напруга мережі).

NC (нормально замкнутий) : нормально замкнута конфігурація використовується, коли потрібно, щоб реле було замкнено за замовчуванням. Контакт NC підключений до контакту COM поки не буде відправлений сигнал від ESP32 на реле, щоб розімкнути ланцюг.

NO (нормально розімкнутий): нормально розімкнена конфігурація працює навпаки: контакт NO Ти не будеш поєднаний з COM, поки не отримає сигнал від ESP32, щоб замкнути ланцюг.

Частина з низьким споживанням струму має дві гребінки з чотирьох контактів і з трьох контактів. На першу гребінку виведені VCC (+ живлення) і GND (земля) для живлення модуля, а також два входи IN для управління реле відповідно.

Сигнал, що відправляється на контакти IN, визначає, активно реле чи ні. Рівень логічного нуля для реле - 2 В і нижче; логічної одиниці - вище 2 В. Це означає, що є такі режими роботи:

Нормально замкнута конфігурація (NC):

сигнал HIGH - струм тече

сигнал LOW - струм не тече

Нормально розімкнута конфігурація (NO):

сигнал HIGH - струм не тече

сигнал LOW - струм тече

Слід використовувати нормально замкнуту конфігурацію, коли струм повинен протікати більшу частину часу, і потрібно розмикати ланцюг тільки в необхідних випадках.

Використовуйте нормально розімкнутої конфігурації передбачає періодичне протікання струму (наприклад, для включення лампи).

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						21
Зм.	Лист	№ доквм.	Підпис	Дата		

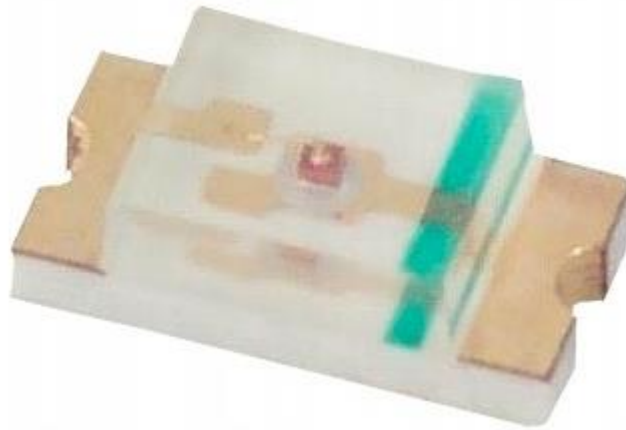


Рисунок 2.8 – Діод 0805

Діоди складаються з електронно-діркового переходу p-n або переходу метал-напівпровідник і носять назву діод з p-n переходом або діод Шотткі. Зона n збагачена електронами, а зона p - дірками. В процесі роботи діод може перебувати в області провідності, замикання і пробую.



Рисунок 2.9 – Світлодіод 0603

Даний тип світлодіодів має компактні розміри, при яких споживає невелику кількість енергії і випромінює безпечно і чисте світіння. Світлодіод smd має корпус з термостійкого пластика з певними розмірами. У цю пластикову оболонку встановлений кристал, який приєднаний тонкими нитками до контактних площадок. Лінза smd світлодіода виконана з полікарбонату.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.10 – Клемник 4DB-P108-01

Цей тип клемника повністю відповідає задачі підключення плати до силових фази та нуля. Також він знайшов використання для підключення до плати зовнішнього блоку живлення, котрий було вмонтовано в корпус.



Рисунок 2.11 – Коннектор SNP389

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		23

Даний коннектор було використано для виводу пінів RX ,TX інтерфейсу UART від контролера до плати, далі через цей коннектор до ESP32 підключається ватметр завдяки шлейфу.



Рисунок 2.10 – Транзистор BSS138

BSS138 є N-канальним польовим транзистором рівня логіки з режимом збагачення в корпусі SOT-23. Він призначений для мінімізації опору у відкритому стані, забезпечуючи надійну і високу продуктивність комутації, таким чином BSS138 підходять для низьковольтних, слабкострумівих і комутаційних додатків.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						24
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

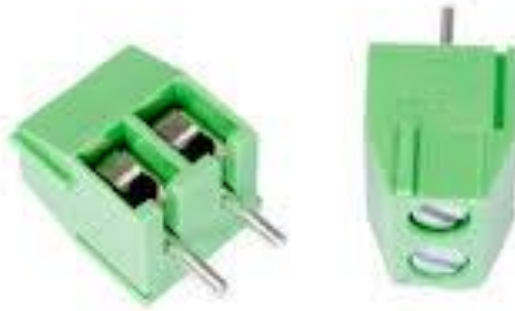


Рисунок 2.12 – Клема DG350-3.5-02P

Дана клема була використана для підключення фази до ватметра. Були потрібні невеликі габарити клемника, завдяки чому залишилося більше місця під датчик Хола, котрий зчитує ватметр.

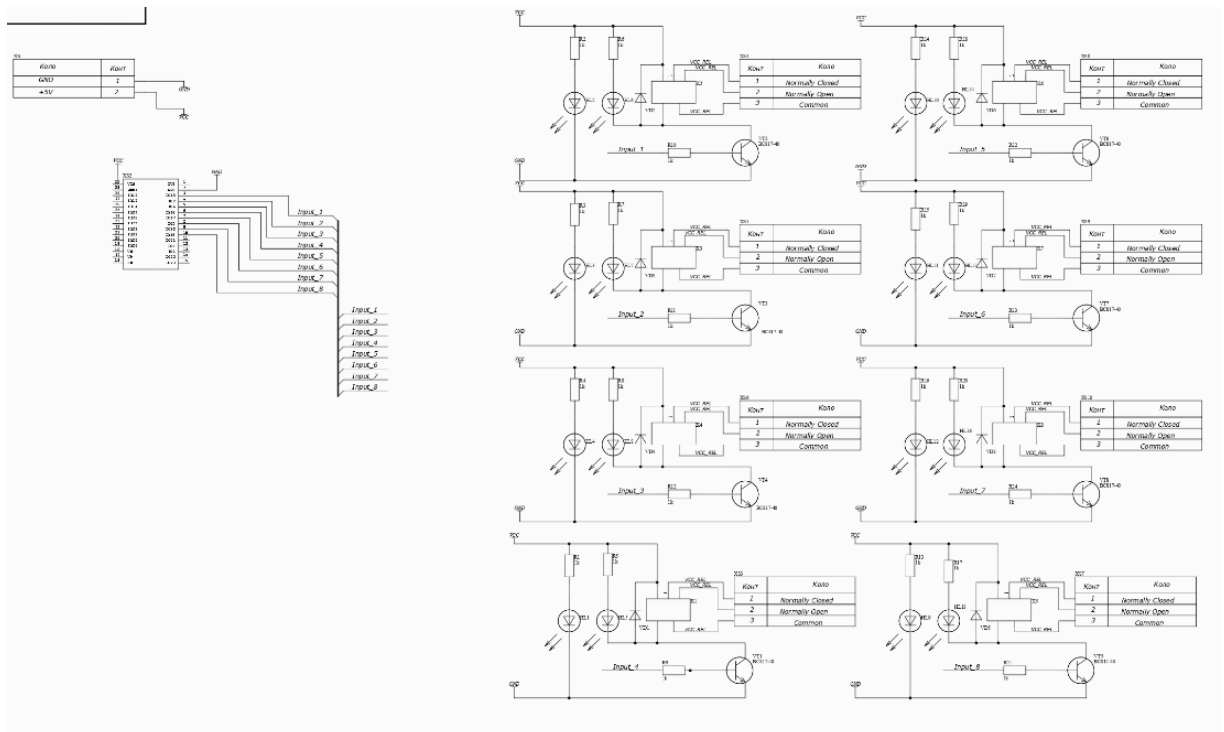


Рисунок 2.2 – Схема електрична принципова

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

Виконано вибір елементної бази з урахуванням усіх вимог, що задовольняють технічне завдання. Розроблено та зібрано схему електричну принципову в програмному середовищі *Altium Designer*. Виконано перевірку схеми електричної принципової.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						26
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунок необхідної площі плати і вибір її розмірів

Для виготовлення друкованої плати даного пристрою вибирається субтрактивний комбінований позитивний метод.

Розрахуємо сумарну площу, яку займають радіоелементи на друкованій платі. Занесемо дані про габарити радіоелементів у таблицю 3.1

Таблиця 3.1 — Данні для розрахунку площі плати

Компонент	Кількість шт.	Установчі розміри, мм.	Тип корпусу	Довжина виводів, мм	Сумарна площа, мм ²
Мікроконтролер ESP32	1	50×26	DevKit	3	1300
Реле	8	22×16	OMRON G5LE Series	3	2816
Діод	8	2,8×1,6	0805	0.01	35,84
Світлодіод	13	2,6×1,3	0603	0.01	27,04
Клемник	11	12,7×9	4DB-P108-01	3	1260
Ватметр	1	31×74	-	-	2294
Конектор	2	6×11	SNP389	2	132
Резистори	12	2,6×1,3	0603	0.01	27,04
Транзистор и BSS138	8	2,5×3	SOT23-3-BEC	0,61	60
Роз'єм	9	15,6×1,7	DG350-3,5-02P	3	1642,7

Зм.	Лист	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71. 411132.001 ПЗ

Лист

27

Визначивши встановлювану площу кожного ЕРЕ, визначається необхідна площа для їх встановлення визначається за формулою 3.1

$$S_M = S_{MG} + 1,5S_{CG} + 2S_{KG}, \quad (3.1)$$

де S_{MG} – площа малогабаритних ЕРЕ;

S_{CG} – площа середньогабаритних ЕРЕ;

S_{KG} – площа крупногабаритних ЕРЕ.

$$S_{MG} = 149,92 \text{ [мм}^2\text{]};$$

$$S_{CG} = 8578,05 \text{ [мм}^2\text{]};$$

$$S_{KG} = 3594 \text{ [мм}^2\text{]};$$

$$S_M = 149,92 + 8578,05 + 3594 = 12321,05 \text{ [мм}^2\text{]};$$

Сумарна площа плати за формулою 3.2 складає

$$S_{II} = S_M + S_{\delta}; \quad (3.2)$$

де S_{δ} – площа допоміжних зон, S_{δ} враховуючи площу кріпильних отворів, там сам конструктив ДП, допоміжна зона складає 1300 мм^2

S_M – необхідна площа для встановлення всіх ЕРЕ на плату

$$S_{II} = 12321,05 + 1300 = 13721,05 \text{ [мм}^2\text{]};$$

3.2 Розрахунок параметрів друкованого монтажу

Для проектування даної друкованої плати більш доцільно підходить другий клас точності. Його застосовують для ОДП та ДДП з дискретними ЕРЕ при низькій та середній щільності їх компоновки.

За щільністю розміщення провідникового рисунку вибирається другий клас щільності.

Діаметри монтажних та перехідних отворів необхідні для виготовлення даної друкованої плати згідно ОСТ4.070.010-78 приведені в таблиці 3.2.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 — Рекомендовані діаметри отворів

Діаметр, мм		Діаметр контактного майданчика	Мінімальна відстань між центрами отворів
виводу ЕРЕ	отвору	мм	мм
0,8;0,9	1,3	3,0	3,75
1,0;1,1	1,5	3,0	3,75

- діаметри контактних майданчиків доцільно вибирати з ряду рекомендованих за ГОСТ 10317-79. Для кожного контактного майданчика перевіряється виконання умови

$$D \geq D_{\min}, \quad (3.3)$$

де D_{\min} - найменший номінальний діаметр контактного майданчика.

$$D_{\min} = (d_o + \Delta d_{в.о.}) + 2b + \Delta t_{в.о.} + (T_d^2 + T_D^2 + \Delta t_{н.о.}^2)^{1/2} \quad (3.4)$$

де d_o - діаметр отвору

$\Delta d_{в.о.}$ - верхнє граничне відхилення діаметру отвору;

b - гарантійний поясок, мм;

$\Delta t_{в.о.}$ - верхнє граничне відхилення діаметру контактного майданчика;

T_d - значення позиційного допуску розташування осей отворів у діаметральному вираженні;

T_D - значення позиційного допуску розташування центрів контактних майданчиків у діаметральному вираженні;

$\Delta t_{н.о.}$ - нижнє граничне відхилення діаметру контактного майданчика та ширини друкованого провідника.

$$D_{\min 2} = (1,3 + 0,1) + 2 \cdot 0,2 + 0,15 + (0,15^2 + 0,25^2 + 0,15^2)^{1/2} = 2,64 [\text{мм}];$$

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						29
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

$$D_{\min 3} = (1,5 + 0,1) + 2 \cdot 0,2 + 0,15 + (0,15^2 + 0,25^2 + 0,15^2)^{1/2} = 2,84[\text{мм}];$$

- діаметри контактних майданчиків вибираються

$$D_2 = D_3 = 3\text{мм};$$

- конструктивно-технологічний розрахунок ширини t_1 друкованих провідників.

Номінальне значення ширини провідника у вузькому місці

$$t_{1y.m.} = t_{m.d.} + |\Delta t_{n.o.}|; \quad (3.5)$$

де $t_{m.d.}$ – мінімальна допустима ширина провідника у вузькому місці;

$\Delta t_{n.o.}$ - нижнє граничне відхилення діаметру контактного майданчика та ширини друкованого провідника.

$$t_{1y.m.} = 0,45 + |0,15| = 0,60[\text{мм}].$$

Мінімальна допустима ширина провідника у вільному місці $t_{m.d.}$ береться на клас нижче

$$t_{m.d.} = 0,75 + |0,15| = 0,90[\text{мм}].$$

- розрахунок максимальної ширини провідників t_2 за електричними режимами по постійному струму. Ширину провідників розраховують, враховуючи два фактори: допустиму щільність струму в провіднику та допустиме падіння напруги па провіднику. Для побутової РЕА щільність струму в провіднику – $20(A/\text{мм}^2)$. Допустимим падінням напруги вважається 1–3% від прикладеної.

$$t_2 \geq \frac{L \cdot I_{\max} \cdot \rho}{0,03 \cdot h_{\phi} \cdot U}, \quad (3.6)$$

де h_{ϕ} - товщина фольги, мм;

U - прикладена напруга, В;

L - довжина провідника, м;

I_{\max} - допустимий струм, А;

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						30
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

ρ - питомий опір провідників.

$$t_2 \geq \frac{0,44 \times 1 \times 0,0175}{0,03 \times 0,035 \times 5} = 0,88[\text{мм}]^2$$

$$t_2 \geq \frac{0,44 \times 0,5 \times 0,0175}{0,03 \times 0,035 \times 3,3} = 0,44[\text{мм}]^2$$

Висновок:

Для пристрою, що проектується, обирається двостороння друкована плата з розмірами (178x68) мм. Мінімальна ширина силових провідників 0,88 мм, а максимальна ширина провідника 1 мм, мінімальна ширина сигнальних провідників 0,44 мм, а максимальна ширина провідника 0,5 мм.

3.3 Вибір класу точності плати та щільності виробництва

Щоб отримати пристрій невеликих габаритів та легким треба обрати клас точності відповідно табл. 3.3

Таблиця 3.3 — Класи точності друкованих плат

Умовне позначення	Номінальне значення основних параметрів для класу точності				
	1	2	3	4	5
t, mm	0,75	0.45	0.25	0.15	0.1
S, mm (mil)	0,75	0.45	0.25	0.15	0.1
b, mm (mil)	0,3	0.2	0.1	0.05	0.025
f / min діаметр отвору, mm для стандартного текстоліту товщиною 1.5 мм	0,4 / 0,6	0.4 / 0.6	0.33/ 0.495	0.25/ 0.375	0.2/ 0.3

Був обраний 4-тий клас точності, що задовольнить обрані параметри пристрою, його габарити та масу.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	<i>Лист</i>
						31
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3.4 Робота в редакторі Altium PCB

В даному редакторі створюється попередній вигляд плати. Задаються розміри плати, та розміщуються елементи.

В редакторі PCB проведемо трасування, тобто створимо доріжки та полігони. Аналізуючи розрахунки для силових провідників бачимо, що ширина друкованого провідника перевищує 7 мм. Заливка землі (ланцюг GND) виконаний полігоном з обох сторін плати. Результати трасування у верхньому(червоний колір) та нижньому(синій колір) шарі наведено на рис. 3.2.

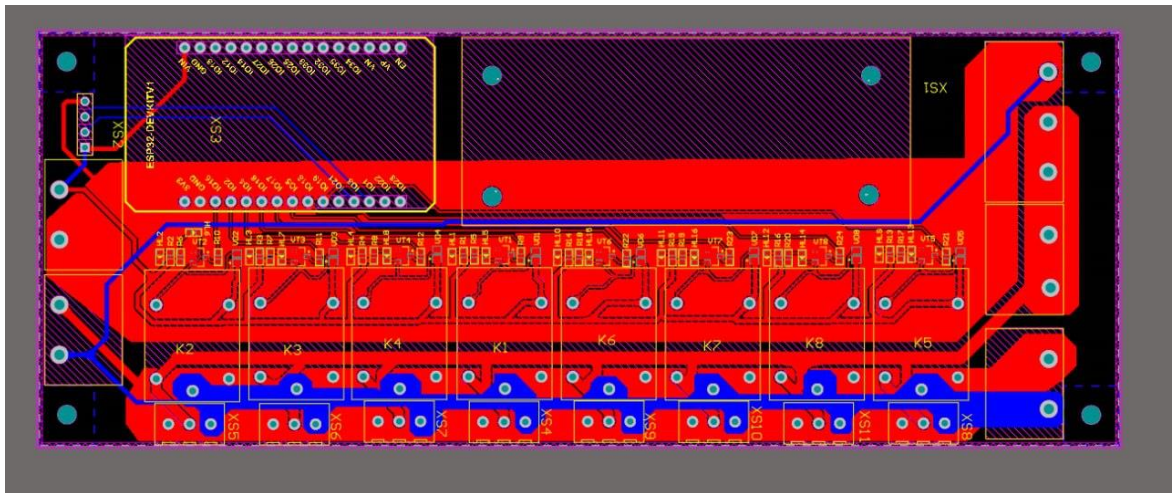


Рисунок 3.2 — Трасування ДП

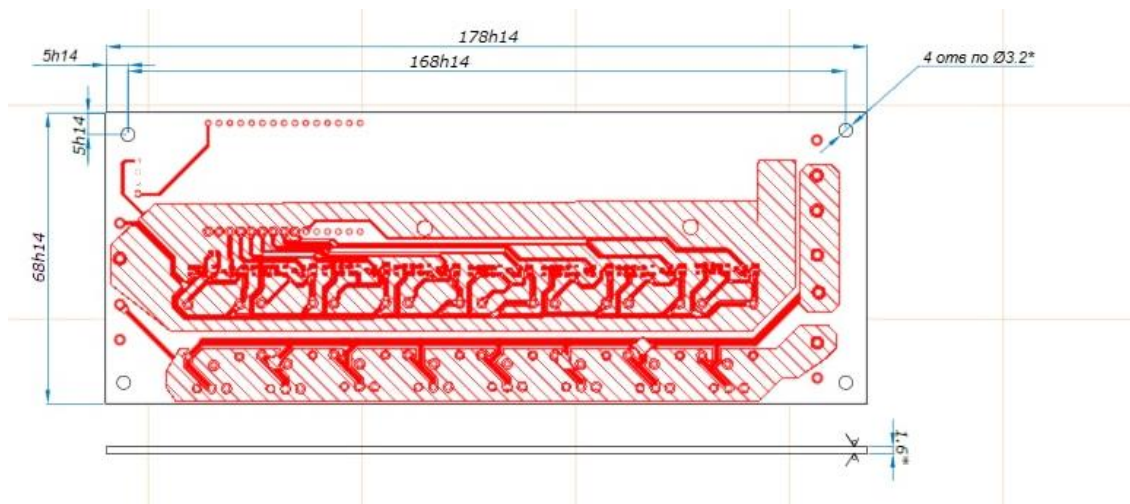


Рисунок 3.3 — Трасування у верхньому шарі ДП

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

РТ71. 411132.001 ПЗ

Лист

32

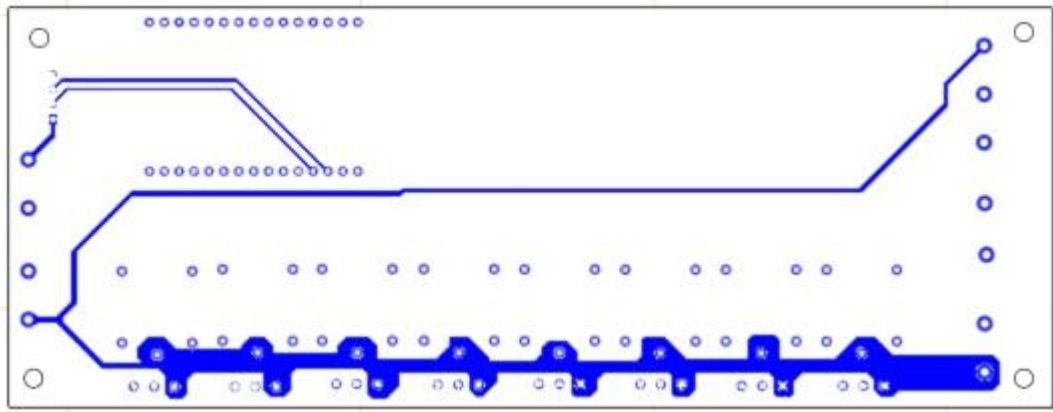


Рисунок 3.4 — Трасування у нижньому шарі ДП

На рис. 3.5 зображено 3-D вигляд плати у середовищі Altium Designer.

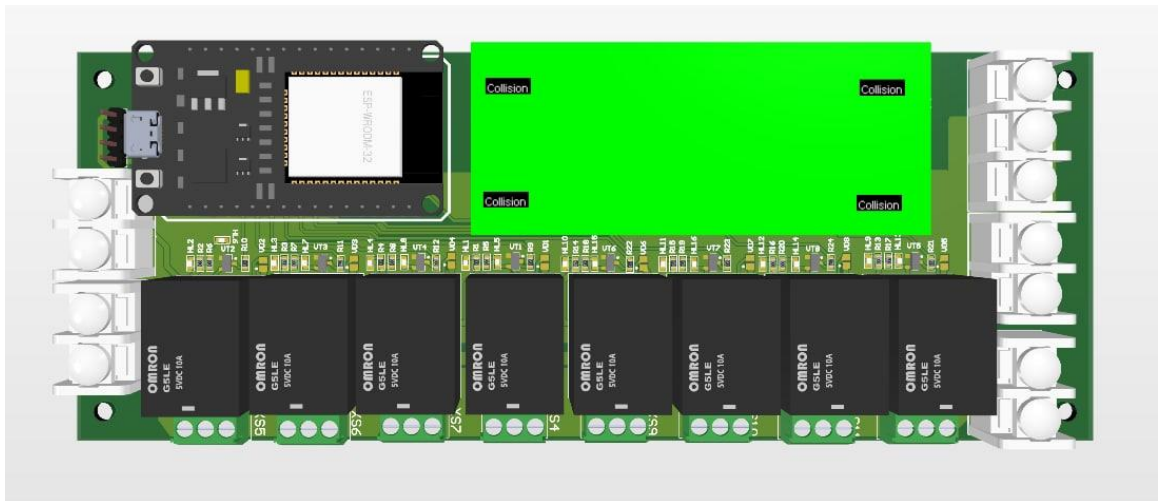


Рисунок 3.6 — Вигляд плати в середовищі AltiumDesigner

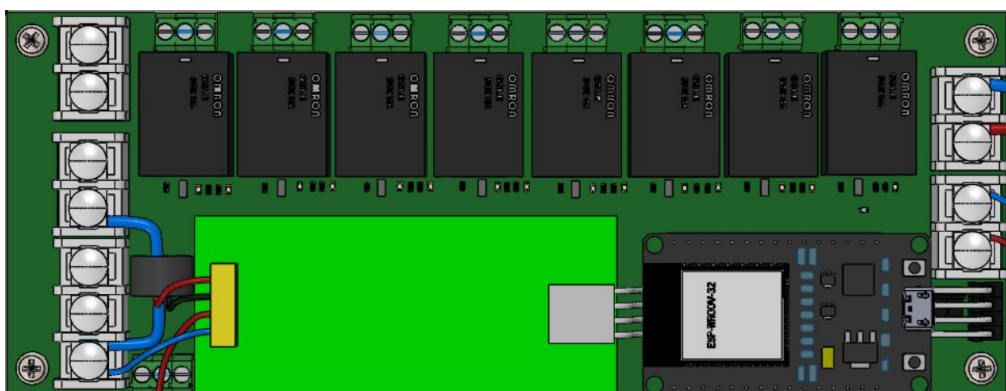


Рисунок 3.7 — Вигляд плати в середовищі SolidWorks

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71. 411132.001 ПЗ

Лист

33

За вдяки перенесенню плати в середовище *SolidWorks*, ми можемо спроектувати корпус, підставивши плату. А також оцінити зовнішній вигляд та габарити плати в корпусі, та корпусу в цілому.

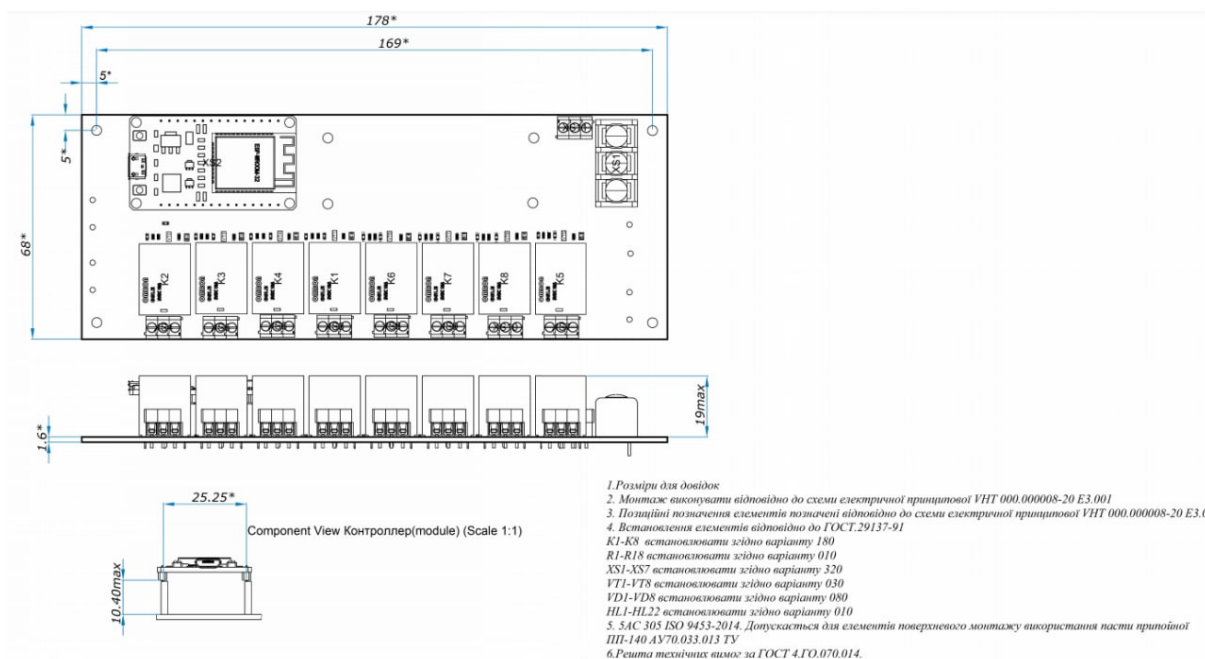


Рисунок 3.8 — Складальний кресленняк ДП

Розрахунок віброміцності друкованого вузла

Проведемо розрахунок віброміцності друкованого вузла, за визначеною методикою. Розрахунок частоти власних коливань друкованої плати.

Вихідні данні:

- довжина плати $a=0,178$ м;
- ширина плати $b=0,068$ м;
- товщина плати $h=2 \cdot 10^{-3}$ м
- матеріал друкованої плати фольгований склотекстоліт *FR-4*
- модуль потужності $E = 3,02 \cdot 10^{10}$ Н м²
- щільність $\rho = 2,05 \cdot 10^3$ кг м³
- коефіцієнт Пуассона $\xi = 0,21$

Маса встановлених на платі елементів $M= 0,0442$ кг

Визначимо приведену масу друкованої плати:

$$m_n = \rho h$$

					PT71. 411132.001 ПЗ	Лист
						34
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

Підставивши значення отримуємо, що маса друкованої плати 4,1 кг м².

Визначимо приведену масу плати з деталями:

$$m = m_n m_e$$

Маса плати з деталями $m = 4,2$ кг м²

Розрахуємо циліндричну жорсткість:

$$D = \frac{Eh^3}{12(1-\xi^2)}$$

Циліндрична жорсткість $D = 5,2$ Нм

Визначимо значення функції $\varphi(\beta)$ для кріплення плати в чотирьох точках:

$$\varphi(\beta) = \pi^2 \sqrt{\frac{1+1,621\frac{\xi}{\beta}+\frac{1}{\beta^2}}{1+1,621\frac{1}{\beta^3}+\frac{1}{\beta^6}}}$$

де $\beta=a/b$ — коефіцієнт, що залежить від співвідношення довжини і ширини плати. В результаті підстановки значень параметрів, отримаємо: $\varphi(\beta) = 5,2$.

Визначимо значення резонансної частоти плати

$$f_0 = \frac{\varphi(\beta)}{2\pi a^2} \sqrt{\frac{D}{m}}$$

Резонансна частота плати $f_0 = 78$ Гц, що перевищує максимальну частоту вібраційних впливів ($f=60$ Гц), то обраний варіант кріплення плати влаштовує вимоги віброміцності.

$$f_0 = \frac{f(B)}{2 \cdot \pi \cdot a^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}} \text{ explicit, ALL} \rightarrow \frac{1.3709695674255875137}{2 \cdot \pi \cdot 0.063^2} \cdot \sqrt{\frac{7.572115384615385}{3.7417424647761726}} = 78.206$$

Рисунок 3.9 — Розрахунок резонансної частоти в MathCad.

3.5 Експорт плати з Altium в SolidWorks

Перед експортом потрібно відкрити PCB файл плати. Експорт плати з середовища Altium до SOLIDWORKS відбувається за допомогою збереження

					PT71. 411132.001 ПЗ	Лист
						35
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

проекту Altium у форматі 3Д файлу (.step). Без збереження доріжок друкованої плати.

3.6 Розробка корпусу приладу в програмному забезпеченні SolidWorks

Корпус розроблений в програмному забезпеченні SolidWorks рис. 4.2. Корпус створений з softtouch пластику, так як він дешевше, та йому легше задати форму. Плата буде кріпитися на спеціальні ліфти з засувами. Для спрощення встановлення ploка живлення , на задній частині корпусу розміщена платформа ,котра зафіксована 4-ма гвинтами М3. Розбиратиметься корпус за допомогою передньої кришки рис. 4.4, яка буде закріплена 4-ма гвинтами М4. Також у задній кришці є 4 отвори під гвинти М4 для настінного монтажу , але також передбачено можливість установки двох кріплень під DIN-рейку у ці посадочні отвори.

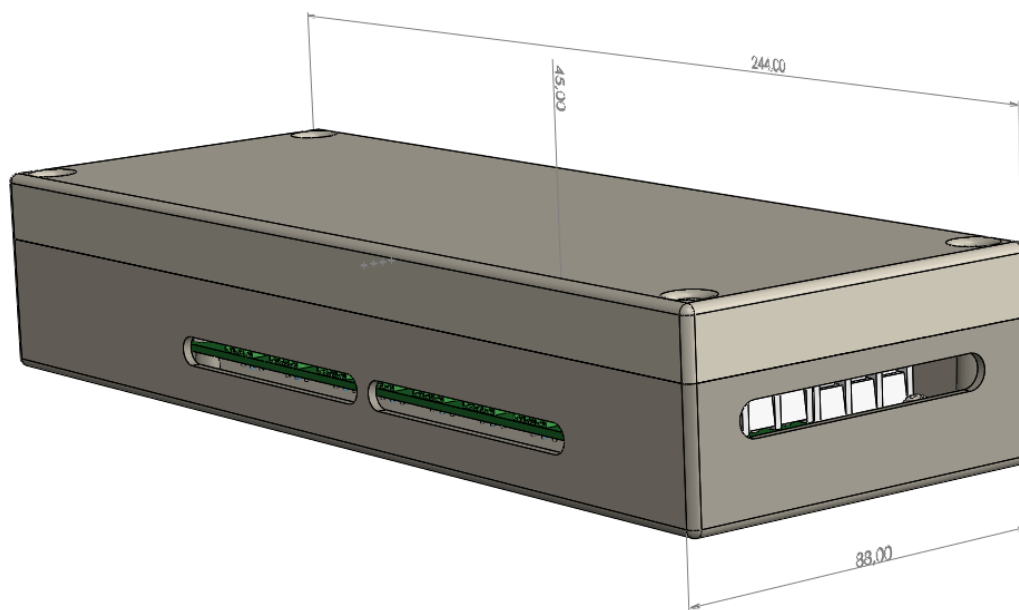


Рисунок 4.2 — Зовнішній вигляд корпусу

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71. 411132.001 ПЗ

Лист

36

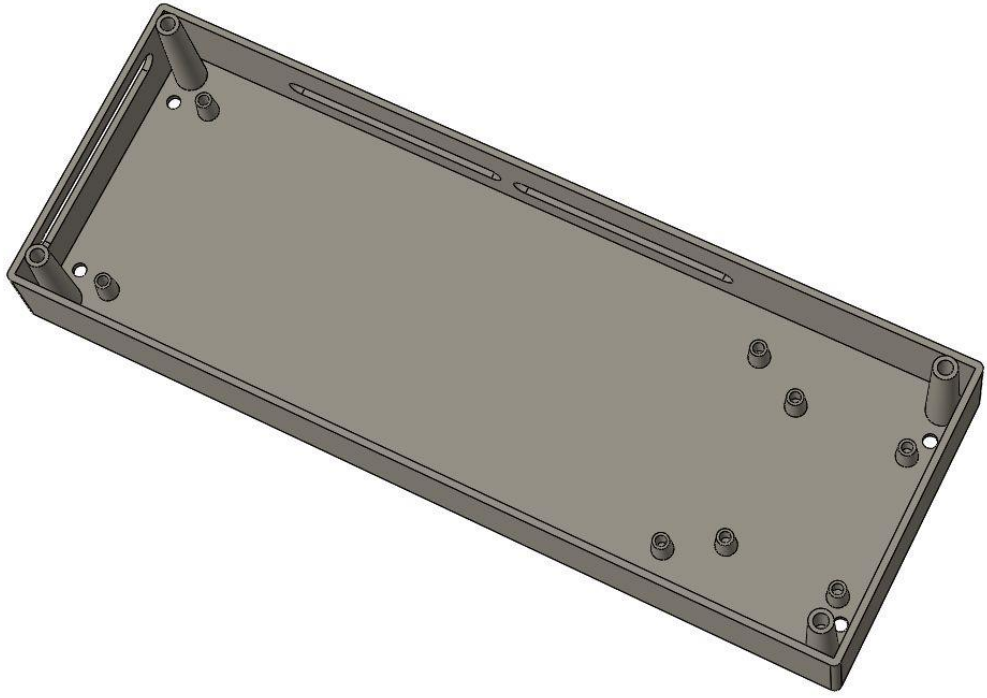


Рисунок 4.3 — Внутрішній простір корпусу

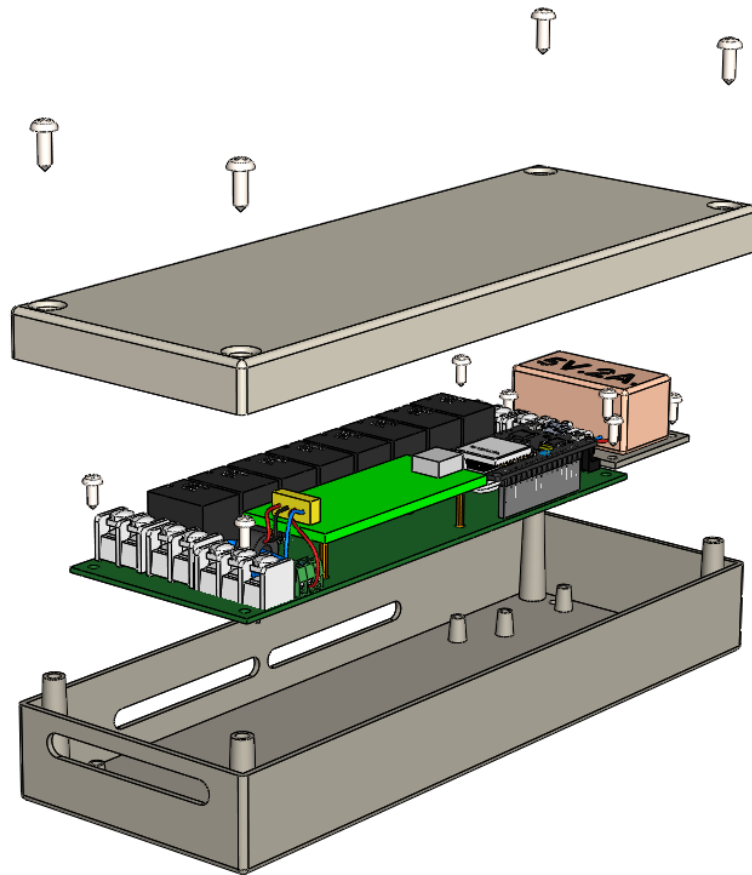


Рисунок 4.4 — Складальна інструкція

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71. 411132.001 ПЗ

Лист

37

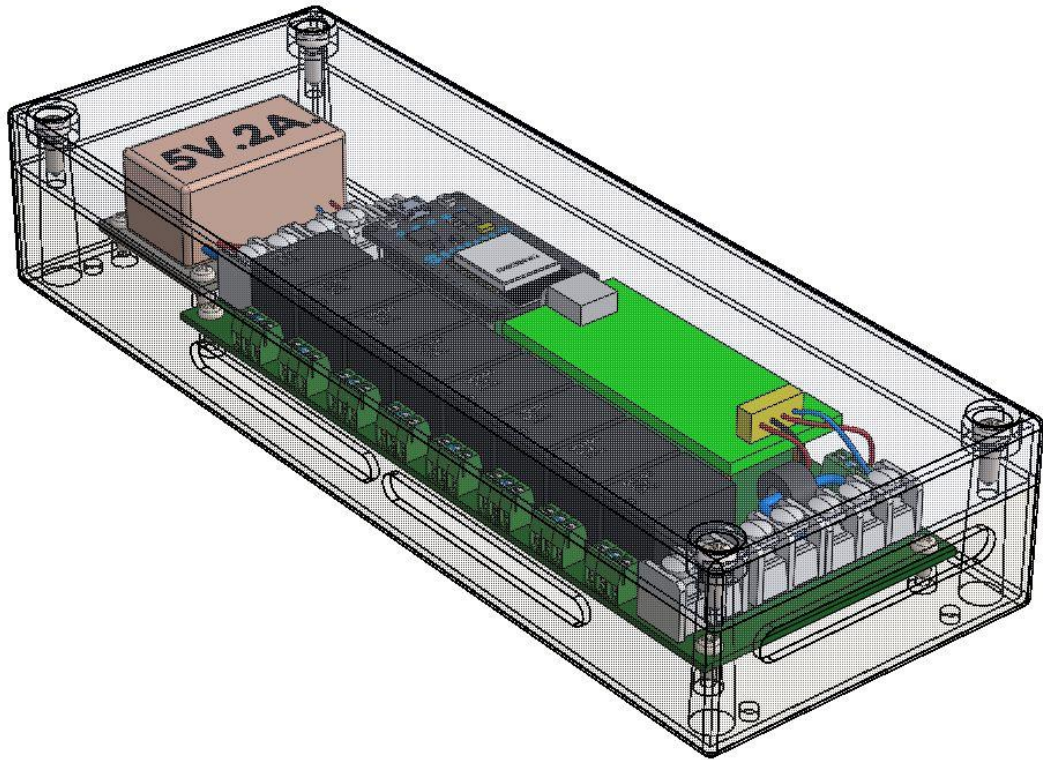


Рисунок 4.5 — Розміщення плати у корпусі

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

РТ71. 411132.001 ПЗ

Лист

38

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Принципове обґрунтування алгоритму роботи девайсу

Код для управління реле з ESP32 відносно простий, як управління світлодіодом або будь-яким іншим виходом. Обрано до використання нормально відкриту конфігурацію, потрібно відправити сигнал LOW, щоб подати струм, і сигнал HIGH, щоб зупинити його. Код описано в додатку.

По локальній мережі можна потрапити на графічний веб інтерфейс користувача рис.4.6, да керувати всіма функціями девайсу.

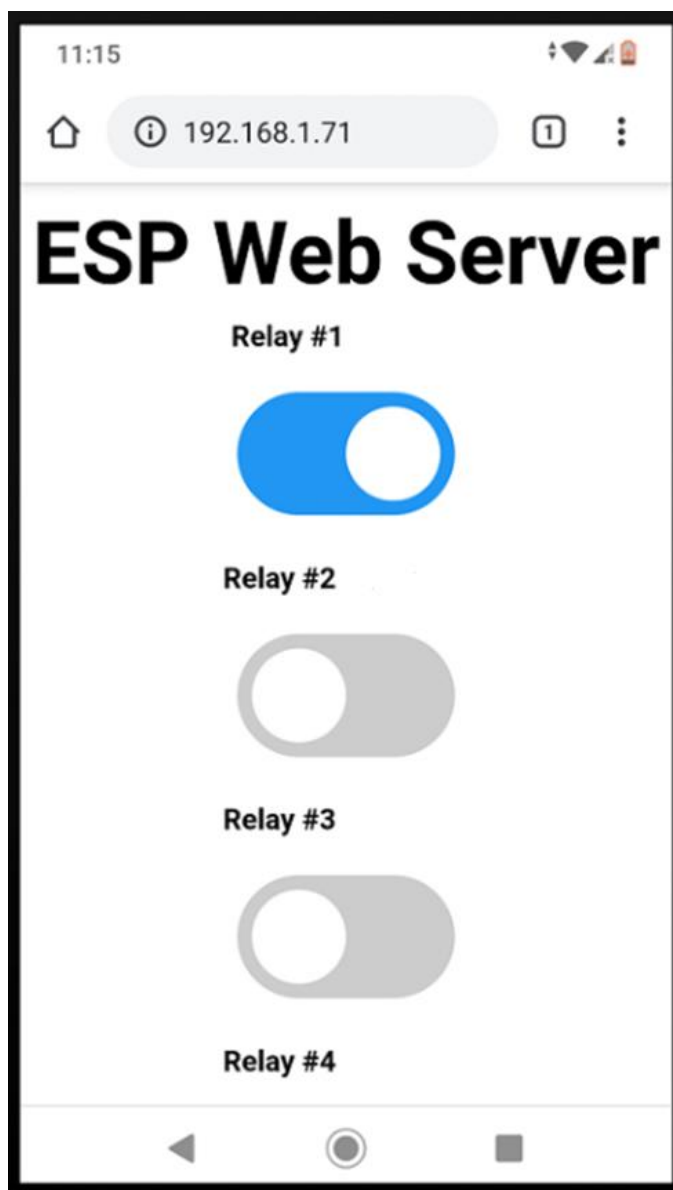


Рисунок 4.6 — Графічний інтерфейс програми

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71. 411132.001 ПЗ

Лист

39

Але якщо буде необхідність керувати девайсом поза локальною мережею, то передбачено варіант з NAT переадресацією. Тобто користувач спочатку потрапляє на центральній роутер локальної мережі через своєчасно відкритий порт ,а вже потім через відкритий 80 порт на ESP32 потрапляє на веб інтерфейс користувача. Але це рішення не є досить безпечним тому що є вагома кількість осіб, котра моніторити відкриті порти локальних мереж та можуть робити не хороші вчинки з тими доступами, котрі вони отримують.

Static NAT потрібен в тому випадку, якщо провайдер виділив кілька IP адрес (зовнішні або "білі" адреси), і потрібно, щоб деякі сервери завжди були видні з інтернету, при цьому їх адреси б не змінювалися .

Тобто відбувається перетворення адрес 1-1 (один зовнішній IP призначається одному внутрішньому серверу). При такій настройці сервери завжди будуть доступні з інтернету на будь-якому порту.

Будь-який сервіс, будь-яка програма звертається до комп'ютера, сервера, роутера або сервісу (будь то пошта, веб-сторінка або будь-який інший сервіс) не тільки за IP адресою, але і через порт.

Переваги даного способу:

- реальні адреси серверу будуть приховані;
- сервер завжди буде видно в інтернеті.

Недоліки:

- Зловмисники можуть на нього спробувати пробитися або здійснювати які-небудь атаки;
- Потрібно декілька зовнішніх адрес, що може бути затратно.

Вже більш серйозним рішенням буде розгортання власного VPN серверу, на котрий можна буде потрапити лише за допомогою логіна та паролю, а вже з нього отримати доступ до веб інтерфейсу девайсу. Як правило такого типу девайс в smart системах називають шлюзом. Особливість цього рішення в тому ,що немає проміжного маршруту трафіку через сервера компаній виробника, з цього витікає що затримки між користувачем і девайсом будуть мінімальні.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

4.2 Аналіз прошивки девайсу

Для створення web сервера ми використовуємо бібліотеку ESPAsyncWebServer, встановлюємо цю бібліотеку в середу розробки (я використовував середу розробки Arduino).

Далі треба установити бібліотеку ASYNC TCP для ESP32, бо вона потрібна для роботи бібліотеки ESPAsyncWebServer.

Тепер можна безпосередньо створювати прошивку для девайсу. Прошивка представлена у додатку А.

Наводжу пояснення по ключовим етапам прошивки:

Визначаємо конфігурацію реле:

- Змінимо змінну RELAY_NO, щоб вказати, яку конфігурацію ми використовуємо. Встановимо для змінної RELAY_NO значення true для конфігурації NO і значення false для конфігурації NC.
- `#define RELAY_NO true`

Визначаємо кількість реле (каналів):

- Визначити кількість реле, якими буде здійснюватись керування можна у змінній NUM_RELAYS. Згідно з ТЗ встановлюємо значення 8.
- `#define NUM_RELAYS 8`

Визначення призначення контактів реле:

- У змінній NUM_RELAYS визначаються виходи ESP32, які будуть керувати реле. Кількість реле, заданий у змінній NUM_RELAYS, повинна відповідати кількості виходів, призначених в масиві relayGPIOs.
- `int relayGPIOs [NUM_RELAYS] = {2, 4, 5, 15, 16, 17, 18, 19};`

Важливим пунктом є внесення параметрів мережі WIFI у конфіг прошивки:

- Щоб після увімкнення девайсу він автоматично під'єднався до ЛВМ – треба задати у прошивці SSID та password від мережі WIFI.
- `const char* ssid = "*****";`

					PT71. 411132.001 ПЗ	Лист
						41
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

- `const char * password = "*****";`

Використання прошивки:

- Після внесення необхідних параметрів треба завантажити код в контролер ESP32
- Далі треба відкрити монітор послідовного порту зі швидкістю 115200 бод і натиснути кнопку ESP32 EN, щоб отримати IP-адресу контролера.
- Після цього потрібно відкрити браузер і ввести IP-адресу ESP32, щоб отримати доступ до web сервера.
- Можна побачити результат, схожий на цей (представлений на Рисунок 4.6)
- Після цих дій можна управляти реле віддалено за допомогою смартфона.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						42
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Після детального аналізу аналогів на ринку був обраний надійний корпус та схема. Матеріалом корпусу є міцна пластмаса. Плата та корпус в свою чергу мають великий потенціал на абгрейд пристрою. Було розроблено девайс, котрий дозволить користувачу або дистанційно, в іншому випадку - автономно (за допомогою сценаріїв) керувати восьми приладами, підключеними до релейного модулю одночасно.

Виконуючи аналіз технічного завдання, був продуманий попередній вигляд пристрою, обрана компонентна база, та вигляд корпусу.

Використавши програмне забезпечення *Altium Designer* була спроектована плата, та вигляд елементної бази, що дало змогу легко розмістити елементи на платі, та перевести готову плату в 3D модель. За допомогою чого був спроектований зовнішній вигляд корпусу плати.

Також за допомогою програмного забезпечення *Solid Works* було розроблено корпус для девайсу, котрий має можливість чіплятися на плоску поверхню або Din-рейку.

Була написана програмна частина, котра дозволяє задіяти основну частину функціоналу пристрою.

Пристрій відповідає технічному завданню та влаштовує вимоги віброміцності.

Як результат проект повністю виправдовує очікуванням. Після зборки макетного стенду код відпрацював як потрібно. Як розвиток проекту передбачається повноцінна екосистема, котра буде повністю відповідати сучасним вимогам автоматизації та буде актуальною на протязі всього строку служби.

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						43
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Інформація про транзистор BSS 138 модулем [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://www.chipdip.ru/product/bss138-fairchild>
2. ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия — docs.cntd.ru [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://docs.cntd.ru/document/1200003320>
3. Классы точности печатных плат (PCB) — [microsin.net /](http://microsin.net/) [Електронний ресурс] — Режим доступу: <http://microsin.net/adminstuff/others/pcb-classes.html>
4. Проектирование устройств в среде Altium Designer [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://www.altium.com/documentation/ru/18.0/display/ADES/\(\(Designing+Systems+with+Multiple+Boards\)\)_AD](https://www.altium.com/documentation/ru/18.0/display/ADES/((Designing+Systems+with+Multiple+Boards))_AD)
5. ГОСТ 16019-2001 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://docs.cntd.ru/document/gost-16019-2001>
6. Комбінований позитивний метод [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://pcbdesigner.ru/pcb/sposobi-izgotovleniya-pechatnih-plat/kombinirovannye-metody.html>
7. ГОСТ 16019-2001 Умови транспортування С1 [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1200026583>
8. ГОСТ 30773-2001 Утилізація згідно вимог для промислових відходів [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1200028876>
9. ДСТУ ГОСТ 7.1-2006 Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання [Електронний ресурс] — Режим доступу: http://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/standarts/DSTU_GOST7.1-2006.pdf
10. ГОСТ 33366.1-2015 Пластмасы. Умовні позначення і скорочення складання [Електронний ресурс] — Режим доступу: <https://docs.cntd.ru/document/1200126394>

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						44
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

11.ГОСТ 15150, УХЛ 5.1 Працездатність пристрою в умовах відсутності утворення конденсату. [Електронний ресурс] —Режим доступу:

<https://kabelshop.com.ua/poleznye-stati/gost-15150-69-klimaticheskoe-ispolneniia-i-kategoriia-razmeshcheniia>

12.Оптимальний блок живлення [Електронний ресурс] —Режим доступу: <https://www.chipdip.ru/catalog-show/pcb-power-adapters?x.1557=EbW>

13.NAT переадресація [Електронний ресурс] —Режим доступу: <https://sonikelf.ru/vse-chno-vy-xoteli-znat-o-nat-no-boyalis-sprosit-nat-pat-snat-dnat/>

14.Інформація про SMD діоди [Електронний ресурс] —Режим доступу: <https://elenergi.ru/chno-takoe-diod-zachem-on-nuzhen-i-iz-chnego-on-sostoit.html>

15. Інформація про SMD світлодіоди [Електронний ресурс] —Режим доступу: <https://foton.ua/faq/chno-takoe-smd-svetodiod.html>

16.Даташит на 8ми релейний модуль [Електронний ресурс] —Режим доступу: <https://components101.com/switches/5v-eight-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet>

17.Стаття про роботу ESP32 з релейним модулем [Електронний ресурс] —Режим доступу: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-relay-module-ac-web-server/>

					<i>РТ71. 411132.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		45

ДОДАТОК А. ПРОШИВКА

Firmware. с	<pre> // Імпортуємо необхідні бібліотеки #include "WiFi.h" #include "ESPAsyncWebServer.h" // Задаємо конфігурацію реле NO #define RELAY_NO true // Прописуємо кількість реле #define NUM_RELAYS 8 // Присвоюємо кожному реле відповідний GPIO на ESP32 int relayGPIOs[NUM_RELAYS] = { 2, 4, 5, 15, 16, 17, 18, 19 }; // Тут задаються параметри мережі WIFI const char * ssid = "ALEXR0M4"; const char * password = "*****"; const char * PARAM_INPUT_1 = "relay"; const char * PARAM_INPUT_2 = "state"; // Створюємо AsyncWebServer, використовуючи 80 порт. AsyncWebServer server(80); const char index_html[] PROGMEM = R"rawliteral(< !DOCTYPE HTML > < html > < head > < meta name = "viewport" content = "width=device-width, initial-scale=1" > < style > html { font - family: Arial; display: inline - block; text - align: center; } h2 { font - size: 3.0 rem; </pre>
----------------	--

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата	

PT71. 411132.001 ПЗ

Лист

46

```

}
p {
  font - size: 3.0 rem;
}
body {
  max - width: 600 px;
  margin: 0 px auto;
  padding - bottom: 25 px;
}
.switch {
  position: relative; display: inline - block; width: 120 px; height:
68 px
}
.switch input {
  display: none
}
.slider {
  position: absolute; top: 0; left: 0; right: 0; bottom: 0; background
- color: #ccc; border - radius: 34 px
}
.slider: before {
  position: absolute; content: ""; height: 52 px; width: 52 px; left: 8
px; bottom: 8 px; background - color: #fff; - webkit - transition:
.4 s; transition: .4 s; border - radius: 68 px
}
input: checked + .slider {
  background - color: #2196F3}
input: checked + .slider: before { -webkit-transform:
translateX(52px); -ms-transform: translateX(52px); transform:
translateX(52px)}
</style>
</head>
<body>
<h2>ESP Web Server</h2>
%BUTTONPLACEHOLDER%
<script>function toggleCheckbox(element) {
var xhr = new XMLHttpRequest();
  if (element.checked) {
    xhr.open("GET", "/update?relay=" + element.id +
"&state=1", true);
  } else {
    xhr.open("GET", "/update?relay=" + element.id +
"&state=0", true);
  }
}

```

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71. 411132.001 ПЗ

Лист

47

```

    xhr.send();
} < /script> <
/body> <
/html>
) rawliteral ";
// Коректує секцію кнопок в шаблон веб сторінки
String processor(const String &
var) {
//Serial.println(var);
if (var == "BUTTONPLACEHOLDER") {
String buttons = "";
for (int i = 1; i <= NUM_RELAYS; i++) {
String relayStateValue = relayState(i);
buttons += "<h4>Relay #" + String(i) + " - GPIO " +
relayGPIOs[i - 1] + "</h4><label class=\"switch\"><input
type=\"checkbox\" onchange=\"toggleCheckbox(this)\" id=\""
+ String(i) + "\" " + relayStateValue + "><span
class=\"slider\"></span></label>";
}
return buttons;
}
return String();
}
String relayState(int numRelay) {
if (RELAY_NO) {
if (digitalRead(relayGPIOs[numRelay - 1])) {
return "";
} else {
return "checked";
}
} else {
if (digitalRead(relayGPIOs[numRelay - 1])) {
return "checked";
} else {
return "";
}
}
return "";
}
void setup() {
// Використовуємо послідовний порт для відладки
Serial.begin(115200);
// Включає всі реле при старті програми (конфігурація
NO, коло розімкнуте при сигналі HIGH)

```

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

```

for (int i = 1; i <= NUM_RELAYS; i++) {
  pinMode(relayGPIOs[i - 1], OUTPUT);
  if (RELAY_NO) {
    digitalWrite(relayGPIOs[i - 1], HIGH);
  } else {
    digitalWrite(relayGPIOs[i - 1], LOW);
  }
}
// Підключаємося до WiFi (ввести SSID && pass)
WiFi.begin(ssid, password);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
  delay(1000);
  Serial.println("Connecting to WiFi..");
}
// Виводимо IP ESP32 в ЛВМ
Serial.println(WiFi.localIP());
// Адреса для web сторінки
server.on("/", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *
request) {
  request -> send_P(200, "text/html", index_html, processor);
});
// Посилаємо запит GET
<ESP_IP>/update?relay=<inputMessage>&state=<inputMessag
e2>
server.on("/update", HTTP_GET, [](AsyncWebServerRequest *
request) {
  String inputMessage;
  String inputParam;
  String inputMessage2;
  String inputParam2;
  // Отримуємо значення input1 в
<ESP_IP>/update?relay=<inputMessage>
  if (request -> hasParam(PARAM_INPUT_1) & request ->
hasParam(PARAM_INPUT_2)) {
    inputMessage = request -> getParam(PARAM_INPUT_1) ->
value();
    inputParam = PARAM_INPUT_1;
    inputMessage2 = request -> getParam(PARAM_INPUT_2) ->
value();
    inputParam2 = PARAM_INPUT_2;
    if (RELAY_NO) {
      Serial.print("NO ");
      digitalWrite(relayGPIOs[inputMessage.toInt() - 1],
!inputMessage2.toInt());

```

Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата

PT71. 411132.001 ПЗ

Лист

49

```

    } else {
        Serial.print("NC ");
        digitalWrite(relayGPIOs[inputMessage.toInt() - 1],
inputMessage2.toInt());
    }
    } else {
        inputMessage = "No message sent";
        inputParam = "none";
    }
    Serial.println(inputMessage + inputMessage2);
    request -> send(200, "text/plain", "OK");
});
// Запускаємо сервер
server.begin();
}
void loop() {}

```

ДОДАТОК Б. СПЕЦИФІКАЦІЯ

					<i>РТ71. 411132.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>51</i>

ДОДАТОК В. СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА

					<i>РТ71. 411132.001 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лис</i>	<i>№ доквм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

ДОДАТОК Г. СКЛАДАЛЬНИЙ КРЕСЛЕННИК ДРУКОВАНОГО
ВУЗЛА

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						53
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК Г. СКЛАДАЛЬНИЙ КРЕСЛЕННИК ПРИБРОЮ

					РТ71. 411132.001 ПЗ	Лист
						54
Зм.	Лис	№ доквм.	Підпис	Дата		