

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інформаційних технологій електронних засобів

(повне найменування інституту, факультету)

Інформаційних технологій та телекомунікацій

(повне найменування кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

Магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ЗАРЯДКИ  
ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Виконав: студент(ка) 6 курсу, групи РТ-519м

Спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Інтелектуальні технології мікросистемної  
радіоелектронної техніки

Керівник Шило Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Зеленьова І.Я.

(прізвище та ініціали)

2020

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Факультет радіоелектроніки та телекомунікацій

Кафедра Інформаційних технологій електронних засобів

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 172 Телекомунікації та радіотехніка  
(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація): Інтелектуальні технології мікросистемної радіоелектронної техніки

(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ІТЕЗ Г.Я.Н.

Г.М. Мило

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

Калиниченко Антон Романович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

керівник проєкту (роботи) Шило Галина Миколаївна, д.т.н, доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 12 » листопада 2020 року № 325

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 18 грудня

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) габаритні розміри конструкції, підтримка типів кабелей: J1772(Type1), Type2 чи розетки, вимога до кріплення корпусу на DIN рейку

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Дослідження предметної області, системотехнічне та схемотехнічне проектування зарядного контролеру, проектування друкованих плат та виготовлення дослідних зразків, розробка програмного забезпечення, охорона праці, організаційно-економічні розрахунки, висновки, перелік посилань, додаток А, додаток Б, додаток В, додаток Г

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)  
17 слайдів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1 - 4	Шило Г.М.	01.10.20	
5	Левченко Н.М.	15.10.20	
6	Якімцов Ю.В.	03.11.20	
7	Поспелова І.Є.	12.12.20	

7. Дата видачі завдання « 01 » вересня 2020 року.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Аналіз аналогів	9.10.20	
2	Постановка технічного завдання	11.10.20	
3	Розробка архітектури зарядного контролера	12.10.20	
4	Розробка схеми електричної принципової	20.10.20	
5	Розробка друкованої плати	15.11.20	
6	Вибір корпусу	25.11.20	
7	Розробка програмного забезпечення	02.12.20	
8	Оформлення ПЗ та захист дипломного проекту	18.12.20	

Студент(ка)

Керівник проекту (роботи)

Калиниченко А.Р.  
(прізвище та ініціали)

Шило Г.М.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту: 113 с., 60 рис., 19 табл., 7 додатків, 26 джерел.

Мета дипломної роботи – розробка програмного та апаратного забезпечення зарядного контролеру 2 рівня.

У дипломному проекті реалізовано схеми електричні-принципові модулів контролеру зарядки, створено тривимірні моделі плат, розроблено дослідні зразки, реалізовано програмне забезпечення для керування роботою зарядної станції.

У результаті створено програмно-апаратний комплекс зарядної станції 2 рівня, що надає можливість конфігурації зарядних станцій за такими параметрами як:

- тип порту;
- комплектація роз'ємом чи розеткою;
- робота у автономному режимі та режимі керування сервером.

Розроблена система може використовуватись для публічних зарядних станцій та станцій особового користування.

Апаратне забезпечення зарядного контролеру розроблено за допомогою середовища DipTrace, програмне забезпечення реалізовано на мові програмування Си та за допомогою середовища CubeIde.

EV, EVSE, STM32, МІКРОКОНТОЛЕР, RS485, MODBUS, RFID, NFC

# ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ .....	5
ВСТУП.....	5
1 Дослідження предметної області та постановка задач дипломної роботи .....	6
1.1 Опис предметної області .....	6
1.2 Аналіз роз'ємів .....	11
1.3 Порівняння аналогів .....	17
1.4 Постановка задачі.....	19
2 Системотехнічне та схемотехнічне проектування зарядного контролера.....	20
2.1 Архітектура зарядної станції .....	20
2.2 Структурна схема зарядного контролера .....	26
2.3 Розробка схеми електричної принципової .....	28
2.4 Вибір елементної бази .....	30
3 Проектування друкованих плат та виготовлення дослідних зразків.....	37
3.1 Створення друкованої плати.....	37
3.2 Перевірка ПП в системі DipTrace.....	39
3.3 3D-модель друкованої плати.....	40
3.4 Виробництво друкованої плати .....	42
3.5 Вибір корпусу .....	45
4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕСПЕЧЕННЯ .....	49
4.1 Опис комунікації з електромобілем .....	49
4.2 Вибір середовища і мови програмування.....	52
5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	68
5.1 Аналіз потенційних небезпек.....	68
5.2 Заходи із забезпечення техніки безпеки .....	69
5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці .....	70
5.4.1 Заходи з пожежної безпеки .....	75
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ .....	80
ВИСНОВКИ.....	90
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	5

ДОДАТОК А.....	94
ДОДАТОК Б.....	98
ДОДАТОК В.....	103
ДОДАТОК Г.....	107
ДОДАТОК Ґ.....	110
ДОДАТОК Д.....	113

## **ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧОК, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ДВЗ - двигун внутрішнього згорання;

ЕЗС - електрична зарядна станція;

ПЗ - програмне забезпечення;

API - програмний інтерфейс програми;

DMA - прямиий доступ до пам'яті;

UART - універсальний асинхронний приймач;

Watchdog - апаратно реалізована схема контролю над зависанням системи;

DRC - стадія проектування ІС, на якому перевіряється топологія за допомогою програмного забезпечення;

РЕК - радіо електронний компонент;

ПП - печатна плата;

САПР - система автоматизованого проектування и розрахунку;

CAD - система автоматизованого проектування;

CAM - автоматизована система, або модуль автоматизованої системи, призначений для підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПУ;

ЕТ – електротранспорт;

ОПЕТ - обладнання джерела живлення ЕТ;

CRC16 - алгоритм знаходження контрольної суми, призначений для перевірки цілісності даних;

RFID - Radio Frequency IDentification;

ІС - Інтегральна мікросхема;

## ВСТУП

Сьогодні електромобілі досить міцно увійшли в наше життя. Вони зустрічаються в кожному місті і їх чисельність постійно збільшується. І через загальносвітових екологічних проблем і постійно зростаючих цінах на паливо, електромобілі вирішують як екологічні, так і економічні проблеми.

У електромобілів, на відміну від автомобілів з ДВС, відсутні викиди шкідливих газів, що відробили. Сьогодні дуже актуальним є питання про поліпшення екологічної обстановки в світі, про який повинні замислюватися як держави, так і звичайні люди. Вибір в сторону електромобіля - це один із способів поліпшити екологічну обстановку.

Друге важливе питання - це вплив шуму, це особливо актуально для великих міст. Електромобілі в процесі роботи практично не видають шуму, так як відсутні деталі, що труться ДВС і вихлопна система.

Електромобіль - це транспортний засіб, який приводиться в рух за допомогою електричного двигунів. Харчування двигуна може здійснюватися за допомогою:

- сонячної батареї;
- паливних елементів;
- акумуляторної батареї.

Акумулятор необхідно заряджати після певного часу роботи, зробити це можна як від різних зовнішніх джерел (ЕЗС), так і від генератора, встановленого на борту транспортного засобу. Якщо генератор приводиться в дію двигуном внутрішнього згоряння, то це тип гібридного автомобіля.

Електромобілізації підлягають всі види автомобільного транспорту - легкові, вантажні та автобусні. Їх виробляють майже всі всесвітньо відомі компанії, такі як Tesla, Ford, BMW, Volkswagen, Nissan і т.д. Так само можна знайти відносно молоді і маловідомі бренди, такі як BYD, JAC, FaradayFuture і т.д.

З точки зору звичайної людини, використовуючи електромобіль замість автомобіля з ДВС, можна досягти суттєвої економії на заправках, а також в

обслуговуванні. Залежно від автомобіля і тарифу електроенергії, вартість 100 км пробігу на електриці обійдуться власникові близько 100 гривень, коли на звичайному автомобілі - ~ 210 гривень.

Вартість і пробіг електромобілів є найбільш важливими показниками для споживачів. Звичайно, власники економлять багато палива, але вартість самого транспортного засобу, як правило, набагато перевищує вартість бензинової машини. При цьому автовласники очікують збільшення максимального пробігу, щоб відчувати себе комфортно і не турбуватися про запас пробігу на одному заряді.

Вигода на електромобілі очевидна, але їх експлуатація вимагає розвиненої і грамотної інфраструктури. За статистикою, в Україні, більшість населення проживають в багатоквартирних будинках і не мають можливості заряджати електромобіль вдома. А також процес зарядки може бути досить довгим за часом, тим більше в порівнянні з заправкою автомобіля з ДВС. У розвитку інфраструктури значу роль відіграють торговельні центри, паркінги та інші підприємства, які використовують мережі електрозаправок, для залучення клієнтів та продажу залишкової електроенергії. Для зниження ціни зарядної станції і більш швидкого розширення інфраструктури необхідні спеціалізовані зарядні контролери з гнучким функціоналом і можливістю масштабування.

Таким чином, метою дипломного проекту є розробка програмного та апаратного забезпечення зарядного контролера. [1]

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

## 1.1 Опис предметної області

Основними конструктивними елементами електромобіля є: акумулятор, трансмісія, спеціальний блок (інвертор) для зарядки батареї і електронна система управління (рис.1.1). Для живлення головного тягового двигуна встановлена потужна тягова акумуляторна літій-іонна батарея. Тяговий двигун - це один або кілька трифазних асинхронних або синхронних електричних машин, що живляться змінним струмом. Максимальна потужність може бути більше 200 кВт.

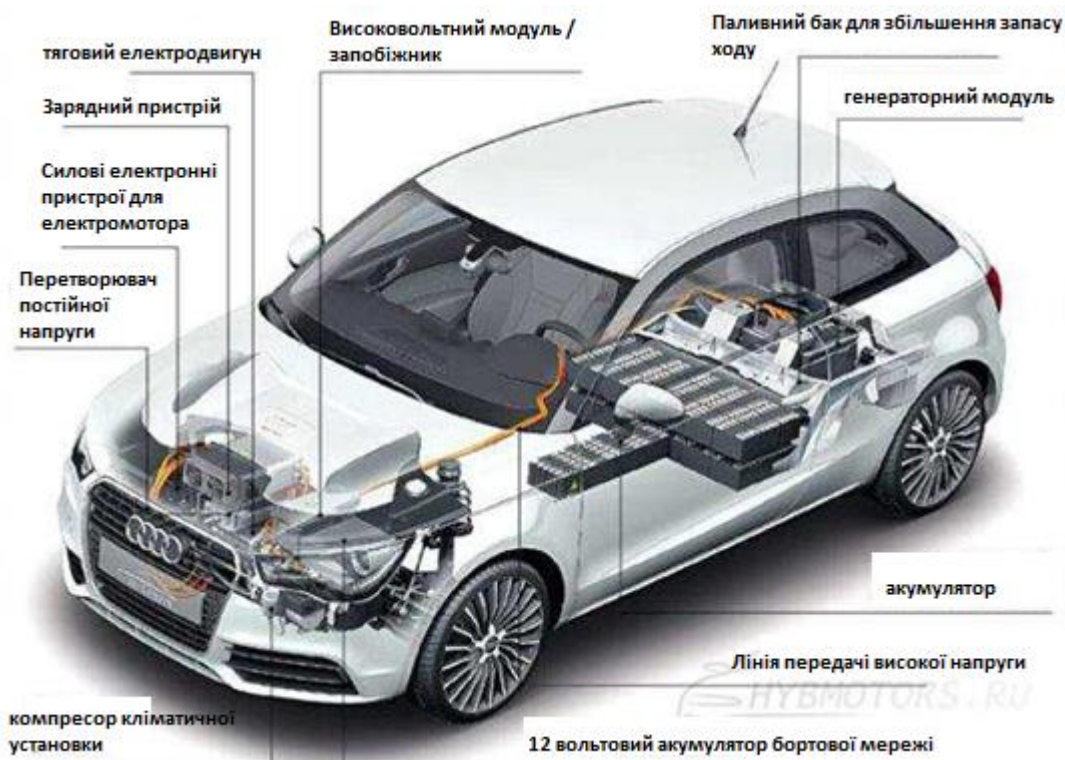


Рисунок 1.1 – Схема компонування електромобіля

Як видно з графіку на рис. 1.2, автовиробники намагаються задовольнити двом вимогам - вартості автомобіля і пробігу на одному заряді. Ці вимоги є найбільш

важливими показниками для споживачів.

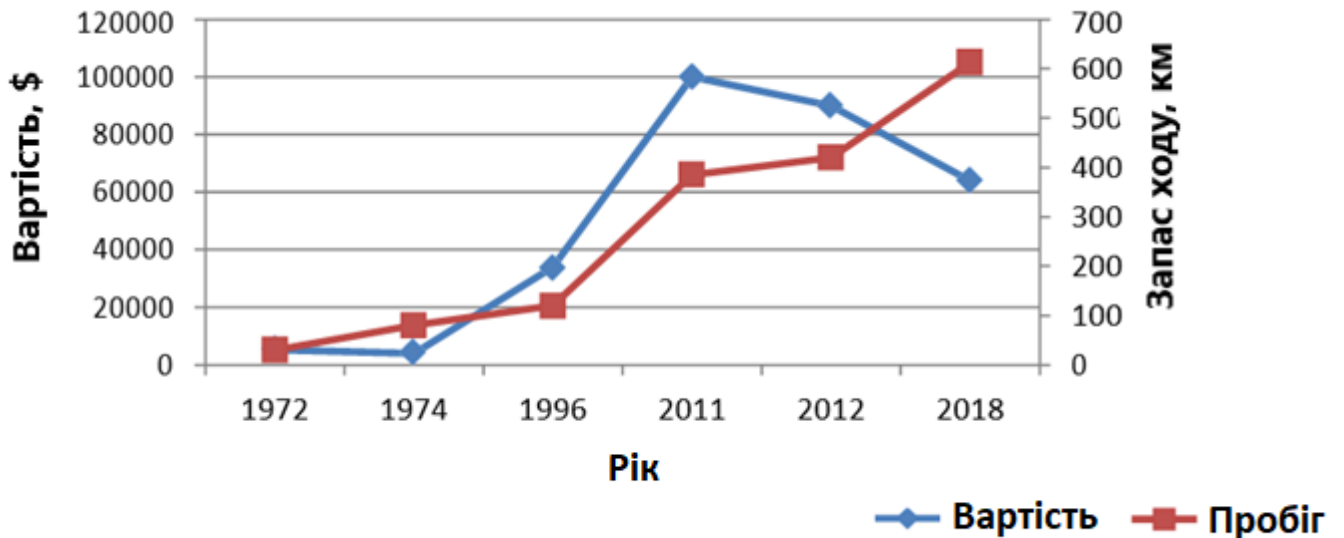


Рисунок 1.2 – Динаміка зміни характеристик електромобілів

Найдешевші популярні моделі електромобілів в США, Європі та Азії це: Tesla, Ford, Chevrolet, Renault, Fiat, Jaguar, Range Rover, Volkswagen, Porsche, KIA.

Tesla - лідер в цій області. Пропоновані електромобілі:

- Tesla Model S з запасом ходу 225, 320 і 426 км, максимальною швидкістю 200 км / год;
- Tesla Model X оснащується електродвигунами потужністю 60 або 80 кВт з запасом ходу приблизно 337 км і 435 км відповідно;
- Tesla Model 3 в стандартній комплектації, має запас ходу 340 км;

Ford пропонує електричну модель Focus з запасом ходу до 160 км.

Моделі електромобілів від Chevrolet:

- Chevrolet Spark EV з запасом ходу 160 км на одній зарядці;
- Chevy Volt з встановленим генератором має запас ходу 500 км;

На європейському ринку можна відзначити BMW-i3 з заявленим пробігом 130-160 км в залежності від обраного режиму. Запас ходу можна збільшити до 200 км за

допомогою режиму ECO PRO+.

Renault виробляє електричну модель Zoe з запасом ходу 300 км на одній зарядці.

Можна відзначити Volkswagen з моделлю E-Golf, заявлений пробіг якої досягає 200 км.

Fiat запускає модель 500e з економічним запасом ходу до 160 км.

А також Jaguar з моделлю I-Pace, запас ходу якої становить 500 км.

Азіатський ринок електромобілів найбільш відомий завдяки Nissan Leaf.

Електромобіль може проїхати до 387 км без підзарядки.

Серед відомих автовиробників в Азії Hyundai відомий своєю моделлю IONIQ EV з пробігом 170 км. А також Kia Niro з запасом ходу 280 км на одній зарядці.

На додаток до добре відомим великим автогігантам на азіатському ринку електромобілів можна знайти американсько-китайську фірму FaradayFuture з їх моделлю FF91, запас ходу якої становить 609 км. Також варто відзначити компанію BYD, яка випускає електромобіль BYD E6 з заявленим запасом ходу 300 км.

У боротьбі за скорочення викидів від транспортних засобів, головними з яких є оксиди азоту, діоксид сірки і діоксид вуглецю, лідери в усьому світі поставили амбітні цілі щодо впровадження електромобілів. Відповідно до цільової програми Electric Vehicle Initiative, в якій беруть участь сім країн, кількість електромобілів і гібридних автомобілів зросте в 10 разів за останні сім років - з 2 до 20 мільйонів до 2020 року. Ці цифри, як частка від загальної кількості використовуваних транспортних засобів, являють собою лише невелику частину: в 2010 році в Сполучених Штатах налічувалося понад 230 мільйонів легкових автомобілів в порівнянні з приблизно 250 мільйонами в ЄС і 240 в Китаї. Динаміка зміни кількості електромобілів у різних країнах наведено на рис. 1.3.[1]

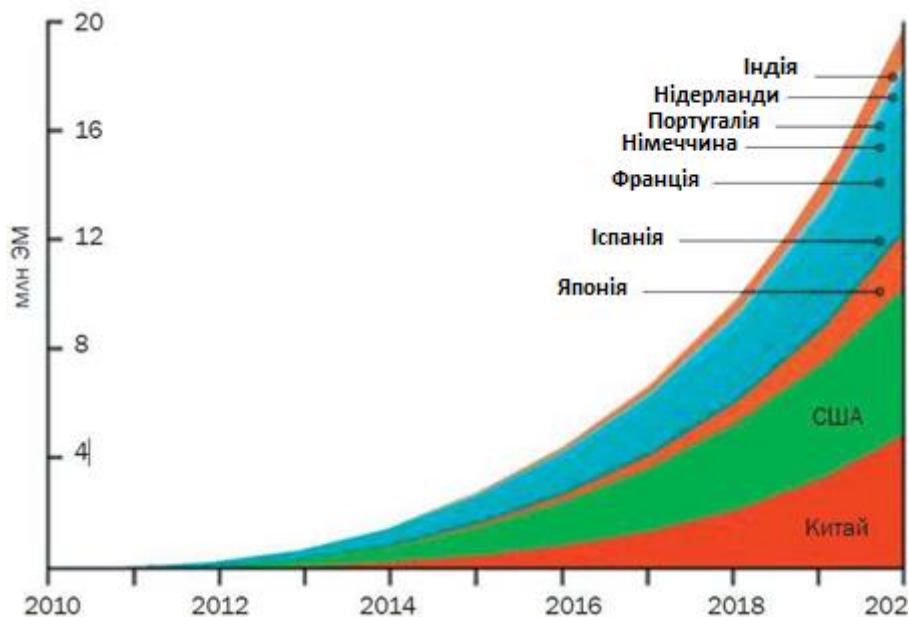


Рисунок 1.3 – Динаміка зміни парку електромобілів в різних країнах

За даними МВС України, за перші 6 місяців 2020 року на вітчизняному ринку електромобілів зареєстровано 3384 нових електромобіля. Це на 16% більше, ніж в минулому році за аналогічний період. При цьому частка електромобілів, зареєстрованих у другому кварталі 2020 року, на 10% вище, ніж в попередньому кварталі. Статистика реєстрацій електромобілей в Україні за 2020 рік наведено на рис.1.4. [1]

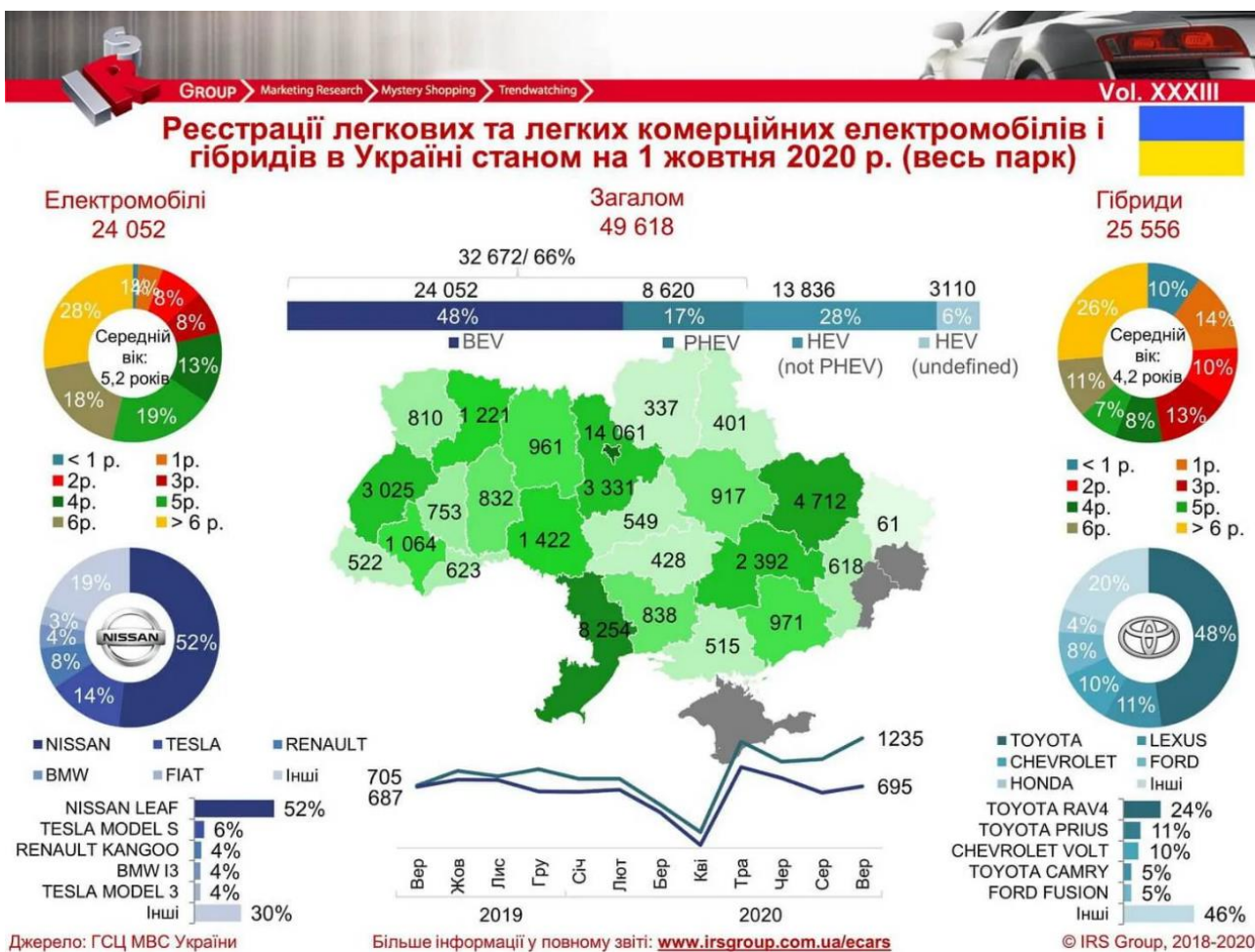


Рисунок 1.4 – Парк електромобілів в Україні на початок 2020 року

Параметри ЗЕС і час заряду акумулятора електромобіля змінюються в залежності від рівня зарядної станції.

Зарядні станції 1 рівня це пристрої, схожі на домашні мережеві зарядні пристрої змінного струму. За допомогою них можна за годину зарядити електромобіль всього на 20-40 км. Вони дають можливість зарядки змінним струмом до 16А, тому вважаються найповільнішими. Зарядні пристрої на 16 А мають напругу 120 В і можуть забезпечувати максимальну потужність 1,92 кВт. Якщо використовувати такий струм для зарядки електромобіля, то це займе не менше 12 годин. Таку зарядку можна використовувати вдома - просто підключивши її в розетку.

Зарядний пристрій 2 рівня дає потужність 7-22 кВт, працюючи від змінної мережі

з струмом до 30 А по одній або кожній з трьох фаз і напругою до 380 вольт.

Час зарядки становить від 3 до 6 годин. До такого типу зарядок відносяться більшість сучасних станцій.

Для ЗЕС 1 і 2 рівнів, які працюють від змінного струму, в автомобілі встановлено пристрій, який випрямляє струм і безпосередньо заряджає акумулятор.

Зарядні станції 3 рівня заряджають електромобіль постійним струмом і напругою 300-600 В. Сила струму може перевищувати 100 А, а потужність 135 кВт. Вони можуть зарядити акумулятор електромобіля до 80% за півгодини. Після цього потужність зменшується або повністю відключається, щоб не пошкодити акумулятор.

Таким чином, найбільш зручне для користувача є зарядні станції другого рівня, що надають можливість відносно швидко заряджатися автомобіль і не мають обмежень що до розташування та підключення.

## 1.2 Аналіз роз'ємів

Ринок електромобілів розвивається досить динамічно. Європейські країни прогнозують, що до 2021 року кількість електричних автомобілів складе 20 мільйонів.

Для зарядки необхідні великі і розвинені мережі зарядних станцій в містах. На даний момент їх розвитку заважає невизначеність стандартів. Кожен з виробників використовує різні акумулятори, параметри заряду і роз'єми.

Суспільство автомобільних інженерів в 2009 році (SAE) розробило стандарт п'ятиконтактний роз'єму J1772 (рис.1.5) для зарядки від мережі змінного струму. Це самий універсальний роз'єм практично для будь-якого електромобіля в Америці. Для більшої уніфікації в кінці 2012 року був представлений новий роз'єм J1772. Його конструкція дозволяє заряджати автомобілі як змінним, так і постійним електричним струмом або одночасно обома.

Новий роз'єм являє собою старий 5-контактний роз'єм з додатковою вилкою постійного струму. Таким чином, електромобілі попередніх років випуску можуть бути підключені до нових зарядних терміналів без модернізації. Оновлення стандарту J1772 також визначає рівні напруги, що подаються на роз'єм, і вимагає установки додаткових заходів безпеки, які дозволять вам підключати та відключати роз'єм, на контактах якого може бути присутнім висока напруга, в будь-яких кліматичних умовах.



Рисунок 1.5 – Роз'єм J1772

У січні 2013 року роз'єм Type 2 (рис.1.6) був обраний Європейською комісією, як офіційна вилка для зарядки в Європейському Союзі. З тих пір він був прийнятий в якості рекомендованого з'єднувача в деяких країнах за межами Європи, включаючи Нову Зеландію.[4]

Роз'єм розроблений німецькою компанією Mennekes (відповідно до міжнародного стандарту IEC 62196-2), має круглу форму з сплющеним верхнім краєм і спочатку призначався для зарядки електромобілів потужністю 3-50 кіловат, а вилка, модифікована Tesla, здатна передавати 150 кіловат потужності. Електроенергія надається у вигляді однофазного або трифазного змінного струму (AC) або постійного струму (DC).

Міжнародний стандарт ІЕС 62196-2 визначає типи електричних роз'ємів і режими зарядки електромобілів.[4]

Type1 - це пряме пасивне підключення до мережі. Підключення не вимагає додаткових пристроїв управління. Простіше кажучи, це домашня зарядка від стандартної розетки з простим подовжувачем, без всяких заходів безпеки.

Type 2 - пряме підключення транспортного засобу до мережі живлення змінним струмом, тобто зарядка в домашніх умовах від звичайної розетки, але використовуючи спеціальний кабель. Зазвичай він йде в комплекті з новим електромобілем. Цей кабель забезпечує заземлення, захист від різкого перепаду напруги, температурний захист. На сьогоднішній день кабелі Type 2 гарантують середній рівень безпеки і є мінімальною нормою для зарядки авто. Проте, автовиробники рекомендують користуватися кабелем тільки в рідкісних випадках, наприклад, вдома у друзів, і наполягають на використанні режиму Type 3.

Type 3 - активне підключення електромобіля до дротової зарядної станції змінного струму разом з пристроями заземлення та управління, а також кабелем з додатковими струмопровідними проводами. Ви можете встановити домашню зарядну станцію в своєму гаражі. Зарядна станція в режимі Типу 3, як в громадських місцях, так і вдома, пропонує можливість отримання більш високого рівня енергії, ніж в режимі Типу 2. Протоколи безпеки ідентичні.

Type 4 - підключення електромобілів до дротової станції постійного струму. Обладнання для обслуговування електромобілів є проміжною ланкою між джерелом живлення і зарядним портом автомобіля і зазвичай встановлюється на стіні або на спеціальній стійці. Його роль полягає у швидкій і безпечній подачі постійного струму в автомобіль. У зарядних станціях постійного струму зарядний пристрій є частиною станції, а не автомобіля. Він передбачає обов'язкову наявність механізму відключення силового ланцюга при несанкціонованому русі електромобіля з підключеним кабелем. Стандарт підтримується Міжнародною електротехнічною комісією. Однак в стандарті

IEC 62196-2 не вказані фізичні розміри електричних роз'ємів. Стандарт визначає три типи електричних роз'ємів і чотири типи режимів зарядки акумуляторних батарей електромобілів.



Рисунок 1.6 – Роз'єм Mennekes Type 2

CHAdeMO (рис.1.7) - це один із стандартів швидкої зарядки. Він був запропонований в 2010 році в якості глобального галузевого стандарту однойменної асоціацією, утвореної п'ятьма великими японськими автовиробниками: Nissan, Mitsubishi і Subaru, Toyota, і включений в стандарти IEC61851-23,24 (система зарядки і зв'язку). Його назва розшифровується як Charge de Move, що також є назвою консорціуму. Метою консорціуму було розробити стандарт швидкої зарядки автомобілів, який могла б прийняти вся автомобільна промисловість.

Потужність зарядки складає від 50 кВт до 400 кВт в стандарті CHAdeMO 2.0, що означає, що ви можете зарядити акумулятор до 80% від його ємності за півгодини.[2]



Рисунок 1.7 – Роз'єм CHAdeMO

У 2012 році такі виробники, як: Audi, BMW, Chrysler, Daimler, Ford, General Motors, Porsche, Volkswagen - оголосили, що для всіх автомобілів їх виробництва буде використовуватися єдиний стандарт комбінованої системи зарядки (CCS).[3]

CCS - стандарт для зарядки електричних транспортних засобів. Він використовує роз'єм (рис.1.8) для передачі потужності до 350 кіловат. Ці два роз'єми є розширенням роз'ємів IEC 62196 типу 1 і типу 2 з двома додатковими контактами постійного струму (DC). Ці типи роз'ємів дозволяють заряджати в одному з чотирьох режимів, передбачених міжнародним стандартом IEC 62196-2: повільна зарядка від домашньої розетки; повільна зарядка від побутової розетки за допомогою кабелю з вбудованим захисним пристроєм; повільна або швидка підзарядка за допомогою спеціального роз'єму з контролем заряду і захистом; швидка зарядка від зовнішнього зарядного пристрою. Це означає, що електромобіль, оснащений роз'ємом для комбінованої системи зарядки, можна підключити до будь-якої мережі і зарядної станції.



Рисунок 1.8 – Роз'єм Combined Charging System

Better Place, широко відомий проект по заміні акумуляторів, в даний час не має ніяких перспектив. Він підтримується тільки в двох країнах (Ізраїль і Данія) і в одного виробника автомобілів - Renault. Ідея полягала в створенні мережі станцій, на яких електромобіль не заряджається, а просто замінюється розряджений акумулятор на новий. Ні Європейський Союз, ні Сполучені Штати не використовують Better Place з економічних причин. Автовиробники не захотіли брати участь з технічних причин: перехід на цю систему потребує доопрацювання акумуляторів, що зовсім не представляє інтересу для автовиробника, а проект швидкої заміни акумуляторів призводить до збільшення ваги електромобіля. Крім того, Better Place використовує власний роз'єм і інші напруги.

Таким чином, для того щоб мати можливість заряджати автомобілі ринків усіх країн, була додана можливість комплектувати зарядну станцію будь-яким типом роз'ємів, розрахованих на змінний струм: Type 1 (J1772); Type 2 (Mennekes); Розетка Type 2(Mennekes).

### 1.3 Порівняння аналогів

Виробники зарядних станцій потребують надійних інтелектуальних систем зарядки, які будуть безпечними, економічними та сумісними в будівництві і обслуговуванні. Вони повинні бути новаторськими і мати можливість адаптуватися при проектуванні зарядної інфраструктури там, де простір часто обмежено.

Зарядка змінним струмом є важливим аспектом інфраструктури зарядки електромобілів, оскільки ці системи легко інтегруються в існуючі приватні або громадські системи змінного струму 230-400 В. У цьому випадку контролер заряду електромобіля виконує функції управління і контролю процесом зарядки, підрахунком спожитої електроенергії, авторизацією користувача, забезпечує безпеку користувача і електромобіля під час зарядки.

Розроблюваний контролер не є унікальним. На ринку України є аналоги. Але кожен продукт створюється безпосередньо для вирішення конкретної проблеми. Найчастіше це вузькоспеціалізований закритий комплект зі своєю власною екосистемою. Знайти універсальне рішення для всіх завдань дуже складно. Недоцільно купувати дорогий виріб, якщо в ньому використовується тільки якась частина, а решта залишиться непридатним для використання. До того ж практично у всіх виробників контролерів зарядки немає можливості динамічно регулювати зарядним струмом в процесі, спостерігається погане масштабування і кластеризація. По суті, для кожного порту потрібен окремий дорогий контролер з надлишковою функціональністю.

Для порівняння аналогів були розглянуті контролери зарядки декількох виробників:

- ОСТО Energy - Українська компанія, що виробляє зарядні станції і комплектуючі до них;
- Phoenix contact - компанія, розробник промислових рішень в різних областях;
- OPENEVSE - відкрита реалізація зарядного контролера;

Порівняння контролерів зарядки представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Порівняння функціоналу аналогів

Назва	Переваги	Слабкість
OCTO Energy	Швидка поставка комплектуючих, підтримка, власний опціональний лічильник, низька ціна	Максимальна кількість портів 2. Примітивний протокол. Не оновлюється. Відсутня rfid / nfc сканер. Не масштабується.
Phoenix EM-CP-PP-ETH	Масштабованість, якість.	Необхідно об'єднувати в IP мережу для комунікації. Окремий контролер для кожного порту. Ціна. Отстствует rfid / nfc сканер. Працює тільки з лічильниками phoenix.
OpenEVSE	Відкритий вихідний код, модульність, поновлення.	Не підходить для комерційного використання. Відсутні заводські друковані плати. Низька якість.

Таким чином, всі зарядні контролери розрізняються по функціоналу, кількості захистів, можливістю комплектації станції різними роз'ємами і розетками, замком порту, наявністю периферійного обладнання. Всі комерційні станції мають закрите програмне забезпечення контролера, в яких відсутня можливість оновлення в разі програмної помилки або додавання підтримки нової функції, а відкрите ПЗ не забезпечує необхідну якість.

## 1.4 Постановка задачі

Метою дипломного проекту є розробка програмного та апаратного забезпечення зарядного контролера.

Для досягнення поставленою мети необхідно виконати наступні задачі:

- аналіз аналогів;
- розробка структурної схеми функціонування зарядного комплексу;
- розробка схеми електричної принципової окремих модулів та вибір елементної бази;
- проектування друкованих плат модулів;
- виготовлення дослідного зразку;
- розробка програмного забезпечення;
- тестування та налагодження;

Основними вимогами до функціональних характеристик програмного та апаратного забезпечення зарядного контролера є:

- керування зарядним процесом та функціонал захисту на станціях другого рівня;
- комунікація з електромобілем по PLC протоколу;
- комунікація с ОСРР контролером;
- уставка, управління та балансування зарядного струму;
- управління силовим контактором;
- контроль і підтримання зарядної сесії;
- підрахунок спожитої електроенергії;
- індикація;
- контроль заземлення;
- захист від перенапруги;
- обробка помилок;

## 2 СИСТЕМОТЕХНИЧНЕ ТА СХЕМОТЕХНИЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЗАРЯДНОГО КОНТРОЛЕРУ

### 2.1 Архітектура зарядної станції

Структуру апаратури зарядної станції можна представити у вигляді трирівневої архітектури (рис. 2.1). Нижній рівень складається з виконавчого та вимірювального обладнання та систем апаратного захисту. Компоненти другого рівня додають базовий функціонал роботи з електромобілем і додаткові програмні захисти. Засобами верхнього рівня реалізується збір інформації з нижчих рівнів і управління бізнес-логікою станції. Така архітектура надає можливість виконувати конфігурацію зарядних станцій двох типів.



Рисунок 2.1 - 3-х рівнева архітектура комплексу

Перший тип передбачає використання одного ОСРР контролера на кілька зарядних станцій. В такому випадку він розташовується в окремій монтажній шафі. А в зарядні станції встановлюються модулі нижнього і середнього рівнів. Таким чином, ми отримуємо можливість кластеризації станцій у велику мережу. Цей функціонал може

бути корисний при проектуванні великих паркінгів з окремим портом на кожне місце для паркування.

Другий тип передбачає встановлення модулів всіх рівнів в одну станцію і забезпечувати її автономну роботу.

Ще однією перевагою такої архітектури є можливість організації роботи зарядної станції в декількох режимах. Перший режим передбачає роботу через отримання модулем ОСРР команд від сервера. У другому режимі станція працює локально, а вся бізнес-логіка і інформація про користувачів зберігається в ОСРР контролері. Також станція має можливість роботи без модуля високого рівня, тобто ОСРР контролера. У такому режимі зарядка почнеться, як тільки користувач підключить автомобіль до зарядної станції.

Всі компоненти фізично виконані у вигляді окремих модулів і об'єднуються між собою за допомогою Modbus мережі.

Для функціонального опису роботи зарядного комплексу була створена діаграма варіантів його використання, яка показана на рис. 2.4. Система передбачає кілька типів користувачів: власників електромобілів і адміністраторів мережі. Ця діаграма дає можливість показати весь комплекс з точки зору власника електромобіля під час роботи станції в режимі управління сервером.[5]

Для початку користування зарядною станцією, користувачеві необхідно себе ідентифікувати, вибрати тариф та порт, на якому він хоче зарядитися. Це можна зробити декількома варіантами. Один з варіантів передбачає використання мобільного додатка (рис.2.3) [6] або веб-сайту (рис.2.2) [7]. Користувачеві необхідно авторизуватися під своїм акаунтом, знайти зарядну станцію на карті і задати параметри зарядки. Другий варіант зав'язаний на використанні модуля rfid / nfc зчитувача. Для цього користувачу необхідно просто прикласти безконтактний брелок, банківську карту або телефон з вбудований NFC передавачем до зчитувача. Модуль вважає унікальний код мітки і спробує авторизувати користувача на сервері за допомогою нього. Параметри зарядки

при цьому вибираються на залишок коштів на рахунку користувача. А порт вибирається за логікою вибору останнього вставленого кабелю в станцію. Всі операції комунікації зарядного комплексу з сервером відбуваються за допомогою ОСРР контролера. Він працює по загальноприйнятому відкритого протоколу «open charge point protocol».

Після того як користувач був авторизований на станції і обрані параметри зарядки, на зарядний контролер віддається дозвіл на запуск зарядки. Зарядний контролер починає комунікацію з автомобілем, задає необхідний струм зарядки, відкриває силовий контактор і починається процес зарядки. При цьому контролюється процес зарядки, обробляються помилки і стан автомобіля.

Для того щоб розрахувати вартість зарядки, за допомогою лічильника відбувається підрахунок спожитої електроенергії з моменту початку зарядки. Значення лічильника передаються на сервер через заданий в конфігурації станції час, щоб адміністратор мережі і користувач міг спостерігати і контролювати процес зарядки і знати стан автомобіля.

Користувачеві необхідно знати в якому зараз стані знаходиться зарядний комплекс, для цього передбачена світлова індикації. Світлова індикація виконана у вигляді окремого компонента і міститься в кожному модулі зарядного комплексу. За допомогою нього ми маємо можливість показувати стан і помилки зарядного комплексу.

Сервер - комбінування рішення, що включає в себе API сервер для мобільного застосування і сайту, бізнес-логіку, платіжний шлюз і транспортну частину для комунікації по ОСРР протоколу.

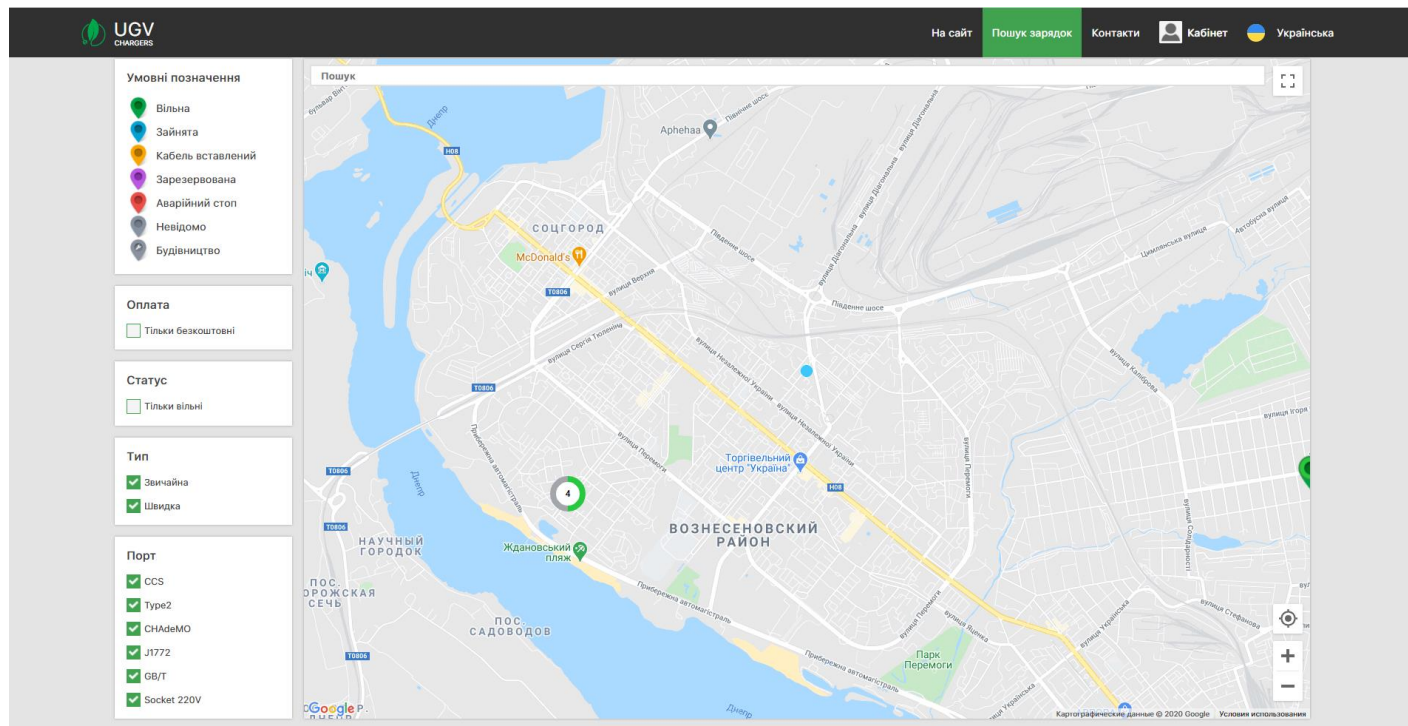


Рисунок 2.2 – Веб-сайт

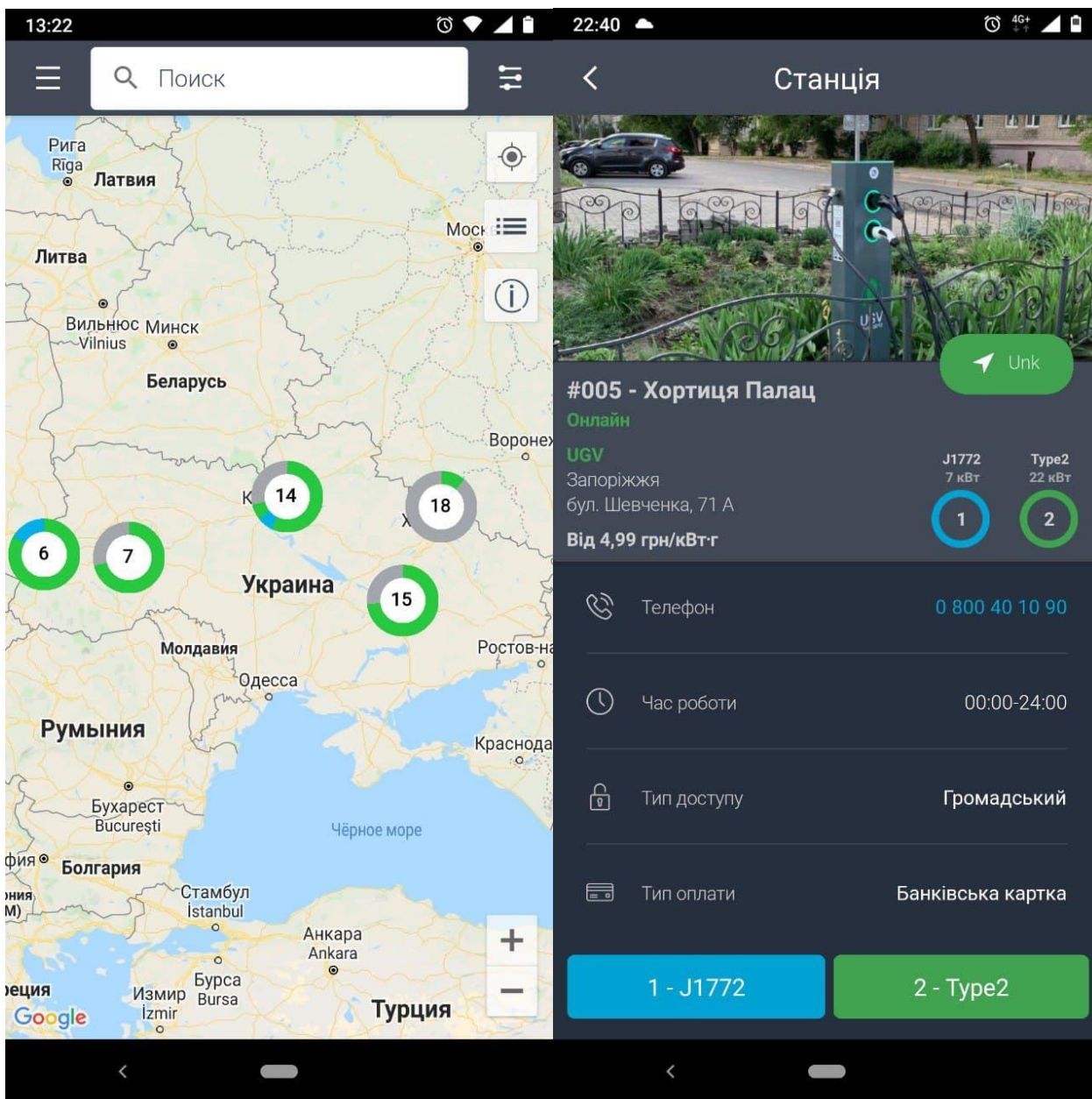


Рисунок 2.3 – Мобільний додаток

Open Charge Alliance - це глобальний консорціум лідерів державної і приватної інфраструктури електромобілів, які об'єдналися для просування відкритих стандартів через ухвалення Open Charge Point Protocol (OCPP) і Open Smart Charging Protocol (OSCP). У 2009 році була представлена перша версія протоколу OCPP.

Open Charge Point Protocol (OCPP) являє собою протокол прикладного рівня для зв'язку між собою електромобіля, зарядної станції і центральної системи управління, також відомий як мережа зарядної станції, подібної стільникових телефонів і мобільних телефонів мережі. Протокол є ініціативою фонду ELaadNL в Нідерландах. Його мета полягала в тому, щоб створити відкритий протокол, який дозволяє станціям зарядки електромобілів і центральних систем управління від різних постачальників взаємодіяти один з одним. Він використовується багатьма постачальниками зарядних станцій для електромобілів і централізованих систем управління по всьому світу. Вигодою його використання є те, що власники зарядних станцій стають незалежними від конкретних постачальників мережевих послуг: якщо один постачальник мережі перестав існувати, власник зарядної станції може переключитися на іншого. За рахунок цього інфраструктура зарядних станцій може розширюватися, і власники електромобілів отримують переваги.

Цей спрощує створення, а також масштабування мереж, тому що строго регламентує комунікацію. Компанії, що використовують цей протокол, виділяють зниження витрат на розробку в зв'язку з тим, що створення або покупка програмного забезпечення потрібно один раз.[9]

На даний момент існує кілька версій OCPP протоколу. Найбільш використовуваними є:

- OCPP 1.5 HTTP/SOAP – протокол побудований на основі REST API, з комунікацією через XML посилки.
- OCPP 1.6 WebSocket/JSON – протокол побудований на основі websocket клієнт-сервера. З посилками в вигляді JSON серіалізованих повідомлень
- OCPP 2.0 WebSocket/JSON - розширена версія протоколу ocpp 1.6

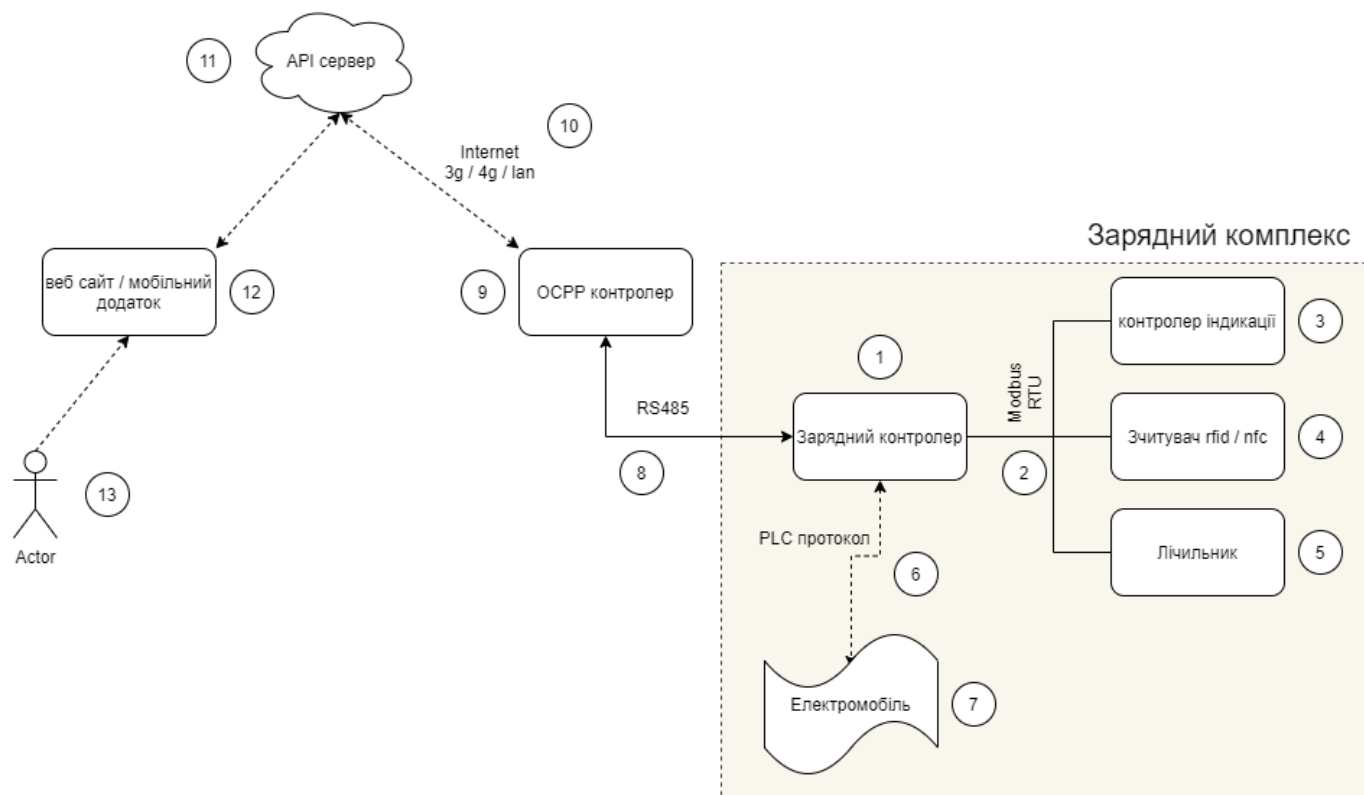


Рисунок 2.4 – Use-case діаграма зарядного комплексу

## 2.2 Структурна схема зарядного контролера

Система зарядного контролера складається з головного модуля і модулів портів. Така структура дозволяє гнучко конфігурувати зарядну станцію потрібною кількістю портів і периферії, дає можливість використовувати комплекс в хмарному режимі або домашньому, коли зарядка починається автоматично. Максимальна кількість портів обмежена кількістю адрес протоколу Modbus - 247.

Структурна схема представлена на рис.2.4.

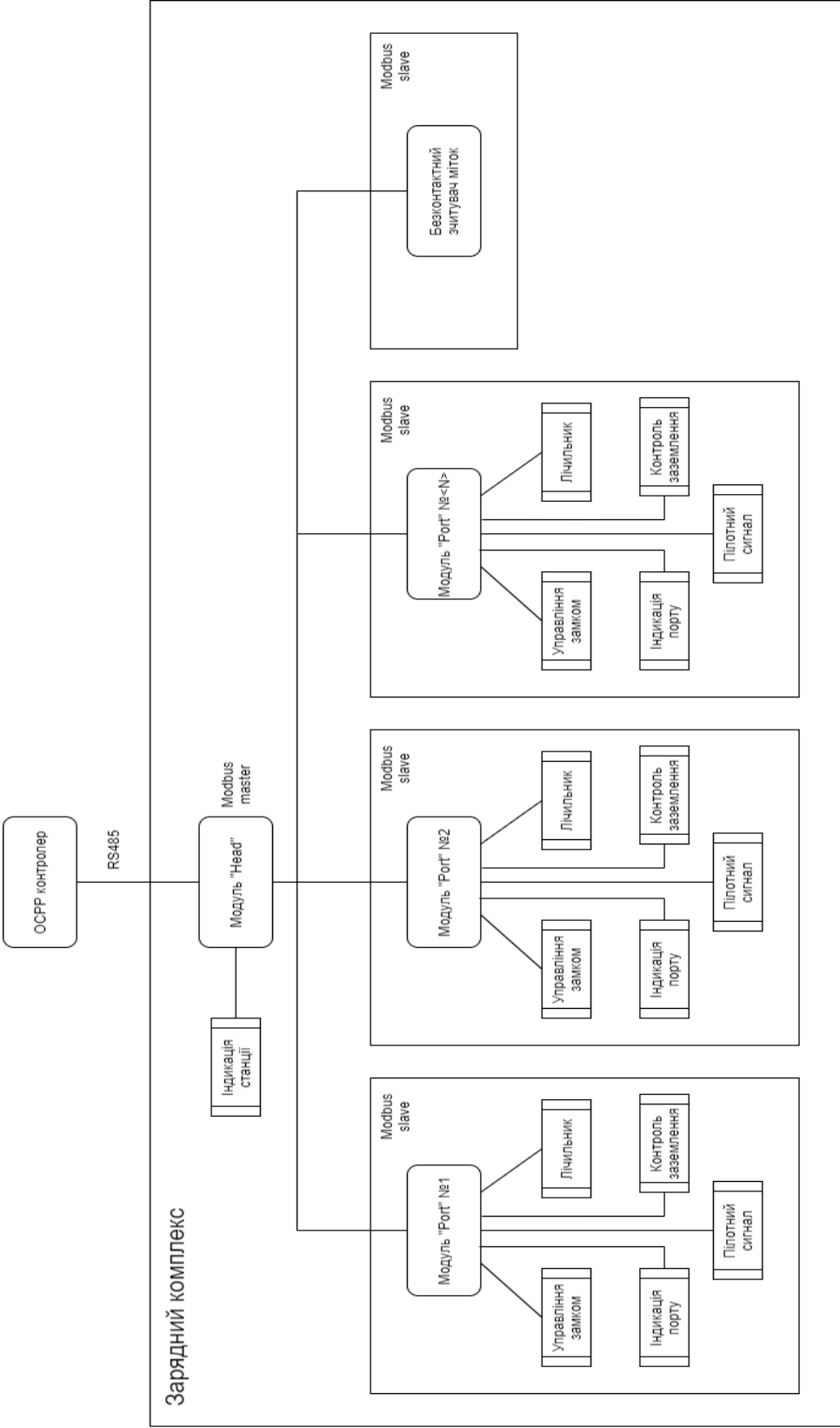


Рисунок 2.4 – Структурна схема зарядного контролера

Головний модуль «Head» виконує роль шлюзу між модулями портів і модуля зчитувача, а також забезпечує ОСРР контролеру можливість управляти портами. Так само несе в собі функціонал індикації стану зарядної станції і виконує динамічну балансування потужності між портами.

Кожен модуль «Port» несе в собі функціонал індикації порту, контроль заземлення, спілкування з EV, підрахунок спожитої електроенергії, управління замком. Модуль порту може бути гнучко налаштований під тип порту type1, type2. Бути розеткою і кабелем. Цей модуль також може бути використаний окремо від всього комплексу в домашньому режимі.

Модуль безконтактного зчитувача необхідний зарядній станції для можливості читання міток користувача, наприклад, брелока від дверей домофону, безконтактної банківської картки чи картки виданої оператором мережі. Він виконаний на основі готової плати від компанії NXP і спеціальної плати-перехідника розробленого в дипломному проекті.

Комунікація між модулями відбувається по інтерфейсу RS-485, що дозволяє досягти відмовостійкості при комунікації, з використанням протоколу Modbus. Модуль «Head» опитує всі керовані пристрої в мережі і зчитує інформаційні регістри.

Таким чином, у дипломному проекті апаратного забезпечення виконано 3 види модулів: модуль «Head», модуль «Port» та модуль безконтактного зчитувача. Кожен модуль реалізується у вигляді окремої друкованої плати.

### **2.3 Розробка схеми електричної принципової**

У дипломному проекті буде використовуватися програма DipTrace для створення схеми електричної принципової, а також для розведення друкованої плати. Даний комплекс ПО має базу даних елементів, а також вміє автоматично проектувати

друковану та монтажну плати відповідно до його електричної принципової схеми. Цей комплект включає в себе чотири програми:

- schematic (схемотехніка);
- PCB Layout (Редактор плат);
- редактор елементів;
- 3D попередній;

Schematic - дозволяє створювати схематичні зображення з можливістю перетворення їх в карти, підтримує багаторівневі ієрархічні схеми і дозволяє легко створювати з'єднання між висновками візуально і логічно, по імені, без з'єднань, через мережеві порти і шини. Присутній перевірка посилань (ERC) і перевірка ієрархії, це допомагають уникнути помилок при створенні проекту. За допомогою імпорту і експорту в DipTrace є можете обмінюватися схемами і кресленнями з іншими CAD системами (DXF, P-CAD, PADS, OrCAD, Eagle). У тому числі у вигляді нетлістов - Accel, Allegro, Mentor, Protel і Tango.

Були створені принципові електричні схеми всіх модулів комплексу.

Модуль «Head» служить для збору інформації з усіх керованих модулів комплексу. Для цього в нього включено 3 інтерфейсу комунікації RS-485. Один для комунікації з модулем високого рівня, два інших для комунікації з обладнанням нижнього. Апаратний рівень мережі побудований на мікросхемі-перетворювачі ADM2484E з гальванічним розв'язком і захищає в разі несправності інші модулі. Для процесу налагодження і пусконалагодження при монтажі обладнання, на платі передбачені вбудовані SMD світлодіоди, які показують наявність сформованих напружень на платі, поточний стан та режим модуля, а так само коди помилок. Це дозволяє в разі несправності швидко визначити причину. Модуль вимагає для роботи 12 вольт, а далі на платі за допомогою DC-DC перетворювача і лінійного стабілізатора формуються напруги: гальванічно розв'язані 5 Вольт; 3.3 Вольта. До інтерфейсу індикації було висунуто - можливість підключати кілька типів світлових пристроїв, таких як: лампочка, світлодіоди, RGB

світлодіоди і адресні світлодіоди стрічки. Для реалізації такої можливості було задіяно 3 виходи таймера мікроконтролера з ШІМ генератором, а також 3 біполярних транзистора за допомогою яких відбувається комутація. На модулі «Head» використовується окрема мікросхема EEPROM пам'яті, що підключається до мікроконтролера по інтерфейсу I2C. Схеми електричні принципові модуля «Head» наведено у додатку А.

Ключовими вузлами в модулі «Port» є наявність DC-DC формувача напруги  $\pm 12$  вольт, апаратного формувача і обробника пілотного сигналу, схеми управління силовими контактором і підсистеми моніторингу заземлення.

Схеми електричні принципові модуля «Port» наведені у додатку Б.

Модуль зчитування безконтактних карт є інтерфейсною платою перехідником для підключення готового зчитувача від компанії NXP. Містить в собі формувач живлення, апаратну реалізацію RS485, мікроконтролер і звуковий генератор.

Схеми електричні принципові модуля безконтактного зчитувача наведено у додатку В. [10]

## 2.4 Вибір елементної бази

Елементна база обрана, виходячи з вимог до зарядної станції, що визначають призначення, умови експлуатації та застосування, характеристики електроживлення і струм споживання, надійність, масогабаритні характеристики, а також принцип його дії. Так само фактором при виборі елементної бази є доступність елементів у продажу, неможливість забезпечення мінімальних масогабаритних характеристик пристрою, надійності, забезпечення стабільної роботи при заданих умовах експлуатації.

При виборі мікроконтролера розглядалися такі виробники мікроконтролерів, як «Microchip Technology», «Atmel Corporation», «ST», «NXP». Це компанії з виробництва 8-ми, 16-ти і 32-х бітних мікроконтролерів, пам'яті та аналогових пристроїв. Для створення зарядного контролера була потрібна велика продуктивність, швидкий АЦП,

кілька незалежних таймерів з ШІМ, велика кількість висновків GPIO і невелика ціна. Всі ці особливості притаманні мікроконтролерів компанії ST.

Для розробки дипломного проекту було вирішено вибрати мікроконтролери компанії «ST», платформи L. Це мікроконтролери з наднизьким енергоспоживанням. Їх пропонують розробникам енергоефективних вбудованих систем і додатків. Відрізняються балансом між продуктивністю, потужністю, безпекою та економічною ефективністю. Портфель включає STM8L (8-бітове власне ядро), STM32L4 (32-бітове Arm Cortex-M4), STM32L0 (Arm Cortex-M0+) і STM32L1 (Arm Cortex-M3). Мікроконтролер STM32L5 (Arm Cortex-M33) з поліпшеними функціями безпеки є останнім доповненням до цього багатому портфелю.

Рішення STM8L / STM32L, що забезпечують найнижчі в галузі коливання струму (від 25 до 125 ° C), гарантують виключно низьке споживання струму при високих температурах. Мікроконтролери STM32L1 також мають найнижче в галузі енергоспоживання 170 нА в режимі низького енергоспоживання зі збереженням SRAM. Час пробудження становить всього 3,5 мкс з режиму зупинки.

Серія STM32L4 пропонує перевагу платформи ST з наднизьким енергоспоживанням з додатковим виміром продуктивності, забезпечуючи 100 DMIPS з інструкціями DSP і блоком з плаваючою комою (FPU), великим об'ємом пам'яті (до 1 Мбайт флеш-пам'яті) та інноваційними функціями.

Серія STM32L4 + розширює технологію STM32L4, пропонуючи більш високу продуктивність (120 МГц / 409 CoreMark виконується з внутрішньої флеш-пам'яті), велику вбудовану пам'ять (до 2 Мбайт флеш-пам'яті і 640 КБ SRAM) і рендеринг розширеної графіки без підвищення споживання.

Серія STM32L0 пропонує даний енергозберігаюче рішення для додатків початкового рівня. Доступний в крихитних корпусах до 14 контактів і з широким діапазоном щільності флеш-пам'яті від 8 до 192 Кбайт, STM32L0 відрізняється наднизьким енергоспоживанням в конкурентному портфелі. [11]

Таким чином для зарядного контролера був обраний мікроконтролер «STM32L052C8T6».

Характеристики обраного МК представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Характеристики обраного мікроконтролера STM32L052C8T6

№	Назва параметру	Характеристика
1	Тип пам'яті	Flash
2	Пам'ять програми	64 кбайт
3	Частота процесора	32 Mhz
4	RAM	8 кбайт
5	Цифрова периферія зв'язку	3-UART
6	Таймер	9 таймерів
7	Аналогово-цифровий перетворювач	12 біт, 16 каналів с DMA
9	Робоча температура	-40 +125
10	Робоча напруга	3.3В
11	Кількість виводів	48

Містить в собі продуктивне 32-х бітове ARM ядро Cortex-M0 + з блоком захисту пам'яті (MPU). Що дозволяє захистити ПО від реверс-інжинірингу.

Має в собі цифровий датчик температури. Великою перевагою є наявність 7 - каналного DMA.

DMA, або прямий доступ до пам'яті використовується для швидкої передачі даних між пам'яттю і периферійним пристроєм, пам'яттю і пам'яттю, або між двома периферійними пристроями без участі процесора.

Так само містить в собі 8 інтерфейсів для комунікації:

- 1x USB 2.0;
- 2x USART;

- 1x низько поживляємий UART;
- до 4x інтерфейсів SPI зі швидкістю до 16 Мбіт / с;
- 2x I2C;

Дев'ять таймерів:

- 1x 16 бітний таймер з 4 каналами;
- 2x 16 бітний таймер з 2 каналами;
- 1x 16 бітний таймер з режимом ультранизького споживання;
- 1x SysTick;
- таймер для годин реального часу;
- 1x 16 бітний таймер для цифро аналогового перетворювача;
- 2x 2 незалежних таймер Watchdog;

Вбудований модуль апаратного розрахунку CRC дозволяє не перенавантажувати ядро при розрахунку контрольної суми, для роботи Modbus підсистеми. [12]

Для комунікації модулів між собою потрібно організувати мережу по лінії RS485. Одним з важливих вимог було гальванічно розв'язати модулі. Це дозволить запобігти виходу з ладу відразу всіх модулів. Для цих цілей була обрана мікросхема лінійного приймача ADM2484E. Функціональна схема наведена на рис.2.5.

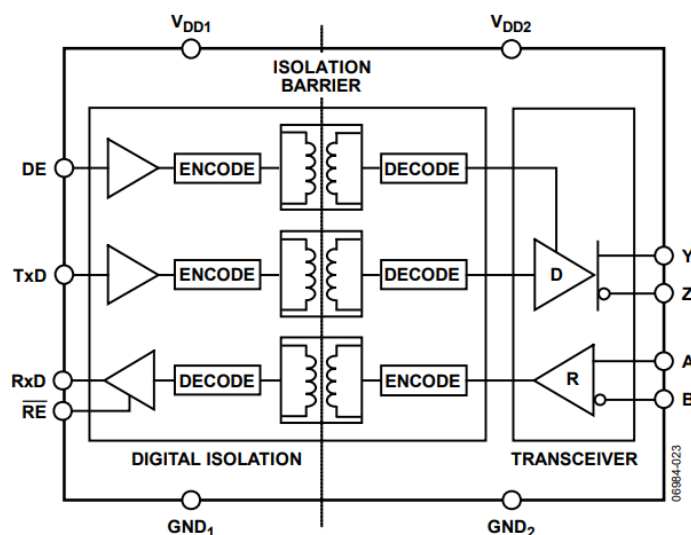


Рисунок 2.5 – Функціональна схема ADM2484E

ADM2484E це ізолюваний приймач даних із захистом від статичної електрики  $\pm 15$  кВ, що підходить для високошвидкісної, полудуплексної або полнодуплексної зв'язку з многоточечним лініях передачі.

Для функціонування схем необхідно формувати декілька рівнів живлення: +12 В, -12В, +3.3В та гальванічно розв'язані +5В.

Для комунікації з автомобілем по лінії CP необхідний ШІМ сигнал рівнем від -12 до +12 В. З цього в схему був доданий окремий DC-DC перетворювач з +12 вольт у  $\pm 12$  вольт. Для цих цілей був обраний перетворювач MD100DER(рис.2.6). Його характеристики представлені в табл. 2.2



Рисунок 2.6 - DC-DC перетворювач MD100DER

Таблиця 2.2 - Основні характеристики перетворювача MD100DER

№	Назва характеристики	Значення
1	Розміри	27.5 x 9.5 x 12.0 mm
2	Робоча температура	-40 - +85
3	Вхідна напруга	12В

Гальванічно розв'язані 5 вольт формуються за допомогою мікросхеми TMA1205S(рис.2.7). Це мікросхема DC-DC перетворювача. Її характеристики представлені в табл.2.3.



Рисунок 2.7 – DC-DC перетворювач TMA1205S

Таблиця 2.3 - Основні характеристики перетворювача TMA1205S

№;	Назва характеристики	Значення
1	Розміри	7.1 x 10.2 x 19.5
2	Робоча температура	-40°C - +85°C
3	Вхідна напруга	10.8 - 13.2 В

Для живлення мікроконтролеру та його периферії потребується 3.3 вольту. Ця напруга формується за допомогою лінійного стабілізатора LD1117S33, який наведено на рис. 2.8.



Рисунок 2.8 - Лінійний стабілізатор LD1117S33

У модулі «Head», для зберігання інформації при оновленні програмного забезпечення крім вбудованої EEPROM пам'яті, використовується зовнішня мікросхема пам'яті - 24LC64 (рис.2.9) яка підключається по інтерфейсу I2C до мікроконтролеру.

24LC64 - це послідовний EEPROM, сумісний з I2C ємністю 64 Кбайт. Пристрій організовано як єдиний блок пам'яті 8К x 8 біт з 2-провідним послідовним інтерфейсом. Низьковольтна конструкція дозволяє працювати при напрузі до 2,5 В з струмом в режимі очікування і активним струмом всього 1 мкА і 1 мА відповідно. Він був розроблений для складних додатків з низьким енергоспоживанням. 24LC64 також має можливість запису сторінок до 32 байтів даних. Функціональні адресні лінії дозволяють підключати до восьми пристроїв до однієї шині з адресним простором до 512 Кбіт. 24LC64 доступний в стандартних 8-контактних корпусах PDIP, SOIC для поверхневого монтажу, TSSOP, DFN, TDFN і MSOP. 24LC64 також доступний в 5-вивідному корпусі SOT-23.[13]



Рисунок 2.9 – EEPROM 24LC64

Для з'єднання модулів між собою, а також підключення іншого обладнання були обрані гвинтові клемники з рельєфною обіймою і кроком 5.08мм.

Для індикації була необхідна можливість управління 12 вольтової світлодіодною стрічкою через мікроконтролер, для цих цілей були обрані транзистори BC817-40 для кожного каналу індикації.

Для точної роботи мікроконтролера, а зокрема UART, таймерів і цифро аналогового перетворювача необхідний кварцевий резонатор. Для цих цілей був обраний кварцовий резонатор на 8 МГц.

## **3 ПРОЕКТУВАННЯ ДРУКОВАНИХ ПЛАТ ТА ВИГОТОВЛЕННЯ ДОСЛІДНИХ ЗРАЗКІВ**

### **3.1 Створення друкованої плати**

Як і при створенні схеми електричної принципової для створення малюнка друкованої плати буде використаний комплекс DipTrace, а саме програмою PCB Layout.

PCB Layout - це сучасний інструмент по розробці електронних друкованих плат з потужним Автотрасувальник і автоматичним позиціонуванням компонентів, можливістю копіювання трасування між ієрархічними блоками і усіма необхідними функціями для швидкої і продуктивної роботи в тому числі з високошвидкісними і диференціальними сигналами. DRC в реальному часі в зручній формі попереджає про можливі помилки, а імпорт / експорт "нетліслов" і виробничих файлів (Gerber, ODB ++, Gerber X2, N / C Drill, DXF, IPC-D-356A, Pick & Place) повністю інтегрують DipTrace в сучасний світ електроніки.

Корпуси на платі можна розташувати вручну, в тому числі за допомогою інструменту "Позиціонування за списком", або автоматично, відповідно до настройками і оптимальної довгої майбутніх доріжок. Для досягнення найкращих результатів краще використовувати комбінацію цих двох методів.

Доріжки зі стандартними кутами, у вільному режимі або в режимі "Дуги / Криві". Режим трасування, форму поточного сегмента, ширину, шар та інше змінюються "на

ходу" гарячими клавішами. Заливки можуть мати різні рівні пріоритету, що розширює можливості накладення полігонів. Готові шаблони Fanout для BGA, SOIC і QUAD-корпусів.

Високошвидкісний, shape-based автоматичний трассировщик вбудований в Редактор Плат. Він має безліч налаштувань і з легкістю справляється з завданнями будь-якої складності. DSN / SES інтерфейс дозволяє використовувати сторонні трасувальники (Specstra, Electra, Topor і т.д.). Підтримується використання перемичок.

Таблиця довжин доріжок, оновлювана в реальному часі, допуски довжини, перевіряються правилами DRC, а також інструмент створення меандрів дозволяють користувачеві досягти необхідного рівня синхронізації високошвидкісних ланцюгів і шин. При роботі з диференціальними парами можна трассировать кожен доріжку окремо, або обидві доріжки одночасно. Динамічна фаза сигналів пари перевіряється автоматично. При розрахунку фаз і довжин програма враховує стек шарів плати і затримки на висновках компонента.

З моменту створення компонента і до експорту виробничих файлів DipTrace створює середовище, де зробити помилку практично неможливо. Перевірка трасування DRC в реальному часі сканує плату і повідомляє про порушення в зазорах об'єктів, виходячи з поточних налаштувань за типами, верствам, класам мереж і межкласовая параметрам ще до того, як ви зробите помилку. DRC також перевіряє допуски по довжині і фазі диференціальних пар. За цілісністю мереж і відповідністю плати і схеми стежать спеціальні перевірки.

Топологія ПП являє собою наочне зображення проектованої плати. Топологія ПП включає: кордону ПП, корпусу РЕК з посадочними місцями, електричні з'єднання, друковані провідники, перехідні отвори (ПО) і кріпильні отвори, маркування елементів, а також іншу інформацію необхідну для зручності проектування, виготовлення та експлуатації виробу.

Топологію ПП формують в графічному редакторі PCB Layout. В системі DipTrace передбачено ручне, і автоматичне трасування з'єднань ПП.

Критеріями якості результатів трасування є наступні: відсоток реалізованих сполук; сумарна довжина провідників; число монтажних верств; число міжшарових переходів; рівномірність розподілу провідників; мінімальна область трасування; мінімізація довжини паралельних ділянок близько лежачі провідників і ін. При трасуванні необхідно їх враховувати.

Розробка друкованої плати починається з експорту створеної принципової схеми в програму PCB Layout. При цьому на робочому полі відображаються корпуси всіх елементів, з яких складається принципова схема, і зв'язку між ними.

Розміри друкованих плат і розташування клемників вибиралися виходячи з вихідних розмірів стандартних DIN корпусів. При виготовленні модулів контролера заряду розміщення елементів і трасування проводилася вручну внаслідок низької щільності елементів і необхідності розташувати елементи так, щоб вони містилися в стандартний корпус.

### **3.2 Перевірка ПП в системі DipTrace**

Після розробки малюнка ПП його необхідно перевірити на відповідність вихідної принципової схемою і дотримання технологічних обмежень. Для це необхідно виконати команду Перевірка / Показати помилки трасування. Параметри перевірки можна задати за допомогою команди Перевірка / Параметри перевірки помилок. У вікні можна вказати:

- мінімальну ширину трас;
- мінімальна відстань між краями сусідніх елементів проводить малюнка;
- мінімальні розміри металізованих отворів;

- мінімальна товщина металізації;

### 3.3 3D-модель друкованої плати

3D-рендер з апаратним прискоренням дозволяє побачити тривимірну модель розробляємої плати на всіх етапах зі встановлених на ній компонентами. Користувач може обертати модель у всіх площинах, змінювати масштаб, кольор і багато іншого. Плату можна експортувати в механічні САПР-системи для проектування корпусу.[14]

На рис. 3.1 – представлена тривимірна модель друкованої плати модуля «Head» з двох сторін.

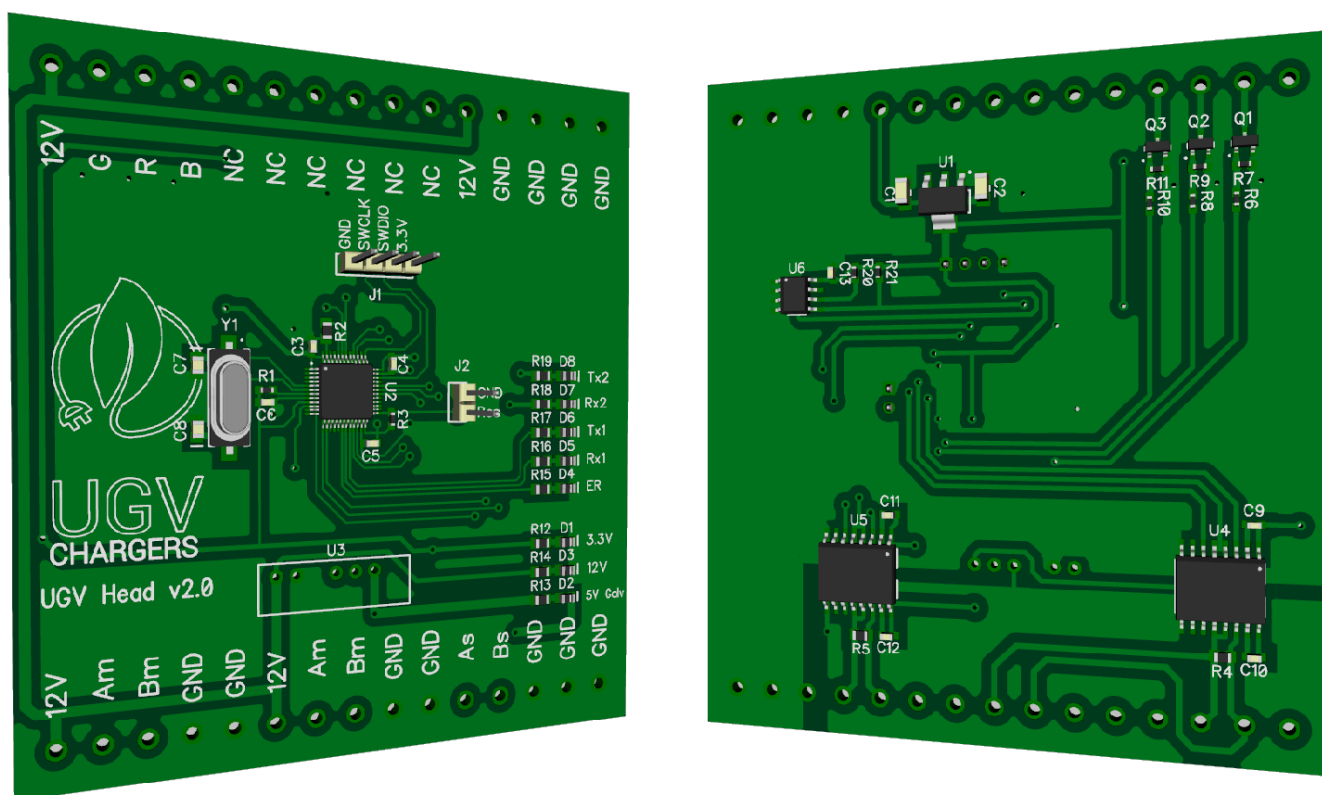


Рисунок 3.1 - 3D-модель ПП модуля «Head»

На рис. 3.2 представлена тривимірна модель друкованої плати модуля «Port» з двох сторін.

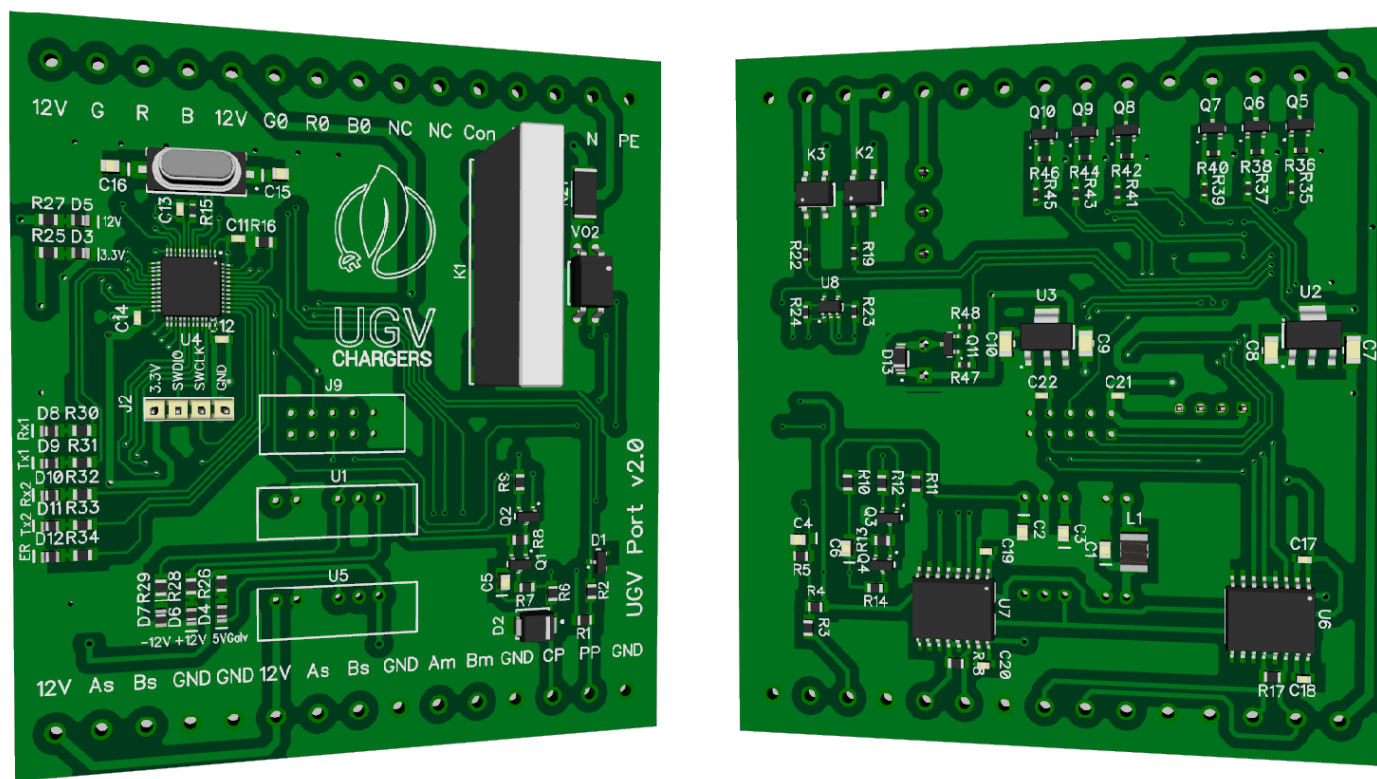


Рисунок 3.2 – 3D-модель друкованої плати модуля «Port»

На рис. 3.3 представлена тривимірна модель друкованої плати модуля для безконтактного зчитувача карт з двох сторін.

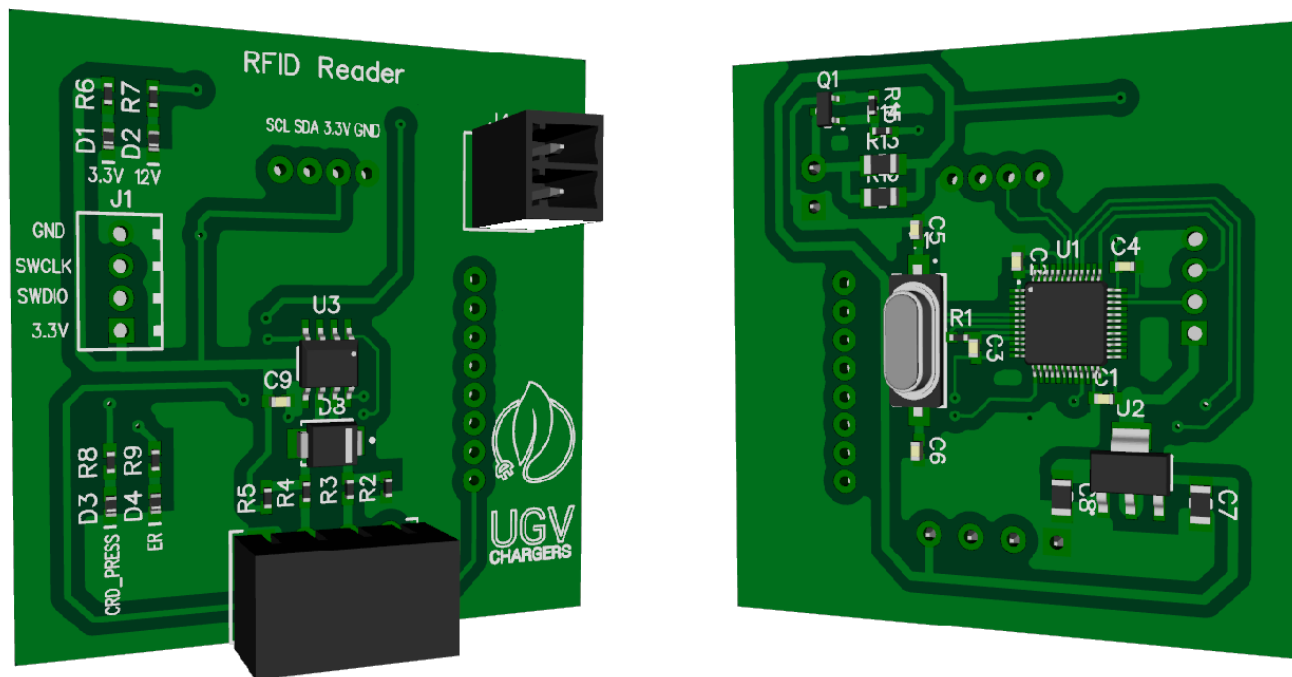


Рисунок 3.3 – 3D-модель друкованої плати для безконтактного зчитувача

### 3.4 Виробництво друкованої плати

Після створення і перевірки малюнка друкованої плати, формуються Gerber файли для виготовлення плат на виробництві. [17]

Gerber - це відкритий векторний формат файлу ASCII, який використовується для опису конструкції друкованих плат і створення фотошаблонів на широкому спектрі обладнання. Практично всі сучасні системи автоматизації проектування електроніки можуть генерувати вихідні файли в форматі Gerber, і майже все сучасне обладнання може зчитувати дані в цьому форматі.

Формат був спочатку розроблений Gerber Systems Corporation (Хартфорд, Коннектикут, США), визнаним виробником плотерів, широкоформатних друкувальних пристроїв і устаткування для точної різки, автоматичних оптичних систем управління (AOI) для друкованих плат, систем CAD / CAM.

Фактично, файл Gerber є текстовий опис послідовності команд, призначених для малювання різних елементів топології (контактних майданчиків, шляхів, ліній, дуг, текстових міток, масок) за допомогою плоттера. Дані в форматі Gerber - це програмний код, який керує вибором інструменту малювання, переміщаючи його в точку із заданими координатами і виконуючи саму операцію малювання. При виготовленні фотошаблонів малюнок на світлочутливої плівці виконується певним чином світловою точкою - апертурою.

Розширений формат Gerber, інакше званий RS-274X, є надбезліччю формату EIA Standard RS-274D і включає в себе ряд додаткових можливостей, таких як заливка полігонів, комбінування негативних і позитивних зображень, завдання призначених для користувача апертур; крім того, файл у форматі RS-274X містить в своєму заголовку список використовуваних апертур, що дає користувачам можливість обмінюватися даними без необхідності окремого опису використовуваних інструментів. Також він підтримує як коди параметричних даних (G-коди) і коди апертур (D-коди), так і масиви параметрів (масиви параметрів є наборами даних, що описують або проект цілком, або його частини, звані шарами, що значно розширює можливості стандартного формату Gerber).

Незважаючи на свій вік і спроби розробити альтернативні формати, Gerber, завдяки своїй простоті й відкритості стандарту, залишається найпоширенішим форматом для передачі даних виробнику друкованих плат.

Для швидкого отримання першої партії друкованих плат, вони були замовлені на виробництві в Києві. Після налагодження і виправлення першої ревізії, плати будуть доопрацьовані і почнуть вироблятися в Китаї, що дозволить зменшити підсумкову вартість виробу. [18]

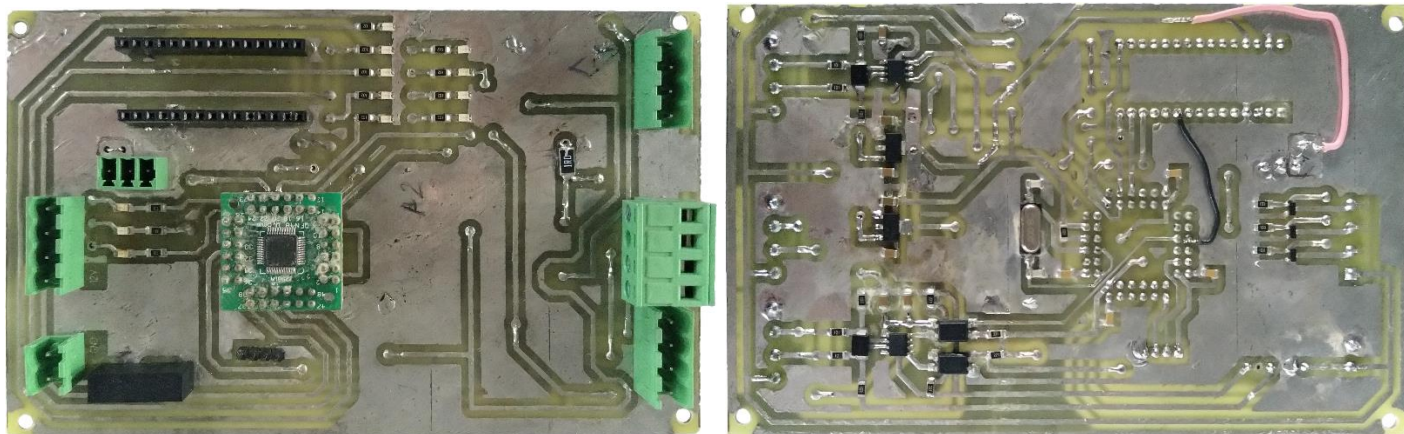


Рисунок 3.6 – прототип модуля "Head"

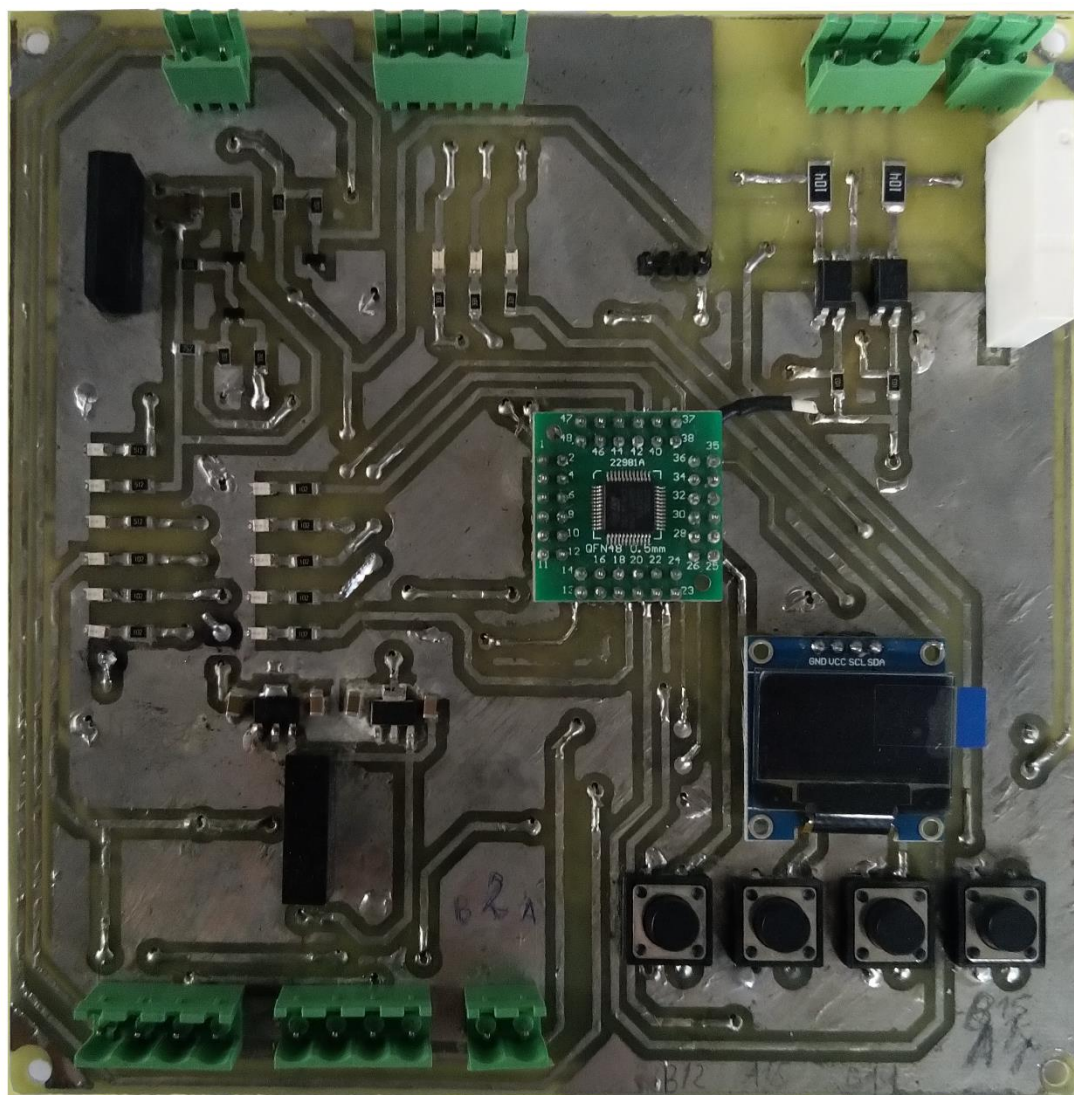


Рисунок 3.7 – Прототип модуля «Port»

### 3.5 Вибір корпусу

Монтаж модульного обладнання в ящиках електричних ланцюгів і електричних щитах є однією з найважливіших складових частин електромонтажу. Майже кожна сучасна деталь автоматики адаптована тільки під DIN-рейку, і тому швидко встановлюється лише одним клацанням.

Так як зарядна станція найчастіше представляє собою електричну шафу і крім зарядного контролера використовується багато модульного стандартного обладнання промислового виконання з кріпленням на DIN рейку, то і контролер необхідно виконати в корпусі під цей тип кріплення.

DIN рейкою називають монтажну рейку, яка призначена для кріплення електричних апаратів в низьковольтних пристроях управління і розподілу електромереж.

DIN-рейка зобов'язана своєю появою майстрам з Німеччини. Іноземна аббревіатура з трьох букв в перекладі на російську означає: Німецький Інститут по стандартизації. Винахід німецьких вчених з роками набуло затребуваність серед широкого кола користувачів. Пояснюється це тим, що рейка має високу якість і зручність в експлуатації. У нашій країні, як національний стандарт, вона була прийнята в 2003 році. До цього профілю пред'являються певні вимоги по матеріалу, розміром і формою профілю. Рейки бувають алюмінієвими або сталевими, з гальванічним покриттям. Деякі виконання мають перфорацію уздовж рейки для простоти її поділу по довжині певного розміру.

Існує три види профілів DIN рейки:

- $\Omega$ -подібний профіль(рис.3.8 а) найбільш поширений. Він використовується для складання розподільних щитів: установки лічильників, автоматів та інших пристроїв;
- С-подібний профіль(рис.3.8 б) має загнуті всередину краї. На таку рейку

- встановлюють різні клемні колодки і апаратні затискачі;
- G-подібний профіль (рис.3.8 в) використовується досить рідко, служить для монтажу деяких електричних пристроїв іноземного виробництва. У торговельній мережі таку DIN-рейку дуже важко знайти;

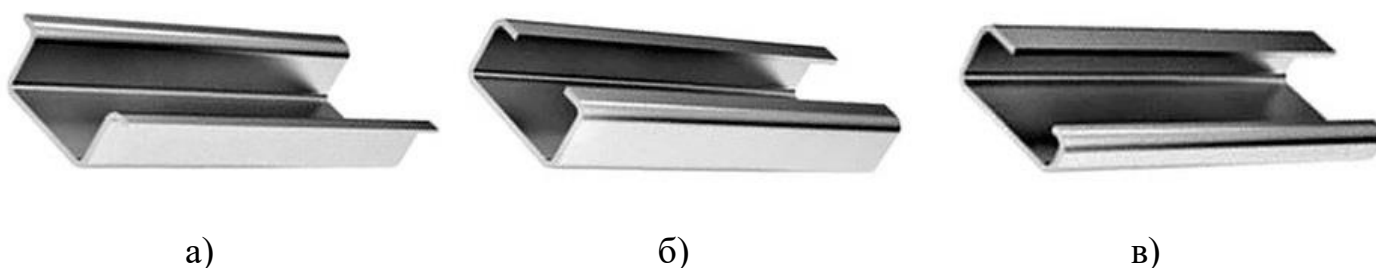


Рисунок 3.8 – Види DIN рейок

DIN-рейки також діляться по наявності перфорації. Суцільні рейки без перфорації більш надійні і міцні. На них можна монтувати кілька пристроїв, не боячись, що від навантаження вони будуть згинатися. А DIN-рейки з перфорацією спрощують роботу електромонтажника. Для установки будь-якого приладу немає необхідності свердлити отвори для кріплення в рейці. Досить закріпити її за тим самим які готовим отворів. Відстань між отворами коливається від 10 до 20 мм. Форма отворів виконана у вигляді поздовжніх пазів.

За матеріалом виготовлення рейки діляться на Алюмінієві, легші і сталеві, з захисним покриттям.

Головним достоїнством рейки є забезпечення зручної і простий установки модульних пристроїв різних конструкцій в розподільні щити. Обслуговування електричних щитів, обладнаних DIN-рейками, є швидким і простим. Для заміни автомата або іншого пристрою, закріпленого на такий рейці, досить від'єднати дроти і зняти пристрій з рейки, остигнув фіксатор засувки. Для установки нового приладу всі дії проводяться в зворотній послідовності. Так само рейки дають можливість економити внутрішній обсяг розподільних щитів. [19]

Таким чином для модулів зарядного контролера були підібрані стандартні корпуси для DIN рейок горизонтального виконання під певну кількість виводів.

Самим навантаженим за висновками є модуль «Port». Для нього був обраний корпус з місцем під 24 клемниками (рис.3.9).



Рисунок 3.9 – Корпус модуля «Head»

Верхня кришка цього корпусу є змінною і може бути прозорою у видимому або ІК діапазоні. У комплект поставки входять: підстава, корпус, кришка, захисні заглушки і кліпса для кріплення на рейку.

Технічні характеристики цього корпусу представлені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Характеристики корпусу модуля «Port»

Матеріал	Пластик
колір	Світло сірий
Температурний діапазон	-20..+100 С
розміри корпусу	57,5мм x 90.2мм x 71мм
вага	71 г

Так як модуль «Head» являє собою шлюз для об'єднання всіх модулів між собою і

має не так багато виводів, був обраний корпус меншого розміру (рис.3.10).



Рисунок 3.10 – Корпус модуля «Head» зарядного контролера

Технічні характеристики цього корпусу представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Характеристики корпусу модуля «Head»

Матеріал	Пластик
Колір	Світло сірий
Температурний діапазон	-20..+100 С
Розміри корпусу	57,5мм x 90.2мм x 53.3мм
Вага	58 г

Обраний корпус містить в собі місце під 19 клемників, що досить для модуля «Head».

## 4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕСПЕЧЕННЯ

### 4.1 Опис комунікації з електромобілем

Для комунікації зарядної станції з електромобілем використовується PLC протокол. Цей протокол заснований на використанні широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) по ланцюгу контрольного управління (СР). Зарядний контролер генерує ШІМ сигнал з частотою 1 кГц і за допомогою шпаруватості вказує електромобілю максимально допустимий струм для зарядки. Автомобіль в свою чергу пропускає сигнал, згенерований мікроконтролером через одну з груп резисторних подільників в залежності від поточного стану. Мікроконтролер повинен заміряти падіння напруги після електромобіля, для того щоб дізнатися в якому з станів він знаходиться, наприклад: автомобіль не підключений, автомобіль підключений і не заряджається, відбувається процес зарядки, відбувається вентиляція батареї. [20]

На рис. 4.1 показаний базовий принцип дії ланцюга контрольного управління.

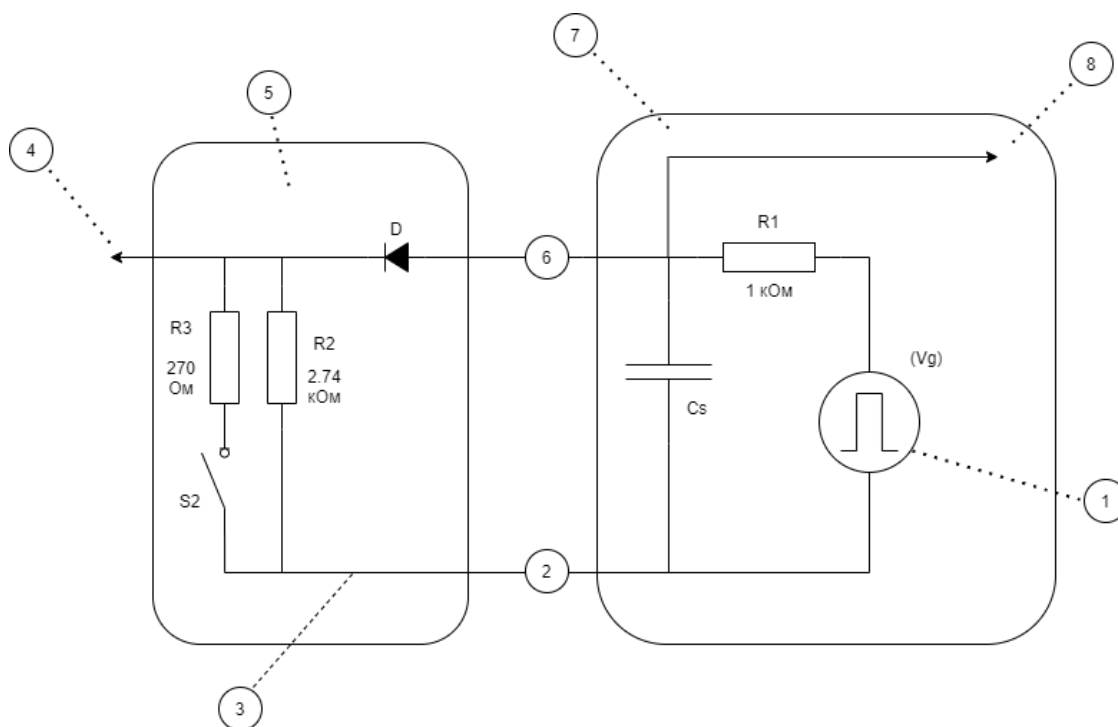
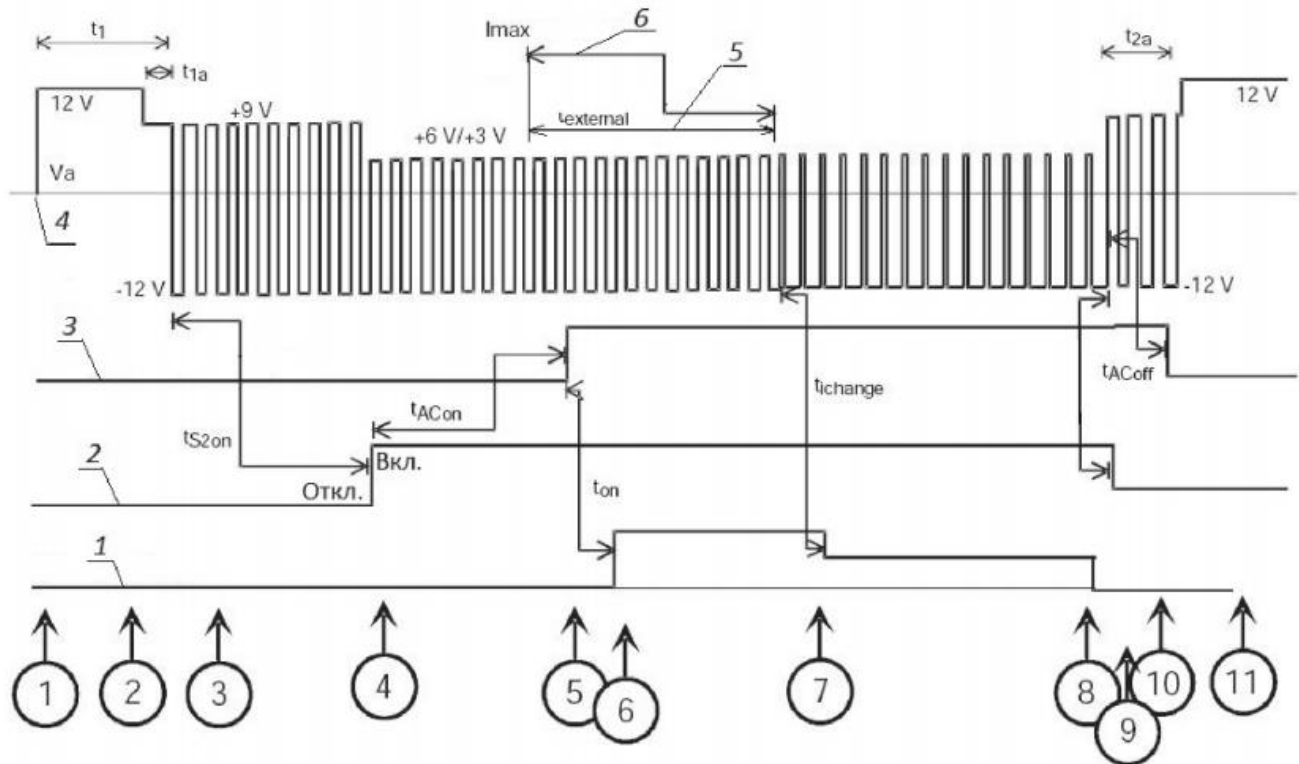


Рисунок 4.1 - Типова схема контрольного управління

На рис. 4.2, представлений стандартний алгоритм циклу старту і зупинки зарядного процесу, а також зарядного процесу. Як можна побачити з малюнка, процес зарядки можна розбити на кілька станів.



1 – подача змінного струму; 2 - стан перемикача S2 електромобіля; 3 - напруга живлення змінного струму від точки; 4 – напруга на контрольному кабелі управління щодо землі; 5 – перехідний час; 6 – команда подачі максимального струму

Рисунок 4.2 - Типовий цикл зарядки в нормальних робочих умовах

Таблиця 4.1 - Опис станів зарядного процесу

Етап	Стан	Умови
1	A	Електромобіль від'єднаний - сигнал генератора ШІМ дорівнює 12 вольт
2	B	Електромобіль підключений до зарядної станції. Сигнал генератора опустився до +9 вольт. Автомобіль готовий до подачі електроенергії
3	B	Зарядна станція повинна вказати шпаруватість і включити контактор
4	B,C,D	Замикання S2 вказує, що електромобіль може отримувати енергію. Вимог щодо часу для замикання силового контактора немає
5	C,D	Зарядна станція замикає ланцюг. Момент замикання може ставити перед собою інші умови. Оплата чи інше.
6	C,D	Електромобіль отримує енергію. Час і величина струму визначається зарядною станцією.
7	C,D	Зовнішній запит на зниження енергії. Такий запит може відбуватися як від стану батареї так і від ручного регулювання на зарядній станції.
8	C,D	Кінець зарядки - рішення приймає зарядна станція
9	C,D,B	Зарядна станція робить запит на від'єднання. Це може бути результатом розмикання CP сигналу.
10	B	Зарядна станція виявляє стан B (створене розмиканням S2 на електромобілі) і розмикає контактор
11	A	Від'єднання електромобіля від станції

Для перерахунку шпаруватості ШІМ генератора в максимально допустимий струм зарядки електромобіля використовується кілька формул.

6 Ампер – 8-10% шпаруватості

6 - 51 Ампер – розраховується за формулою 4.1.

52 – 80 Ампер – розраховується за формулою 4.2.

80 Ампер – 96% - 97% шпаруватості.

$$A_{\text{доп1}} = (\% \text{ шпаруватості}) * 0,6 \quad (4.1)$$

$$A_{\text{доп2}} = (\% \text{ шпаруватості} - 64) * 2,5 \quad (4.2)$$

## 4.2 Вибір середовища і мови програмування

Компанія ST для своїх мікроконтролерів надає спеціальну переносну бібліотеку абстракції периферії (HAL), що надає можливість написання коду один раз під будь-який мікроконтролер. Це дає можливість в майбутньому перенести програмне забезпечення на більш продуктивний або більш високоупакований периферії чіп. Для початкової конфігурації мікроконтролера та периферії компанія надає IDE під назвою STM32CubeIde.

Таким чином для розробки програмного забезпечення була вибрана мова C з бібліотекою HAL. [21]

Програмне забезпечення модуля «Head» являє собою Modbus шлюз, для об'єднання в мережу і управління всіма модулями комплексу. При старті цей модуль перебирає всі адреси на шині для пошуку Slave пристроїв і намагається ідентифікувати їх за допомогою зчитування інформаційних регістрів. Після цього переходить в режим Stand-by і чекає команди на керуючому інтерфейсі. Якщо було знайдено пристрій зчитування безконтактних карт, починається періодичне опитування для визначення наявності карти біля зчитувача. Конфігурація мікроконтролера модуля «Head» представлена на рис. 4.3.

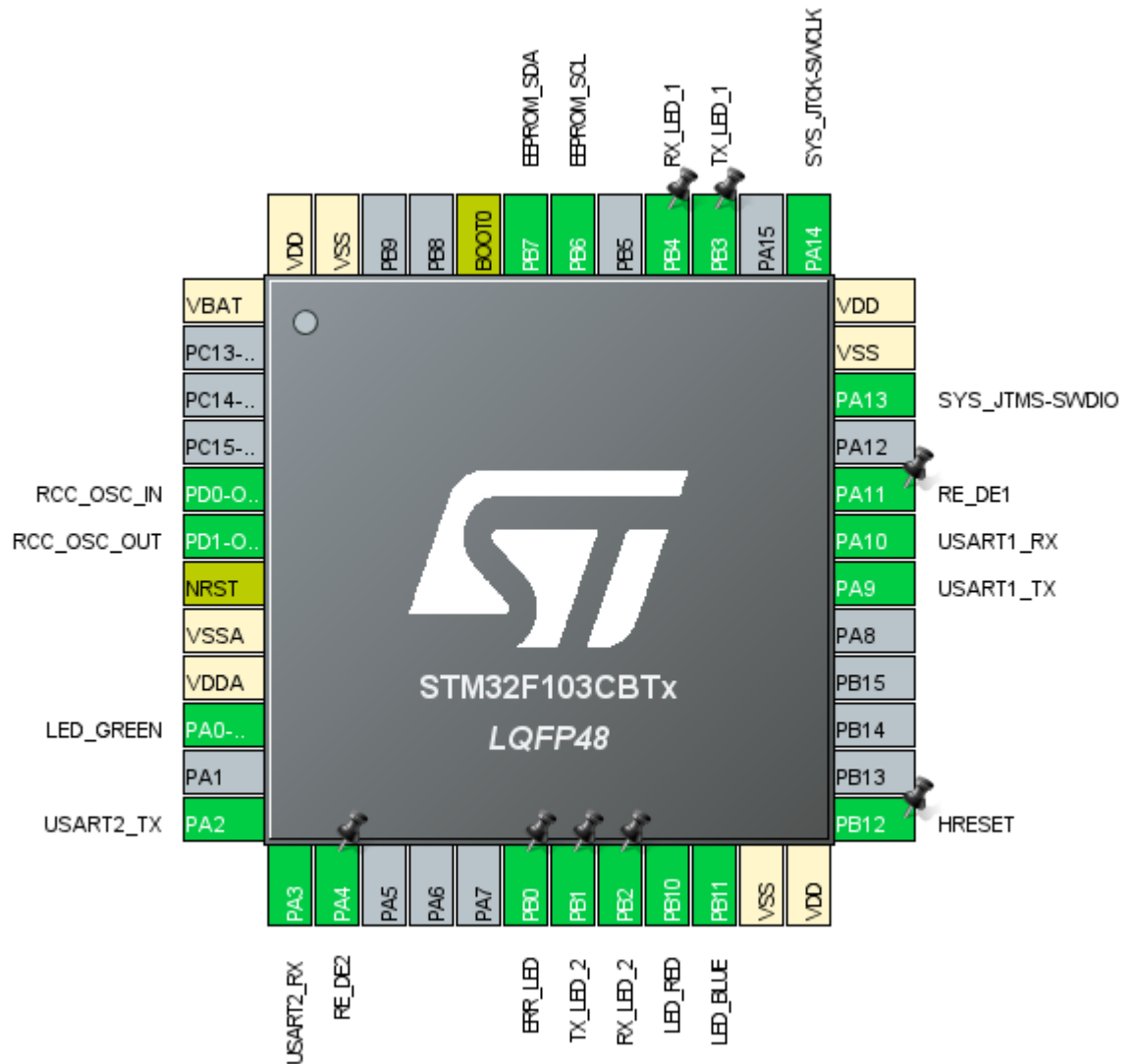


Рисунок 4.3 – Конфігурація мікроконтролера «Head»

Список команд, які підтримує модуль «Head» на керуючому інтерфейсі:

- Start:N – дозволити зарядку на N порту;
- Stop:N – заборонити зарядку на N порту;
- Info – повертає інформацію про всіх знайдених ведених пристроях і їх адреси;
- Status – повертає інформацію і стан по кожному порту;
- SetLed:N;C;M – встановлює режим індикації;
- SetCurrent: N;V – задає обмеження максимального струму для порту;
- Upgrade:N – переводить ведене пристрій в режим оновлення ПО і очікує прошивку

для пристрою;

Програмну частину модуля «Port» можна розділити на кілька підсистем:

- комунікація з електромобілем і управління силовим контактором;
- підсистема Modbus;
- опитування лічильника;
- управління індикацією;
- управління замком порту;
- перевірка заземлення;

Як описувалося раніше спілкування з автомобілем відбувається за допомогою пілотного сигналу, а саме встановлення робочого циклу ШІМ сигналу та зчитування логічного рівня пілотного сигналу, для розуміння поточного стану. Для цих цілей виділено один з каналів таймерів мікроконтролера, який працює в режимі широтно-імпульсної модуляції з частотою 1 кГц. Так як робочий цикл ШІМ може бути на рівні 8%, а швидкість реакції на його зміну повинна бути дуже швидкою, то для зчитування такого сигналу був задіяний один з каналів АЦП з DMA циклічним записом в пам'ять.

Це дозволяє не навантажувати ядро мікроконтролера, а записувати інформацію безпосередньо в пам'ять.

АЦП налаштований на 12 бітний режим з 39.5 циклами виміру. Це є оптимальною налаштуванням для фільтрування шуму, але в той же час досить швидко щоб встигати виміряти пілотний сигнал. Тригер для DMA служить подія поновлення таймера, на якому налаштований ШІМ генератор. За підсумком ми маємо переривання по оновленню таймера з уже відомим значенням логічного рівня на пілотному сигналі.

В залежності від дозволу на старт зарядки і потрібного рівня пілотного сигналу, коли автомобіль готовий почати процес зарядки, мікроконтролер за допомогою реле включає силовий контактор.

Схема алгоритма модуля «Port» наведено у додатку Г.

Опитування лічильника(рис.4.4) відбувається по протоколу Modbus RTU. Лічильник завжди виступає в ролі Slave, а наш модуль в ролі Master. Підключити лічильник можна практично будь-який, що вміє працювати з інтерфейсом RS-485. Для цього в програмному забезпеченні передбачений інтерфейс драйверу. Під будь-який новий лічильник можна дописати драйвер і вибрати його в налаштуваннях порту. На даний момент ми використовуємо лічильники компаній: Hiking (DDS238 - однофазний, DTS238 - трифазний), ACREL. Але в майбутньому плануємо розробку та сертифікацію своїх лічильників.



Рисунок 4.4 – Лічильники електроенергії

Конфігурація мікроконтролера модуля «Port» представлена на рис. 4.5.

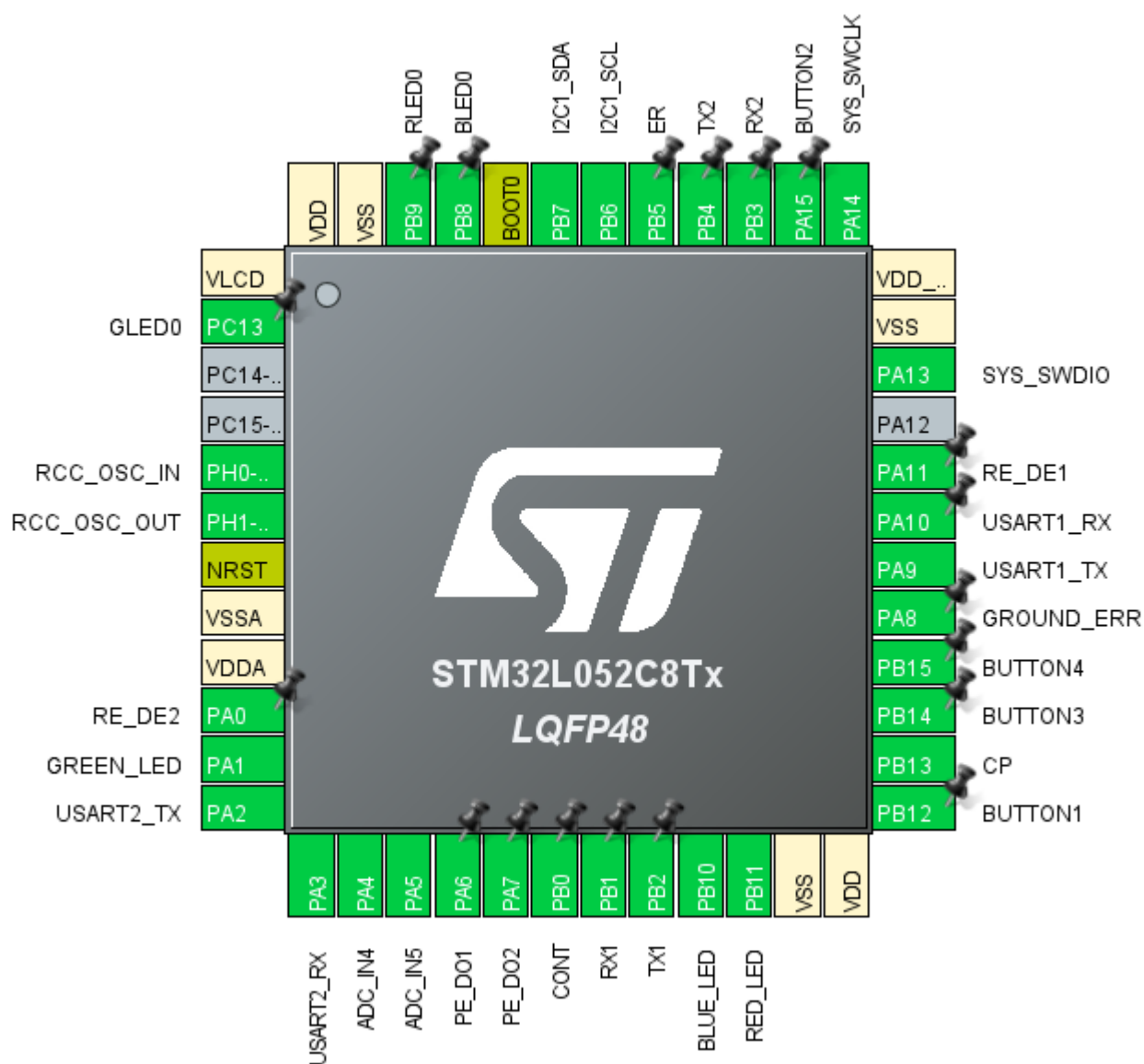


Рисунок 4.5 – Конфігурація мікроконтролера модуля «Port»

Modbus - це протокол передачі даних, спочатку опублікований компанією Modicon (пізніше Schneider Electric), в 1979 році для використання з його програмованими логічними контролерами (ПЛК). Modbus став де-факто стандартним протоколом зв'язку і тепер є загальнодоступним засобом підключення промислових електронних пристроїв.

Modbus став популярний в промислових умовах, тому що він відкритий і не вимагає ліцензійних відрахувань. Він був розроблений для промислового застосування, відносно простий в розгортанні і обслуговуванні в порівнянні з іншими стандартами.

Найчастіше, Modbus використовується для збору показників датчиків, керування реле, засобів управління, моніторингу і т.д. Приклад Modbus мережі наведено на рис. 4.6. Спочатку це був відкритий стандарт, який працює через інтерфейс RS-232, а реалізація протоколу для інтерфейсів RS-485 і TCP з'явилася пізніше. Надалі права на протокол були передані некомерційній організації Modbus Organization, яка і до цього дня володіє стандартом. На історію протоколу вказує назви деяких регістрів, як наприклад «Coil», це сталося з часів релейного логіки.

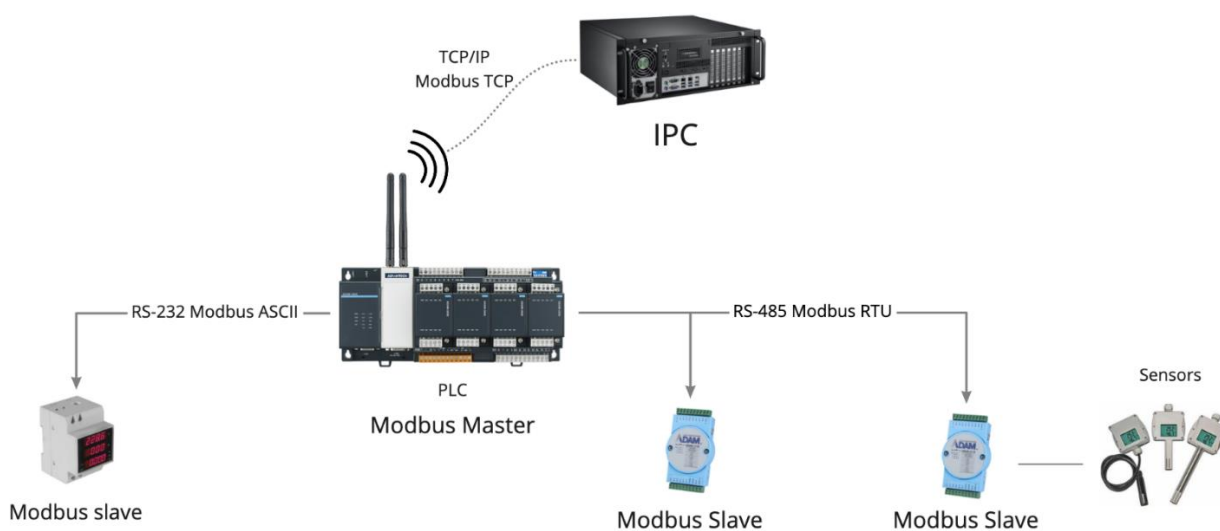


Рисунок 4.6 – Приклад Modbus мережі

RS-232/422/485 - це послідовні інтерфейси, широко використовувані в промисловості. Інтерфейси RS-422/485 забезпечують дальність передачі сигналу до 1200 метрів. Використовуються протоколи Modbus RTU / ASCII.

Також фізичним каналом передачі даних можуть бути мережі TCP/IP. Використовується протокол Modbus TCP.

Дані Modbus ASCII кодуються символами з таблиці ASCII і передаються в шістнадцятковому форматі. Кожен пакет починається з двокрапки і закінчується поверненням каретки і перекладом рядка. Це дозволяє використовувати протокол на лініях з високою затримкою і пристроях з менш точними таймерами.

У Modbus RTU дані кодуються в двійковому форматі з часовим інтервалом як роздільник пакетів. Цей протокол впливає на затримку і, наприклад, не може працювати на модемних лініях. У той же час накладні витрати на передачу даних нижче, ніж в Modbus ASCII, тому що довжина повідомлення коротше.

Modbus TCP - структура пакета аналогічна Modbus RTU. Дані також двійкові, кодуються і упаковуються в звичайний TCP-пакет для передачі по IP-мережі. Перевірка цілісності, яка використовується в Modbus RTU, не використовується, тому що TCP вже має свій власний механізм перевірки цілісності.

Структури пакетів Modbus представлені на рис.4.7.

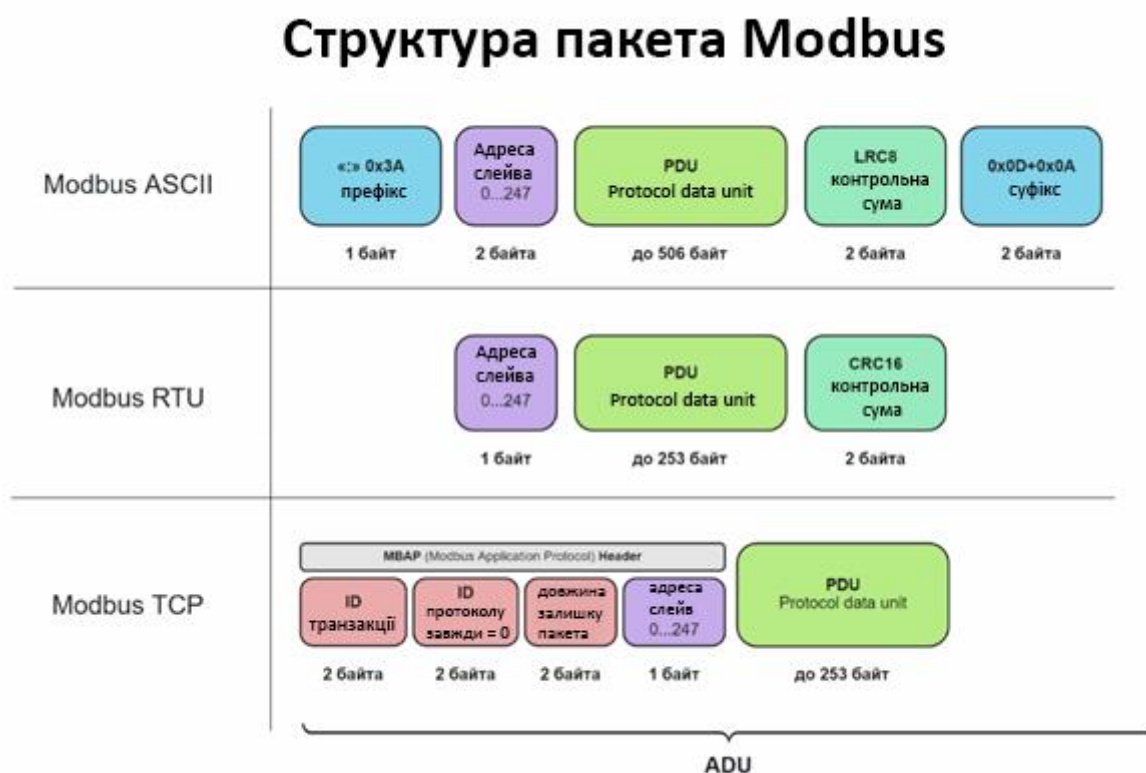


Рисунок 4.7 - Формати пакета різних реалізацій Modbus

Всі пристрої Modbus взаємодіють по моделі Master-Slave. Запити можуть бути ініційовані лише Master пристроєм, Slave пристрої можуть тільки відповідати на запити

і не можуть почати передачу даних незалежно. Заголовки пакетів розрізняються залежно від реалізації протоколу. Ось ключові компоненти пакета, які важливо знати:

ADU (Application Data Unit) - весь пакет Modbus з усіма заголовками, PDU, контрольною сумою, адресою і маркуванням. Відрізняється в залежності від реалізації протоколу.

PDU (Protocol Data Unit) - основна частина пакета, яка однакова для всіх реалізацій протоколу. Містить саму корисне навантаження.

Адреса пристрою - адреса одержувача, тобто веденого пристрою. В одному сегменті мережі Modbus може бути до 247 пристроїв. Тільки ведені пристрої мають різні адреси, ведучий пристрій не має адреси. Адреса «0» використовується для широкомовної розсилки запитів від ведучого пристрою, в той час як ведене пристрій не може відповідати на ці широкомовні пакети.

Контрольна сума: алгоритми перевірки цілісності пакетів. Modbus RTU і ASCII використовують 2 байта контрольної суми. Modbus RTU використовує CRC16, Modbus ASCII використовує більш простий і менш надійний LRC8. У Modbus TCP контрольна сума не додається до ADU, оскільки цілісність перевіряється на рівні TCP. У спрощеному вигляді структура запиту Modbus складається з коду функції (читання / запис) і даних для читання або запису. Однак коди функцій розрізняються для різних типів даних. На рис. 4.8 представлені всі типи реєстрів Modbus.

## Modbus реєстри Slave пристроїв

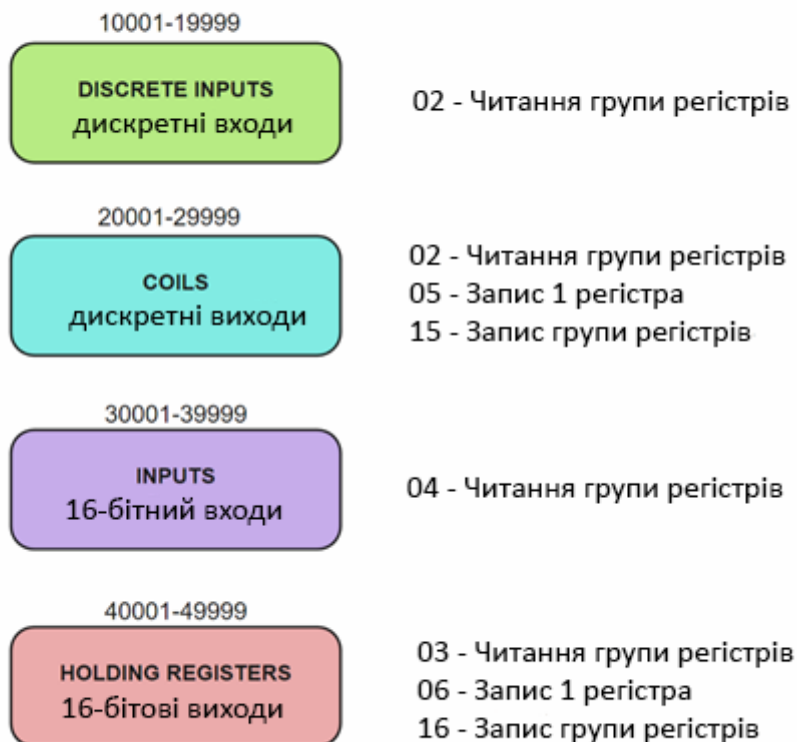


Рисунок 4.8 – Опис реєстрів Modbus

Discrete Inputs - дискретні входи пристрою, доступні тільки для читання. Діапазон адрес реєстрів: з 10001 по 19999. Мають функцію «02» - читання групи реєстрів

Coils - дискретні виходи пристрою, або внутрішні значення. Доступні для читання і запису. Діапазон адрес реєстрів: з 20001 по 29999. Має функції: «01» - читання групи реєстрів, «05» - запис одного реєстра, «15» - запис групи реєстрів

Input Registers - 16-бітові входи пристрою. Доступні тільки для читання. Діапазон адрес реєстрів: з 30001 по 39999. Мають функцію: «04» - читання групи реєстрів

Holding Registers - 16-бітові виходи пристрою, або внутрішні значення. Доступні для читання і запису. Діапазон адрес реєстрів: з 40001 по 49999.

Незважаючи на назви, входи і виходи можуть насправді бути внутрішніми змінними, зберігати лічильники, прапори, або бути керуючими тригерами. У різних пристроях можуть бути задіяні різні діапазони регістрів, або ж все відразу.

Варто згадати і про недоліки протоколу. Так як він розроблявся понад 40 років тому, коли продуктивність процесорів була нижче і протоколи розроблялися без урахування захисту даних, він має ряд недоліків:

- протокол не передбачає аутентифікацію і шифрування переданих даних. Тому, при використанні Modbus TCP необхідно використовувати додаткові VPN-тунелі;
- slave-пристрій не може ініціювати передачу даних, тому master повинен постійно опитувати ведені пристрої;
- slave-пристрій не може виявити втрату зв'язку з Master. Ця проблема безпосередньо впливає з попередньої;

Однак, незважаючи на всі недоліки, Modbus залишається найпоширенішим промисловим протоколом, і завдяки відкритості, дозволяє легко поєднувати пристрої різних виробників. Невимогливість до ресурсів дозволяє інтегрувати протокол в малопотужні пристрої. [22]

Модуль «Port» працює з високою напругою і електромобілем, тому до нього є вимоги з безпеки. Для того щоб не вивести з ладу транспортний засіб та його блоки управління, контролер повинен працювати строго відповідно до протоколу і стежити за електромережою. В процесі простою, старту і зарядки, модуль постійно стежить за вхідною напругою і струмом і в разі виходу їх за діапазон роботи, переходить в стан помилки. У цьому стані зарядка припиняється, силовий контактор розмикається, а на сервер і світлову індикацію відправляється код помилки. Так само постійно контролюється стан автомобіля та в разі нештатної ситуації, так само переходить в аварійний стан.

Для захисту користувача від ураження електричним струмом, всі станції мають заземлення і за допомогою вбудованого ПЗ постійно відбувається моніторинг його стану.

Станції в залежності від комплектації можуть бути обладнані розеткою з замком. Це оберігає користувача від несанкціонованого відключення його автомобіля іншою людиною. Якщо користувач погано вставив кабель перед початком зарядки або його хтось намагається витягнути в процесі, станція перейде в аварійний стан і просигналізує про це адміністратора мережі і користувачеві.

Квитування помилок відбувається в автоматичному режимі, тобто як тільки аварійний стан обладнання усунувся, або його усуне технічний фахівець, модуль опитає обладнання ще раз і перейде звичайний стан готовності зарядки або до самого процесу зарядки.

Кожен модуль «Port» зберігає в постійній пам'яті таблицю налаштувань, таких як Slave адреса, для підключення до мережі, тип порту, наявність механічного замка, максимальний струм, тип порту (розетка або кабель), драйвер лічильника, наявність підсвічування, патерн підсвічування. За замовчуванням всі модулі налаштовані на стандартні настройки. Але оператор завжди має можливість переналаштувати модуль під свої потреби. Зробити це можна підключивши модуль через rs485 - usb перехідник. І змінивши таблицю реєстрів. Конфігураційні реєстри представлені в таблиці 4.2. Вони уявляють собою holding-реєстри з можливістю перезапису функцією 16 Modbus.

У модулі «Port» передбачена робота в домашньому режимі. Це дозволяє встановити модуль окремо від всього комплексу, наприклад в гаражі. І заряджати автомобіль без додаткових систем. У такому режимі зарядка починається як тільки користувач підключить електромобіль і він буде готовий отримувати електроенергію.

Таблиця 4.2 - Конфігураційні регістри порту

Регістр	Опис	Значення
100	Режим роботи (у мережі, автономно)	0 – автономно 1 – у мережі
101	Modbus slave адреса модулю	0-247
102	Modbus slave адреса лічильника	0-247
103	Драйвер лічильника	0 – dds238 1 – dts238 2 – hiking
104	Тип індикації	0 – rgb 1 – адресна стрічка
105	Наявність замку	0 – disable 1 - enable

Так як користуватися телефоном або сайтом для управління зарядкою буває не завжди зручно, а також на увазі можливих перебоїв мережі Інтернет, було запропоновано рішення додати до зарядного контролеру модуль зчитувача безконтактних карт з підтримкою RFID і NFC (рис.4.9). Це дозволяє дуже швидко ідентифікувати користувача за допомогою брелка, безконтактної банківської картки або модуля NFC в с телефоні, і спрощує процес користування зарядної станцією для користувача.



Рисунок 4.9 – Безконтактні мітки.

RFID — метод ідентифікації об'єктів, в якому за допомогою радіосигналів зчитуються або записуються дані, що зберігаються в так званих RFID-мітках (транспондерах). Будь-яка RFID-система складається з пристрою, що зчитує і транспондера. Практично всі RFID-мітки складаються з двох частин. Перша - це інтегральна схема (IC) для зберігання і обробки інформації, модуляції і демодуляції радіочастотного сигналу і деяких інших функцій. Друга - це антена для прийому і передачі сигналу.

Відмінними рисами RFID-міток і систем є:

- робоча частота;
- джерело живлення;
- тип пам'яті;

RFID-мітки бувають як пасивні так і активні. Рідше зустрічаються напівактивні або напівпасивні. Пасивні мітки функціонують за рахунок енергії індукованої в антені електромагнітним сигналом від зчитувача. Активні містять в собі елемент живлення для роботи, наприклад батарейку і не залежать від енергії зчитувача, за рахунок цього вони мають можливість зчитування на далекій відстані. Однак, такі мітки мають достатньо високу ціну, а через батарею мають обмежений час роботи. Напівпасивні або

напівактивні мітки схожі на пасивні мітки, але несуть в собі елемент живлення. Дальність дії таких міток залежить від чутливості зчитувача.

За типом використовуваної пам'яті, RFID-мітки можна розділити на 2 типу:

- тільки для читання - дані в такій мітках записуються один раз на заводі виробнику. Такі мітки використовуються тільки для ідентифікації. Змінити або записати дані в такій мітці неможливо;
- мітки, що перезаписуються містять унікальний ідентифікатор записується на заводі виробнику і блоки пам'яті для читання / запису інформації. Дані в них можуть бути перезаписані багаторазово;

NFC це технологія бездротового високочастотного зв'язку малого радіусу дії (до 10 см), яка базується на технології RFID. Що дозволяє здійснювати безконтактний обмін даними між пристроями, розташованими на невеликих відстанях: наприклад, між зчитує терміналом і стільниковим телефоном або пластикової смарт-картою.[24]

Таким чином в якості зчитувача був обраний готовий модуль від компанії NXP - PN532. Він представлений на рис.4.10.

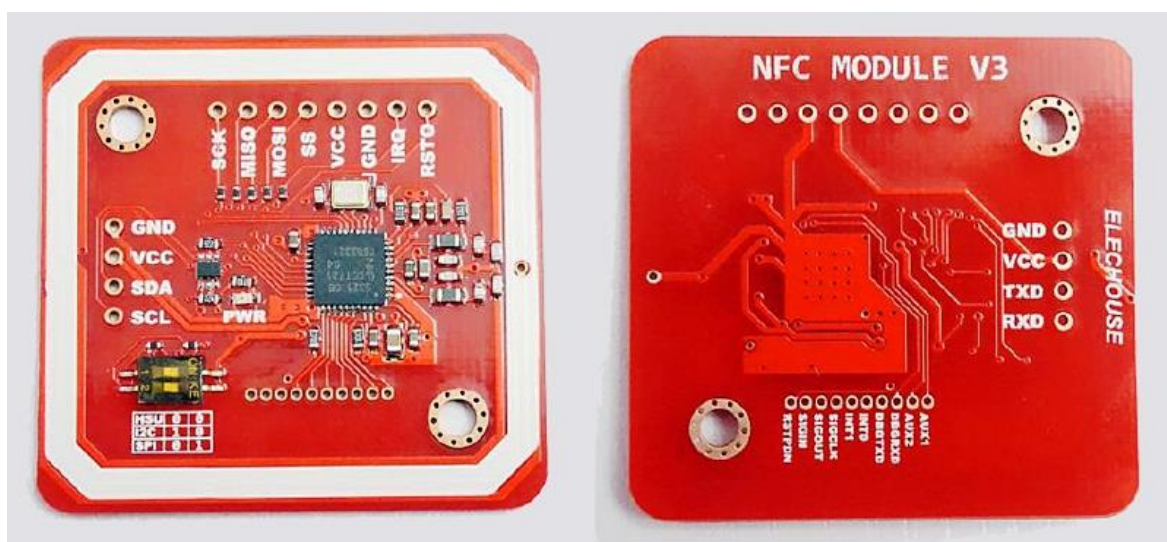


Рисунок 4.10 – RFID / NFC – модуль PN532.

PN532 — це високо інтегрований модуль приймача для безконтактної зв'язку на частоті 13,56 МГц на базі ядра мікроконтролера 80C51. Цей модуль підтримує роботу з усіма побутовими стандартами міток одночасно:

- ISO/IEC 14443A/MIFARE;
- FeliCa;
- ISO/IEC 14443B;
- ISO/IEC 18092, ECMA 340;

Має можливість комунікації трьома різними протоколами:

- HSU – швидкісний UART;
- I2C;
- SPI;

Характеристики модуля:

- ядро мікроконтролера 80C51 з 40 КБ ПЗУ і 1 КБ ОЗУ;
- високо інтегрований демодулятор і декодер;
- наявність переривання;
- режими низького енергоспоживання;
- робочий діапазон джерела живлення від 2,7 до 5,5 В;

На відміну від аналогів, планується подальша підтримка програмного забезпечення, для додавання підтримки нових лічильників, автомобілів і іншого функціоналу. Для цього була реалізована можливість оновлювати кожен модуль окремо і в комплексі, за допомогою модуля «Head». Це необхідно для того, щоб у систем вищого рівня управління, як наприклад ОСРР контролера, була можливість завантажити оновлення з хмари і оновити кожен з модулів.

Для можливості оновлення ПЗ модулів, був розроблений окремий завантажувач, яким прошитий кожен мікроконтролер. Він знаходиться в початковій області пам'яті і дають змогу переходити в нього з будь-якої області основної програми модуля і

забезпечує можливість оновлювати прошивку по інтерфейсу RS485 з контролем цілісності доставки.

Так як є необхідність показувати користувачеві такі параметри зарядної станції як: підключення станції до сервера, в якому стані знаходиться порт і інші, в модулях зарядного контролера передбачені інтерфейси для підключення індикації. На інтерфейс виділено по 3 лінії ШИМ генератора, для підключення rgb світлодіодів, силові 12 вольт і земля. Це дозволяє підключати до модуля будь-який тип світлової індикації, від лампочки, до адресного світлодіодної стрічки.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Тема дипломного проекту – розробка програмно-апаратного комплексу зарядки електромобілів.

Комплекс зарядного контролеру призначено для керування зарядним процесом електромобілю.

Місце використання зарядних контролерів – публічні зарядні станції та станції домашнього використання.

### 5.1 Аналіз потенційних небезпек

Програмісти, адміністратори та розробники апаратного забезпечення електронних пристроїв можуть мати справу з такими потенційно небезпечними або шкідливими виробничими чинниками:

- механічні травми, внаслідок порушення правил охорони праці і техніки безпеки, наприклад невикористання спецодягу або порушення правил використання приладів, можуть завдати шкоди здоров'ю;

- ураження електричним струмом може бути спричиненим порушенням правил електробезпеки, несправності електрообладнання, і може призвести до електричних травм або летального наслідку;

- підвищені напруженість та інтенсивність трудових процесів, оскільки праця відноситься до форм праці з високим нервово-емоційним напруженням. Це обумовлено необхідністю постійного спостереження за динамікою зображення, розрізнення тексту рукописних і друкованих матеріалів, виконанням машинописних і графічних робіт. При незадовільній організації робочого місця, що може бути пов'язано з недостатнім врахуванням вимог ергономіки, зокрема з нераціональним розташуванням технологічного обладнання, можливі розумова перенапруга, перенапруження зорових і

слухових аналізаторів, емоційні перевантаження;

- незадовільні параметри повітряного середовища у виробничих приміщеннях, що пов'язано з неефективною роботою або відсутністю систем опалювання, повітрообміну, рівень шуму, що перевищує припустимі значення через незадовільну організацію робочого місця, можуть призвести до захворювань загального характеру;

- порушення правил пожежної безпеки або коротке замикання можуть стати причиною пожежі;

## **5.2 Заходи із забезпечення техніки безпеки**

ОЦ відносяться до приміщень без підвищеної небезпеки згідно з «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ).

Під час проектування систем електропостачання, монтажу силового електрообладнання та електричного освітлення будівель та приміщень для ЕОМ необхідно дотримуватись вимог ПВЕ, ПТЕ, ПБЕ (z0093-98), СН 357-77 "Інструкція з проектування силового освітлювального обладнання промислових підприємств", затверджених Держбудом СРСР, ГОСТ 12.1.002, ГОСТ 12.1.019 "ССБТ. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту", ГОСТ 12.1.045, ДСТУ 7237:2011, ДБН В.2.5-23-2010, Правил пожежної безпеки в Україні (z0219-95), а також розділів СНиП, що стосуються штучного освітлення і електротехнічних пристроїв, та вимог нормативно-технічної і експлуатаційної документації заводу-виробника ЕОМ.

ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ, інше устаткування (апарати управління, контрольно-вимірювальні прилади, світильники тощо), електропроводи та кабелі за виконанням та ступенем захисту мають відповідати класу зони за ПВЕ, мати апаратуру захисту від струму короткого замикання та інших аварійних режимів.

Під час монтажу та експлуатації ліній електромережі необхідно повністю унеможливити виникнення електричного джерела загоряння внаслідок короткого замикання та перевантаження проводів, обмежувати застосування проводів з легкозаймистою ізоляцією і, за можливості, перейти на негорючу ізоляцію.

У приміщенні, де одночасно експлуатується або обслуговується більше п'яти персональних ЕОМ, на помітному та доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, який може повністю вимкнути електричне живлення приміщення, крім освітлення.

За способом захисту людини від ураження електричним струмом ЕОМ, периферійні пристрої ЕОМ та устаткування для обслуговування, ремонту та налагодження ЕОМ повинні відповідати I класу захисту або повинні бути заземлені відповідно до ДНАОП 0.00-1.21-98 (z0093-98).

### **5.3 Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці**

У залах з обчислювальною технікою та інших виробничих приміщеннях при виконанні робіт операторського типу, пов'язаних з нервово-емоційною напругою, дотримуються оптимальні величини температури повітря 22-24С° при його відносній вологості 40-60% і швидкості руху повітря не більше 0,2 м/с.

Для забезпечення у приміщенні на робочих місцях оптимальних значень параметрів мікроклімату: температури, відносної вологості й рухливості повітря приміщення обладнано системами опалення і кондиціонування повітря згідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Системи вентиляції та кондиціонування повітря оснащені пристроями для віброгасіння і шумопоглинання, що забезпечують зниження шуму до допустимих значень для даного виду робіт згідно зі ДСТУ-Н Б В.1.1-32:2013 «Настанова з

проектування захисту від шуму в приміщеннях засобами звукопоглинання та екранування».

Приміщення, в якому встановлені персональні комп'ютери, забезпечено природним та штучним освітленням відповідно до ДБН В.2.5-28:2018. Для штучного освітлення приміщень запроєктована система загального освітлення. Передбачено пристрій робочого і евакуаційного освітлення на виходах.

Нижче наведено розрахунок штучного освітлення для приміщення, розміри якого: довжина 10 м, ширина 5 м, висота 3 м. Розрахунок освітленості виконаємо методом коефіцієнта використання. Цей метод використовується для розрахунку загального рівномірного висвітлення горизонтальних поверхонь виробничих приміщень при відсутності затемнень. Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання виконується по формулі:

$$\Phi = \frac{E * S * k * z}{N * \eta} \quad (5.1)$$

де  $\Phi$  – необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику, лм;

$E$  – нормативна мінімальна освітленість, лк;

$k$  – коефіцієнт запасу, вибирається;

$S$  – освітлювана площа, м<sup>2</sup>;

$z$  – коефіцієнт мінімальної освітленості, величина якого знаходиться в межах від 1,1 до 1,5 (при оптимальних відносинах відстані між світильниками до розрахункової висоти для люмінесцентних ламп  $z = 1,1$ );

$N$  – число світильників у приміщенні;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

Приймаємо:  $E = 200$  лк;  $k = 1,3$ ;  $z = 1,1$ .

Освітлювана площа приміщення визначається за формулою:

$$S = A * B \quad (5.2)$$

де  $S$  – освітлювана площа;

$A$  – довжина приміщення, м;

$B$  – ширина приміщення, м.

Отримуємо:

$$S = 10 * 5 = 50 \text{ м}^2 .$$

Кількість рядів:

$$Np = \frac{B}{(H-hp)*\lambda} = \frac{5}{(3-0.8)*1.4} = 1.62 \rightarrow 2 \text{ рядів} \quad (5.3)$$

Розміщення світильників у приміщенні при системі загального висвітлення залежить від розрахованої висоти їхнього підвісу  $h$ , що звичайно задається розмірами приміщень.

Найбільш вигідне співвідношення відстані між світильниками до розрахункової висоти підвісу:

$$\lambda = \frac{L}{h} \quad (5.4)$$

Примітка. Приймається по таблиці у залежності від типової кривої сили світла світильника. Для люмінесцентних ламп при косинусоїдальному типові кривої вибираємо  $\lambda = 1,4$ .

Знаходимо розрахункову висоту підвісу по наступній формулі:

$$h = H - h_z - h_p \quad (5.5)$$

де  $H$  - висота приміщення, м;

$h_z$  – висота звису світильника (від перекриття), м;

$h_p$  – висота робочої поверхні над підлогою, м.

Приймаємо:  $H=3$  м,  $h_p=0,8$  м.

Відстань між світильниками визначаємо з формули (6.6):

$$L = \frac{B}{Np} \quad (5.6)$$

$$L = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ м}$$

Визначаємо кількість світильників для установки в приміщенні:

$$N = \frac{S}{L^2} \quad (5.7)$$

$$N = \frac{50}{2,5^2} = 5 \rightarrow 6 \text{ шт}$$

Для визначення коефіцієнта використання  $\eta$  знаходимо індекс приміщення  $i$ :

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} \quad (5.8)$$

де  $A$  і  $B$  – відповідно довжина і ширина приміщення, м;

$h$  – розрахункова висота підвісу, м.

Отримуємо:

$$i = \frac{10 \cdot 5}{2.2 \cdot (10 + 5)} = 1.52$$

Отримане значення  $i$  округляємо до найближчого табличного значення і приймаємо  $i = 1,6$ . Оцінюємо коефіцієнти відображення поверхонь приміщення: стелі –  $\rho_i$ , стін –  $\rho_n$ , робочої поверхні –  $\rho_r$ . Приймаємо:  $\rho_i = 70\%$ ,  $\rho_n = 50\%$ ,  $\rho_r = 30\%$ . За отриманим значенням  $i$  і  $\rho$  визначаємо величину коефіцієнта використання світлового потоку для обраного світильника. Вибираємо світильник типу ЛПО, для якого  $\eta = 50\%$ . По формулі (5.1) визначаємо необхідний світловий потік ламп у кожному світильнику:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 50 \cdot 1.3 \cdot 1.1}{6 \cdot 2 \cdot 0.5} = 2383 \text{ лм}$$

З довідкової літератури вибираємо необхідну лампу. Тип обраної лампи – ЛД-40,  $\Phi_{\text{л}} = 2500$  лм. У приміщенні встановлюємо 6 світильники по 2 лампі у кожному в 2 ряди.

Робоче місце для виконання сидячих робіт організують при легкій роботі, яка не вимагає вільного пересування працюючого. Устрій робочого місця і взаємне розташування всіх його елементів (сидіння, органи управління, засоби відображення інформації і т.д.) відповідають антропометричним і фізіологічним, а також характером

роботи, відповідно до вимог ДСТУ 7234:2011 Дизайн и ергономіка. Оборудование производственное. Общие требования дизайна и эргономики .

Конструкцією сидіння передбачені підлокітники, опора для спини та підставка для ніг, відповідні антропометричним даним і відповідають гігієнічним вимогам ДСанПіН 3.3.2-007-98 Государственные санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к организации работы с визуальными дисплейными терминалами электронно-вычислительных машин .

Ергономічна організація робочого місця, оснащеного дисплеєм, враховує специфіку конкретного робочого місця і особливості виконуваних користувачами завдань із застосуванням монітору ПК.

До основних ергономічних завдань організації робочого місця відносяться:

- визначення просторових параметрів робочого місця і його елементів, які відповідають антропометричним характеристикам контингенту працюючих;
- оптимальне розміщення елементів робочого місця щодо користувача на основі аналізу його діяльності;

При організації праці, що пов'язана з використанням персональних комп'ютерів, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворювання і підтримки працездатності передбачено регламентовані перерви для відпочинку.

Протягом дня передбачаються:

- перерви для відпочинку і вживання їжі;
- перерви для відпочинку і особистих потреб (згідно з трудовими нормами);

Тривалість обідньої перерви визначається чинним законодавством про працю і Правилами внутрішнього трудового розпорядку.

## **5.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях**

### **5.4.1 Заходи з пожежної безпеки**

Для більшості приміщень ОЦ встановлена категорія пожежної небезпеки Д згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».

Будівля для ОЦ запроектована II ступеня вогнестійкості відповідно до ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».

У ОЦ передбачені протипожежні перешкоди у вигляді перегородок з вогнетривких матеріалів, установлювані між машинними залами, приміщеннями для розміщення сервісної та периферійної апаратури, для зберігання носіїв інформації, для персоналу, що здійснює експлуатацію ПК.

Всі види кабелів від трансформаторних підстанцій і двигун-генераторних агрегатів передбачено прокладати в металевих газових трубах аж до розподільних щитів або стійок харчування.

У машинних залах кабельні лінії передбачено прокладати під технологічними знімними полами, які виконані з негорючих або важко горючих матеріалів з межею вогнестійкості не менше 0,5 ч.

Підлога в приміщенні, де використовуються ПК, зроблений з негорючих матеріалів. Звукопоглинальна облицювання стель і стін цих приміщень також зроблена з негорючих або важко горючих матеріалів.

Персональні комп'ютери після закінчення роботи вимикаються з мережі.

Для миття деталей використовуються негорючі миючі речовини. Для промивання змінних пристроїв горючими речовинами виділені спеціальні приміщення, оснащені вентиляцією.

Не рідше одного разу на квартал здійснюється очищення від пилу агрегатів, вузлів, кабельних каналів.

У будівлі ОЦ пожежні крани запроектовані в коридорах, на майданчиках сходових

кліток, у входів (в нішах на висоті 1,35 м).

Ручні вуглекислотні вогнегасники передбачено встановлювати в приміщеннях ОЦ з розрахунку 1 вогнегасник на 40-50 кв.м. площі, але не менше 2-х в приміщенні.

Тому, у всіх приміщеннях, обладнаних обчислювальною технікою знаходяться 2 вогнегасника ОУ-5 згідно вимог ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги».

У разі пожежі спрацьовує автоматична установка пожежогасіння (АУП), яка встановлена відповідно до ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».

Комплекс організаційних і технічних заходів пожежної профілактики дозволяє запобігти пожежі, а в разі його виникнення забезпечити безпеку людей, обмежити поширення вогню, а також створити умови для успішного гасіння пожежі.

#### **5.4.2 Заходи з цивільного захисту**

На підставі Закону України «Про цивільну оборону України» одним із завдань, яке вирішує ЦО України є: захист населення від наслідків аварій, катастроф, великих пожеж, стихійного лиха та застосування засобів ураження.

До захисних споруд цивільного захисту належать:

- сховище - герметична споруда для захисту людей, в якій протягом певного часу створюються умови, що виключають вплив на них небезпечних факторів;
- протирадіаційне укриття - негерметична споруда для захисту людей, в якій створюються умови, що виключають вплив на них іонізуючого опромінення у разі радіоактивного забруднення місцевості;
- швидко споруджувана захисна споруда цивільного захисту - захисна споруда, що зводиться із спеціальних конструкцій за короткий час для захисту людей від дії засобів ураження в особливий період.

Для захисту людей від деяких факторів небезпеки, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій у мирний час, та дії засобів ураження в особливий період також використовуються споруди подвійного призначення та найпростіші укриття.

Споруда подвійного призначення - це наземна або підземна споруда, що може бути використана за основним функціональним призначенням і для захисту населення.

Найпростіше укриття - це фортифікаційна споруда, цокольне або підвальне приміщення, що знижує комбіноване ураження людей від небезпечних наслідків надзвичайних ситуацій, а також від дії засобів ураження в особливий період.

Укриттю підлягають:

- у сховищах:

а) працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до відповідних категорій цивільного захисту та розташованих у зонах можливих значних руйнувань населених пунктів, які продовжують свою діяльність в особливий період;

б) персонал атомних електростанцій, інших ядерних установок і працівники суб'єктів господарювання, які забезпечують функціонування таких станцій (установок);

в) працівники найбільшої працюючої зміни суб'єктів господарювання, віднесених до категорії особливої важливості цивільного захисту та розташованих за межами зон можливих значних руйнувань населених пунктів;

г) хворі, медичний та обслуговуючий персонал закладів охорони здоров'я, які не підлягають евакуації або не можуть бути евакуйовані у безпечне місце;

- у протирадіаційних укриттях:

а) працівники суб'єктів господарювання, віднесених до першої та другої категорій цивільного захисту та розташованих за межами зон можливих значних руйнувань населених пунктів, які продовжують свою діяльність у воєнний час;

б) працівники суб'єктів господарювання, розташованих у зонах можливих руйнувань, небезпечного і значного радіоактивного забруднення навколо атомних електростанцій;

в) населення міст, не віднесених до груп цивільного захисту, та інших населених пунктів, а також населення, евакуйоване з міст, віднесених до груп цивільного захисту і зон можливих значних руйнувань;

г) хворі, медичний та обслуговуючий персонал закладів охорони здоров'я, розташованих за межами зон можливих значних руйнувань міст, віднесених до груп цивільного захисту, і суб'єктів господарювання, віднесених до категорій цивільного захисту, а також закладів охорони здоров'я, які продовжують свою діяльність у воєнний час;

- у швидко споруджуваних захисних спорудах цивільного захисту, найпростіших укриттях та спорудах подвійного призначення;

- населення міст, віднесених до груп цивільного захисту, яке не підлягає евакуації у безпечне місце, а також інших населених пунктів.

Порядок створення, утримання фонду захисних споруд цивільного захисту та ведення його обліку визначається Кабінетом Міністрів України.

Вимоги щодо утримання та експлуатації захисних споруд визначаються центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Утримання захисних споруд цивільного захисту у готовності до використання за призначенням здійснюється суб'єктами господарювання, на балансі яких вони перебувають (у тому числі споруд, що не увійшли до їх статутних капіталів у процесі приватизації (корпоратизації), за рахунок власних коштів.

У разі використання однієї захисної споруди кількома суб'єктами господарювання вони беруть участь в утриманні споруди відповідно до укладених між ними договорів.

Захисні споруди цивільного захисту можуть використовуватися у мирний час для господарських, культурних і побутових потреб у порядку, що визначається Кабінетом Міністрів України.

Захисні споруди цивільного захисту державної та комунальної власності не підлягають приватизації (відчуженню).

Контроль за готовністю захисних споруд цивільного захисту до використання за призначенням забезпечує центральний орган виконавчої влади, який здійснює державний нагляд у сферах техногенної та пожежної безпеки, спільно з відповідними органами та підрозділами цивільного захисту, місцевими державними адміністраціями.[25]

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

В даному розділі розглянуто питання економічної ефективності розробки «Програмно-апаратного комплексу зарядки електромобілів». Кінцевий економічний результат проекту виражається в підсумку - у формі прибутку, або у формі збитку.

Метою розділу є визначити групу потенційних споживачів та вигоду для них, основних співробітників в проекті та їх заробітну плату. Розрахувати фінансовий результат та кошторис витрат.

### 6.1 Опис ідеї проекту

Для початку необхідно визначитись зі змістом ідеї проекту. Основними напрямками застосування та вигодою для споживачів. Опис ідеї проекту, напрямок застосування та вигода для користувачів наведено в таблиці 6.1

Таблиця 6.1 - Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигода для користувачів
Створення програмно-апаратного комплексу зарядного контролеру	Публічні зарядні станції для електромобілів	Багатофункціональність, масштабування
	Станції домашнього користування	Низька ціна

Характеристики потенційного ринку наведено в табл. 6.2

Таблиця 6.2 - Характеристики потенційного ринку

№	Показники ринку	Характеристика
1	Головні конкуренти	OCTO Energy
		Phoenix contact
		Siemens
2	Динаміка ринку	Зростає
3	Наявність обмежень для входу	-
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	для ринку України немає

В таблиці 6.3 проведено аналіз груп споживачів та їх особливостей, наведено потреби, які задовольняє цей проект для кожної групи.

Таблиця 6.3 – Характеристика потенційних користувачів

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги користувачів
1	Необхідність заряджати особисті електромобілі	Власники електромобілів, служби таксі	Роздрібна купівля	Доступність та низька ціна
2	Необхідність продажу залишкових потужностей для комерційних організацій	Торгівельні центри, власники паркінгів	Оптова купівля	Низька ціна
3	Створення комерційних зарядних мереж	Малий та середній бізнес	Оптова купівля	Багатофункціональність, масштабування

SWOT – аналіз реалізації проекту наведено в табл. 6.4.

Цей аналіз надає можливість порівняти сильні та слабкі сторони, а також основні можливості та потенційні загрози проекту.

Таблиця 6.4 - SWOT- аналіз

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
<ul style="list-style-type: none"> <li>– низька ціна;</li> <li>– універсальність;</li> <li>– відмово стійкість;</li> <li>– безпечність;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– конкуренція;</li> <li>– інвестиції;</li> </ul>
Можливості:	Загрози:
<ul style="list-style-type: none"> <li>– масштабування</li> <li>– зручність роботи із зарядною станцією;</li> <li>– можливість роботи без Інтернету;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– можливість збоїв апаратного забезпечення;</li> <li>– неможливість роботи без доступу к електромережі;</li> </ul>

На рис. 6.1. наведено карту, що відображає взаємозв'язки стейкхолдерів. На карті відокремлено три області, в яких розміщено усіх зацікавлених осіб проекту за можливостями впливу на них ініціатора.

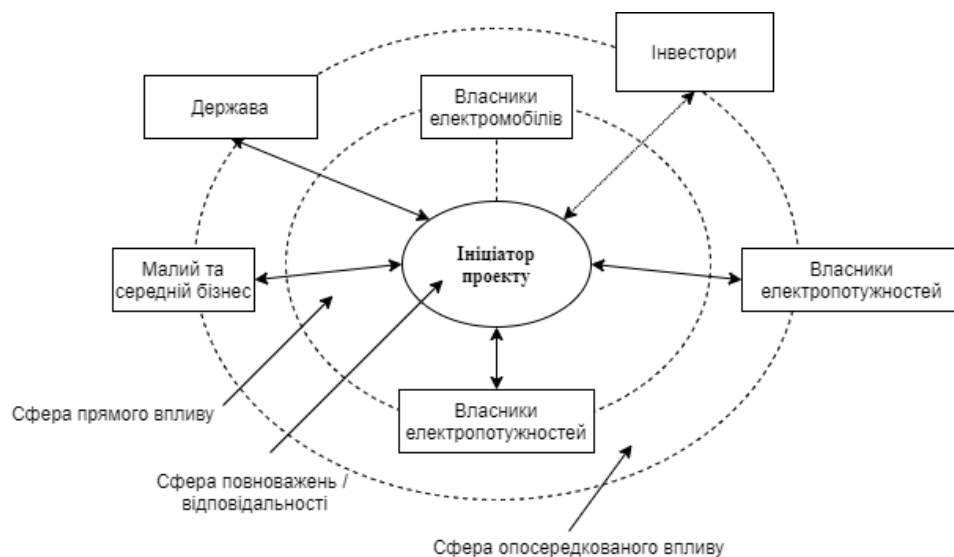


Рисунок 6.1 - Карта стейкхолдерів

## 6.2 Визначення витрат на розробку проекту

У даному підрозділі розраховується кількість працівників, їх заробітна плата і матеріальні витрати на проект.

Для розрахунків таблиці 6.5 початку визначено тарифний заробіток кожного співробітника. В залежності від складності роботи, а також її специфіки встановлюється різний тариф.

Проаналізувавши законодавство, маємо цифру – 8 годин на добу та 5 днів на тиждень. Маючи в середньому 4 тижні в місяці отримаємо загальну цифру – 160 годин на місяць.

Розрахунок тарифу оплати за годину виконується за формулою 6.1.

При реалізації цього проекту достатньо однієї зміни.

$$ТС_{ч} = ЗП_0 / Еф_{ч} \quad (6.1)$$

де  $ТС_{ч}$  - Тарифна ставка за розрядом виконуваних робіт, грн\год;

$ЗП_0$  - Тарифний заробіток, грн;

$Еф_{ч}$  - Ефективний робочій час, год.

За допомогою формули 6.1 розрахуємо тариф оплати за годину:

$$ТС_{ч1} = 10000 \setminus 160 = 62.5$$

$$ТС_{ч2} = 5500 \setminus 160 = 34.38$$

Премія була встановлена з урахування складності роботи групи співробітників, тож було встановлено стабільний тариф. Розрахунок преміального відсотка від тарифної виконується за формулою 6.2.

$$Пв = П_0 * 100 \setminus ЗП_0 \quad (6.2)$$

де  $Пв$  – Преміальний відсоток, грн;

$ЗП_0$  - Тарифний заробіток, грн;

$П_0$  – Розмір премії, грн.

Розрахуємо преміальний відсоток за формулою 6.2:

$$ПВ_1 = 1000 * 100 \setminus 10000 = 10$$

$$ПВ_2 = 700 * 100 \setminus 5500 = 12,73$$

Для розрахунку річного фонду заробітної плати використовується формула 6.3.

$$Рф_0 = (ЗП_0 + П_0) * 12 \quad (6.3)$$

де  $Рф_0$  – Річний фонд, грн;

$ЗП_0$  - Тарифний заробіток, грн;

$П_0$  – Розмір премії, грн.

Розрахуємо річний фонд заробітної плати за формулою 6.3:

$$Рф_1 = (10000 + 1000) * 12 = 133332$$

$$Рф_2 = (5500 + 700) * 12 = 74400$$

Єдиний соціальний внесок розраховується за формулою 6.4.

$$ЄСВ_{заг} = Рф_0 * k / 100 \quad (6.4)$$

де  $ЄСВ_{заг}$  - єдиний соціальний внесок;

$k$  - 22%;

$Рф_0$  – Річний фонд, грн.

Розрахуємо єдиний соціальний внесок за формулою 6.4:

$$ЄСВ_1 = 133332 * 0,22 = 29333,04$$

$$ЄСВ_2 = 74400 * 0,22 = 16368$$

Таблиця 6.5 – Склад та фонд заробітної плати працівників

Категорії працівників	Наявна чисельність, осіб		Тарифна ставка за розрядом виконуваних	Ефективний фонд робочого часу, годин	Тарифний заробіток, грн.	Преміальний відсоток до тарифного заробітку	Розмір премії, грн.	Річний фонд заробітної плати, грн..	ЄСВ, грн.
	за зміну	на добу							
Основні працівники	1	4	62.5	160	12000	10	1000	133332	29333,04
Допоміжні працівники	1	1	34.38	160	5500	12,73	700	74400	16368
Разом виробничих працівників	1	5	X	X	X	X	1700	207732	45 701,04

В табл. 6.6 наведено інформацію про матеріали, які використовуються в даному проекті та їх кількість за рік, розраховується загальна сума, що витрачається на закупівлю кожного з матеріалів.

Таблиця 6.6 – Розрахунок матеріальних витрат

Матеріальні витрати	Обсяг сировини	Ціна	Сума, грн
Мікроконтролер STM32L	300	90,75	27225
Модуль PN532	100	177	17700
Склотекстоліт фольгований FR4 (300x200)	400	82,66	33064
DC-DC перетворювач	200	111,41	22282
Перетворювач інтерфейсів MAX1341E	300	125	37500
Світлодіоди	700	0,86	602
Разом	2000	587,68	298373

Розрахунок у таблиці 6.7 вартості послуг здійснено за загальною формулою 6.5.

$$S = k * n \quad (6.5)$$

де S - загальна вартість послуги;

k - тариф;

n - обсяг послуг.

Розрахуємо вартість послуг для електропостачання за формулою 6.5:

$$S_1 = 360 * 19.35 = 6966$$

Розрахуємо вартість послуг для Інтернету за формулою 6.5:

$$S_1 = 360 * 10 = 3600$$

Таблиця 6.7 – Розрахунок вартості спожитих послуг

Вид послуг	Норматив на один продукт	Обсяг послуг	Тарифи	Сума, грн
Електропостачання	72	360	19.35	6966
Інтернет	60	360	10	3600
Разом	132	360	29.35	10566

Дані для таблиці 6.8 мають уточнення, що амортизація у даному випадку = 20%, тобто буде аналогічним до 5 років використання. Тобто, можна сказати, що встановлення гарантійного терміну (також виходячи з якості матеріалів) є цілком логічним.

Таблиця 6.8 - Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Норма амортизації	Первісна вартість ОЗ на 01.01	Надійшло ОЗ		Вибуло ОЗ		Сума, грн
			Дата	Вартість	Дата	Вартість	
Зарядний контролер	20	3000	01.01.2020	3000	01.01.2025	0	3000
Разом	20	3000	01.01.2020	3000	01.01.2025	0	3000

У табл. 6.9 внесені узагальнені дані з усіх попередніх таблиць. На основі цих даних обчислюється загальна вартість витрат на реалізацію проекту протягом року.

Таблиця 6.9 – Кошторис витрат

Калькуляційні статті	Витрати	
	у розрахунку на одиницю продукції, грн.	у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.
Сировина та матеріали	3000	36000
Спожиті послуги	10566	126792
Разом	13566	162792
Заробітна плата основних виробничих працівників		207732
ЄСВ		45701,04
Амортизація		36000
Виробнича собівартість		36000
Адміністративні витрати		225000
Повна собівартість		876018,04

В таблиці 6.10 наведено розрахунок фінансового результату, який містить ціну на товар, обсяги виробництва, обсяги реалізації та дохід. Спочатку визначаємо ціну на продукт - 12600, що перевищує його собівартість. Обсяг виробництва при розрахунку на рік становить - 100 одиниць. Скоріш за все обсяг реалізації за перший рік буде меншим за обсяг виробництва. За другий рік реалізація продукту, буде реалізовувати норму із врахуванням залишків минулого року. Витрати будемо вважати стабільними кожного року. Розрахунок доходу виконувався відносно обсягу реалізації продукту за рік. На основі сум доходу та витрат сформовано фінансовий результат.

Таблиця 6.10 - Фінансовий результат

№ періоду	Обсяги виробництва (послуг)	Обсяги реалізації	Залишок нереалізованої продукції	Ціна	Дохід	Витрати	Фінансовий результат
2020	100	50	50	12600	630000	876019	-246019
2021	100	150	0	12600	126000	876019	383981
Разом	200	200	0	12600	189000	1752038	+137962

Таким чином, продукт буде окупатися у перший рік реалізації, так як він має додаткову функціональність та його ціна менша, у порівнянні з аналогами. Проект можна вважати масштабуємим, тому що є можливість збільшити обсяги виробництва без збільшення додаткових витрат.

На продукт надається гарантійне обслуговування до 5 років, що є необхідною умовою для входу на ринок. Спостерігається динамічне зростання кількості електромобілів в Україні, що потребує розширення мережі електрозаправок.

Продукт є конкурентно спроможний та за критерієм ціна/якість перевищує аналоги в Україні. [26]

## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті проведено аналіз існуючих аналогів зарядних контролерів. Показано що усі існуючі комерційні контролери мають закрите програмне забезпечення, в яких відсутня можливість оновлення в разі програмної помилки або додавання підтримки нової функції, а відкрите ПЗ не забезпечує необхідну якість.

Розроблено трирівневу архітектуру апаратного забезпечення, яка задовольняє поставленим вимогам, а саме: керування зарядним процесом та функціонал захисту на станціях другого рівня; комунікація з електромобілем по PLC протоколу; комунікація с ОСРР контролером; уставка, управління та балансування зарядного струму; управління силовим контактором; контроль і підтримання зарядної сесії; підрахунок спожитої електроенергії; індикація; контроль заземлення; захист від перенапруги; обробка помилок;

Проведено проектування схем електричних принципів окремих модулів та виконано проектування друкованих плат у системі DipTrace.

Реалізовано прототип зарядного комплексу, який містить 3 модулі: модуль «Head», модуль «Port» та модуль безконтактного зчитувача. Кожен модуль реалізується у вигляді окремої друкованої плати.

Розроблено програмне забезпечення, в якому реалізовано можливість комунікації з електромобілем, контроль заземлення, захист від перенапруги та перевантаження, що надає можливість відмовостійкої роботи зарядного комплексу.

Дипломний проект реалізовано на підприємстві «ТОВ ІНФОКОМ ЛТД». Планується впровадження даного програмно-апаратний комплексу у нові станції другого рівня в Україні та Європі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аналіз ринку електромобілів [Електронний ресурс] режим доступу:  
<http://irsgroup.com.ua/ecars>
2. Комітет SAE, [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://www.sae.org/servlets/works/committeeHome.do?comtID=TEVHYB3> – SAE
3. Асоціація Chademo [Електронний ресурс] режим доступу:  
<https://www.chademo.com/about-us/what-is-chademo/>
4. Асоціація CCS [Електронний ресурс] режим доступу:  
<https://www.charinev.org/dashboard/>
5. Фаулер М., Скотт К. UML. Основы. — Пер. с англ. — СПб: Символ-Плюс, 2002. — 192 с., ил. ISBN 5-93286-032-4
6. Розробка мобільних додатків. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:  
<http://kiev.itstep.org/razrabotka-mobilnyh-prilozhenij-pod-android/>
7. Мэтью Мак-Дональд, Марио Шпушта, Microsoft ASP.NET 4.0 с примерами на C# 2010 для профессионалов, 4е издание 1424 стр., с ил.; ISBN 978-5- 8459-1702-7, 978-1-43-022529-4; 2011г, Вильямс.
8. Гоноровский, И. С. Радиотехнические цепи и сигналы [Текст]: учеб. пособие / И. С. Гоноровский, М. П. Демин. М.: Радио и связь, 1994.
9. OSCP Alliance [електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://www.openchargealliance.org/>
10. Глинченко, А. С. Цифровая обработка сигналов [Текст]: учеб. пособие / А. С. Глинченко. 2-е изд., перераб. и доп. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005.
11. Контролери "STM32L", [Електронний ресурс]. Режим доступу:  
<https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-ultra-low-power-mcus.html> - STMicroelectronics
12. Валов А.В. Микропроцессоры и их применение в системах управления: Учебное пособие/А.В. Валов – Челябинск: Изд-ий центр ЮУрГУ, 2012 – Ч.2 –

81 с.

13. Руководство по работе с EEPROM AT24C128 [Электронный ресурс] режим доступа: [atmel.com/Images/doc0670.pdf](http://atmel.com/Images/doc0670.pdf)
14. Компьютерное моделирование [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.inf1.info/book/export/html/215>
15. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат: Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. – 560 с
16. Медведев А.М. Технология производства печатных плат / А.М. Медведев. – М.: Техносфера, 2005. – 360 с
17. Офіційний сайт стандарту Gerber [Электронный ресурс] режим доступа: <https://www.ucamco.com/en/gerber>
18. Gerber Specification [Электронный ресурс] режим доступа: [https://web.archive.org/web/20200801055645/https://www.ucamco.com/files/downloads/file/81/the\\_gerber\\_file\\_format\\_specification.pdf](https://web.archive.org/web/20200801055645/https://www.ucamco.com/files/downloads/file/81/the_gerber_file_format_specification.pdf)
19. ГОСТ Р МЭК 60715-2003: Апаратура розподілу й керування низьковольтна. Встановлення та кріплення на рейках електричних апаратів в низьковольтних комплектних пристроях розподілу та управління.
20. ГОСТ Р МЭК 61851-1-2013 Система токопроводящей зарядки электромобилей .- Москва, 2013. - 18 с.
21. Стандарт C11 [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gcc.gnu.org/gcc-4.6/changes.html>
22. Modbus Protocol. Reference Guide. Modicon, Inc. North Andover, Massachusetts 01845, 1996. – 121 с.
23. Руководство по организации сети Modbus. / Merlin Gerin. Schneider Electric – 01/2007. – 94 с.
24. Шарфельд Т. Системы RFID низкой стоимости. Москва: «Горячая линия Телеком», 2006. – 197 с.
25. ДСанПіН 3.3 - 2.007.98 Державні санітарні правила і норми роботи з

візуальними дисплейними терміналами електронно – обчислювальних машин.-  
Київ, 1999. - 18 с.

26. Грабовецький Б. Є. Економіка підприємства. / Б. Є. Грабовецький, Т.М.  
Пілявоз – Вінниця: ВНТУ, 2009 – 248 с.

## ДОДАТОК А

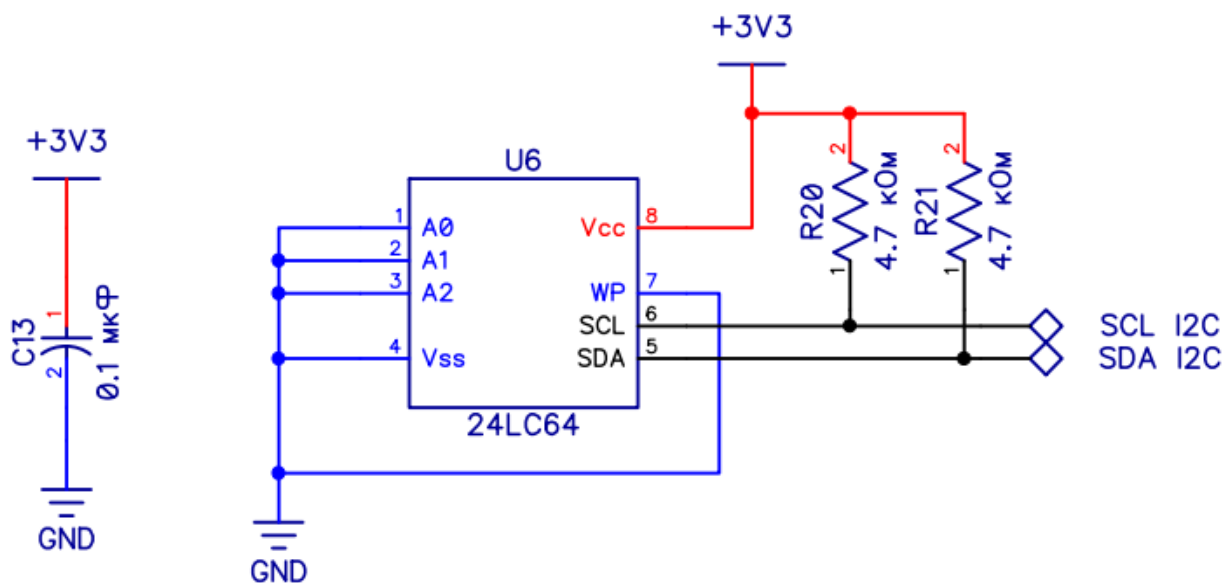


Рисунок А.1 - Схема підключення EEPROM пам'яті

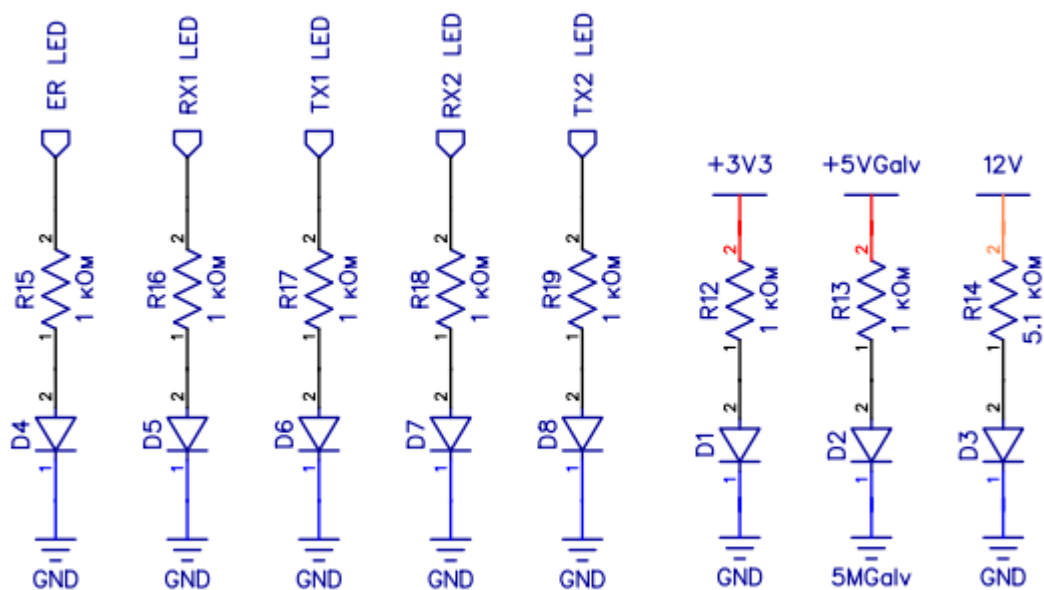


Рисунок А.2 - Схема індикації роботи модуля

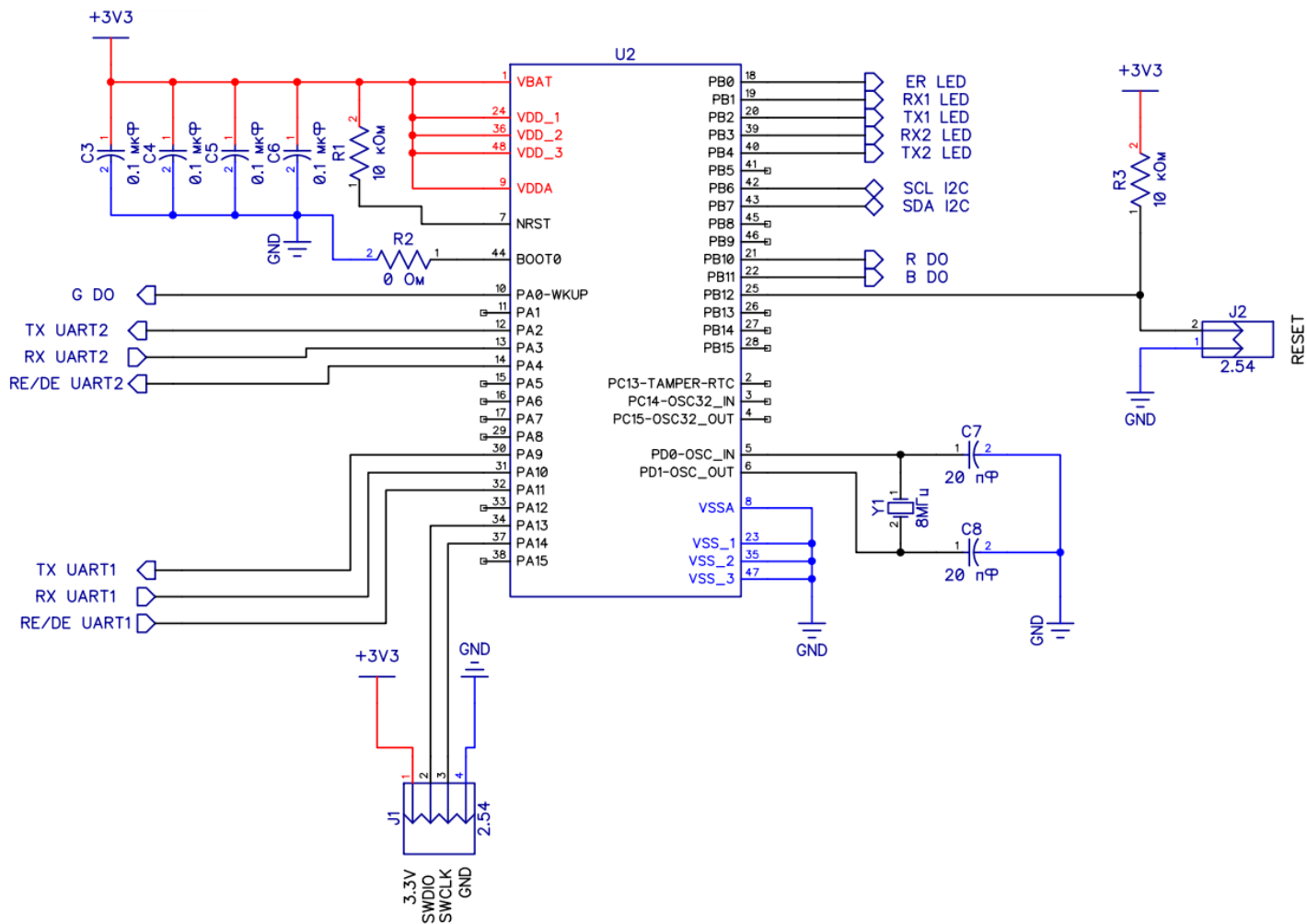


Рисунок А.3 - Схема виводів мікроконтролера

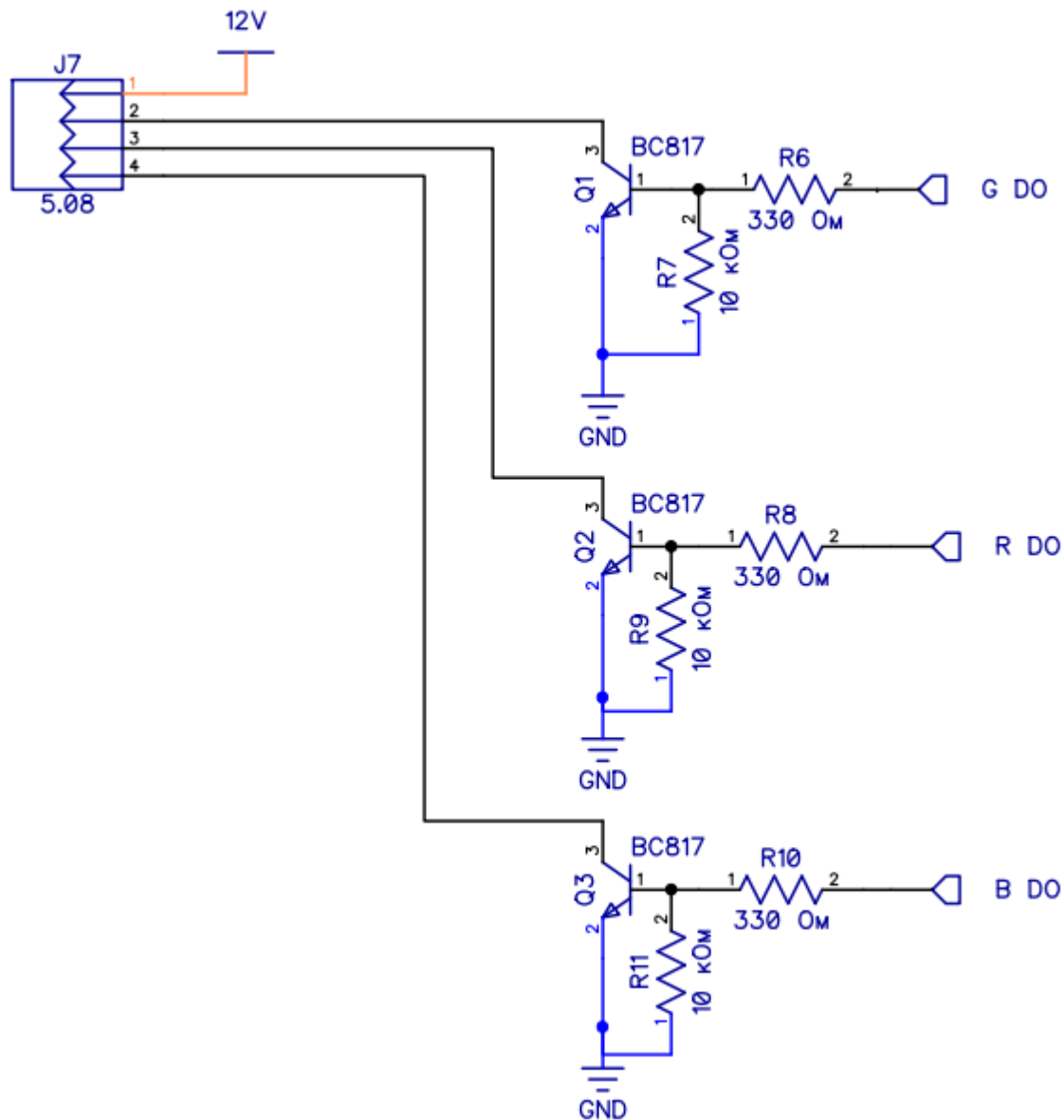


Рисунок А.4 - Схема інтерфейсу для індикації

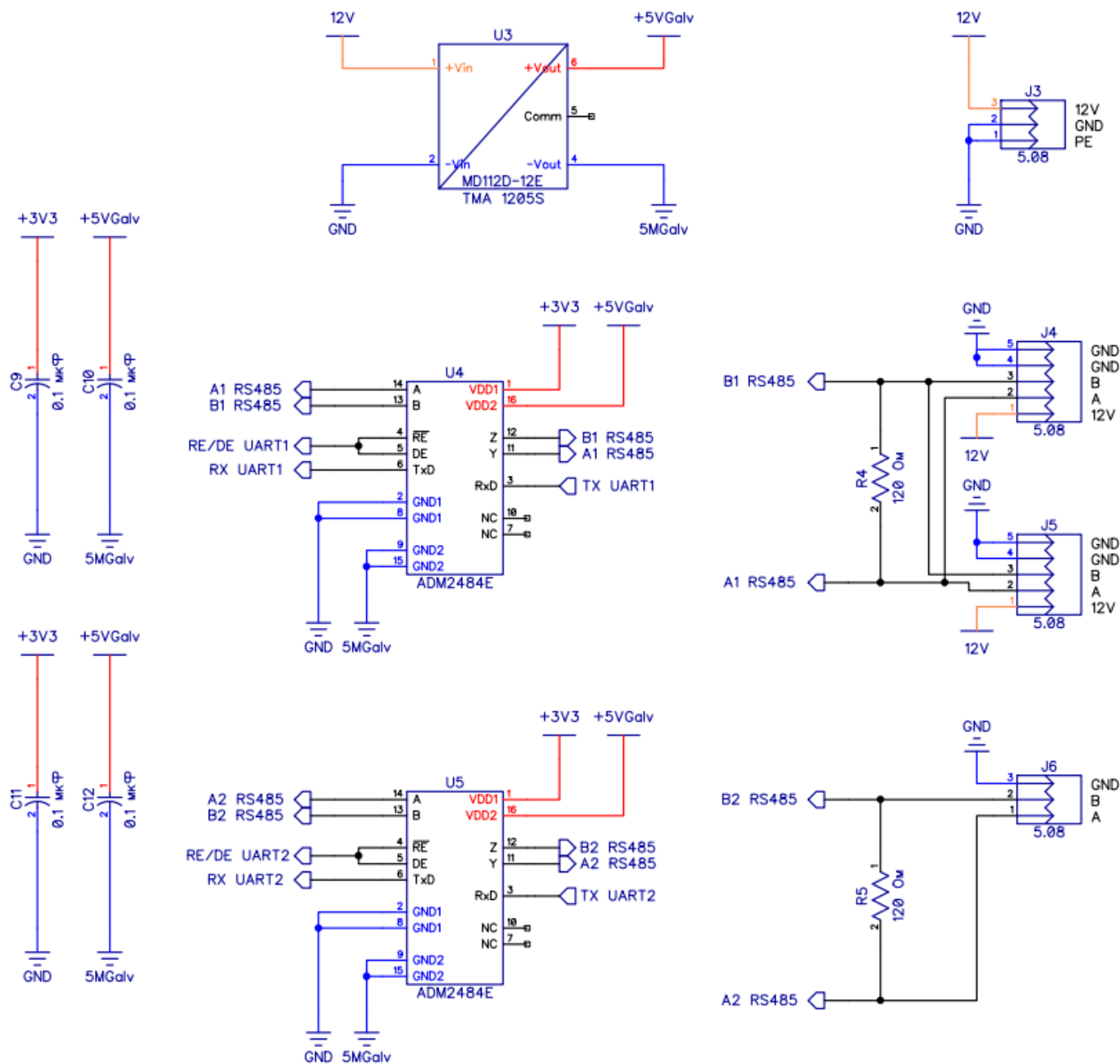


Рисунок А.5 - Схема Modbus перетворювачів

## ДОДАТОК Б

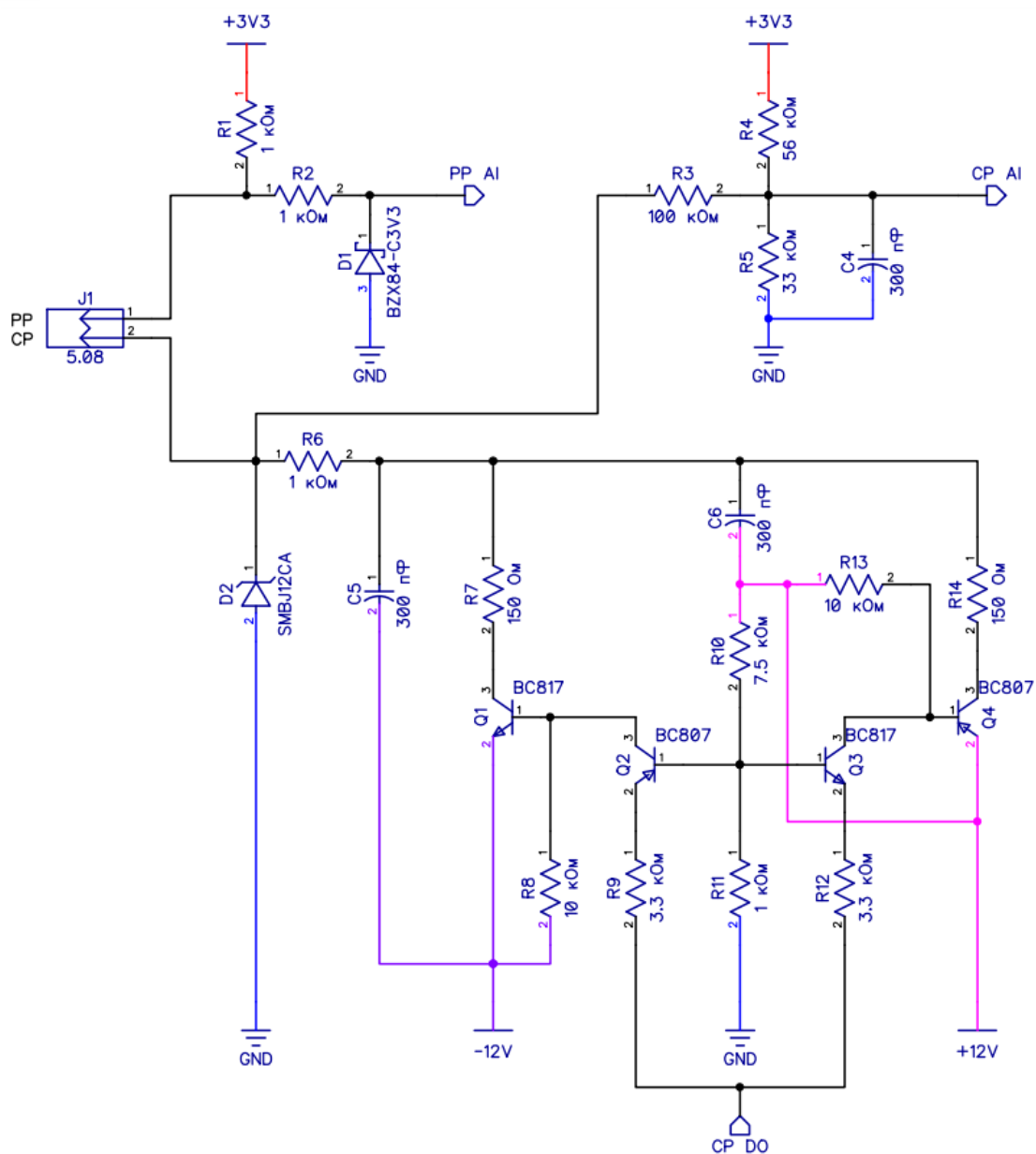


Рисунок Б.1 - Апаратний генератор та обробник СР сигналу

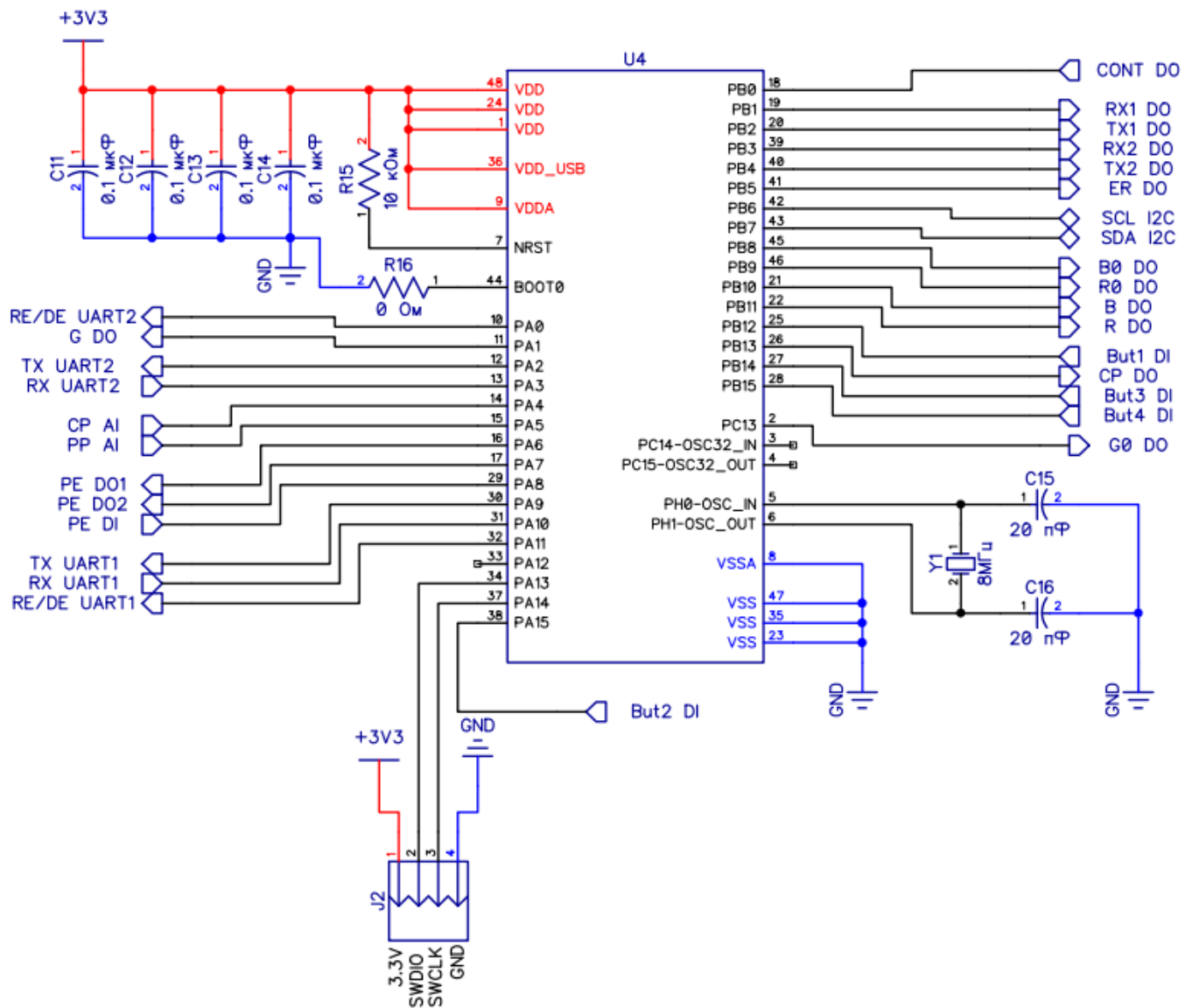


Рисунок Б.2 - Схема виводів мікроконтролера

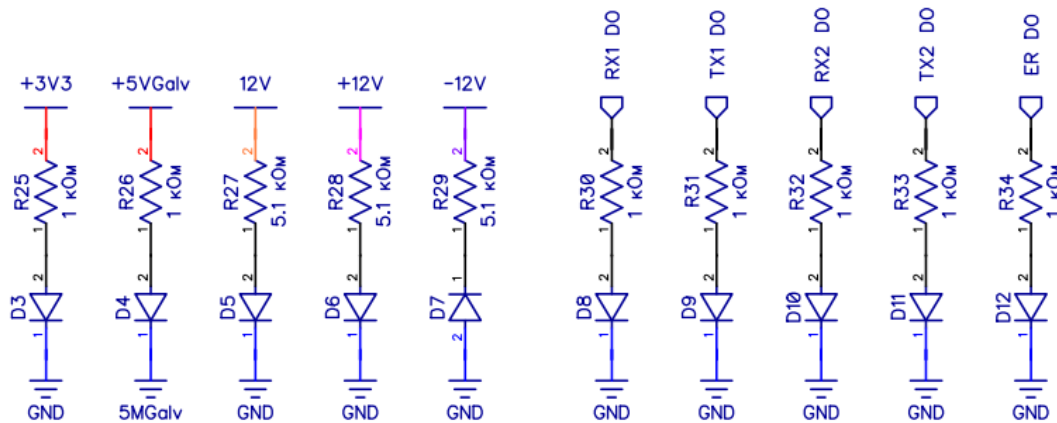


Рисунок Б.3 - Схема індикації роботи модуля

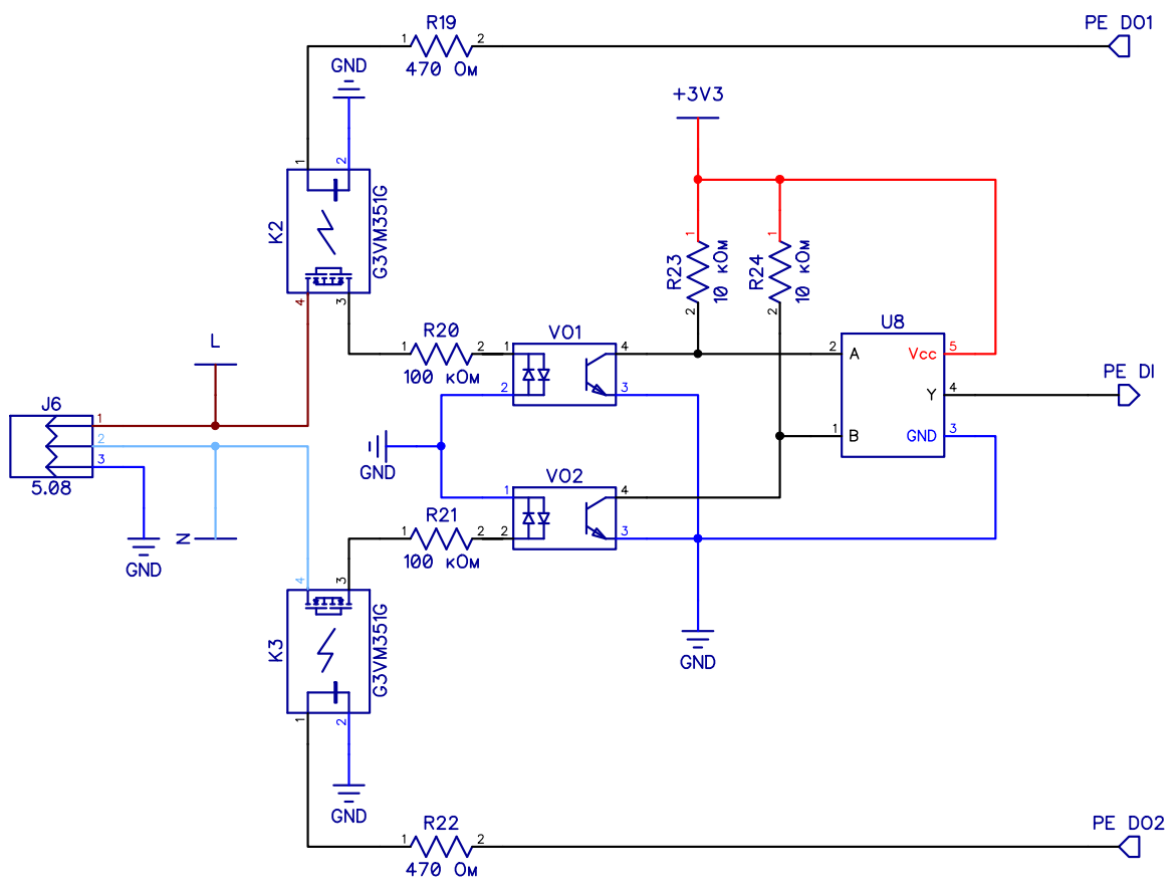


Рисунок Б.4 - Схема перевірки заземлення

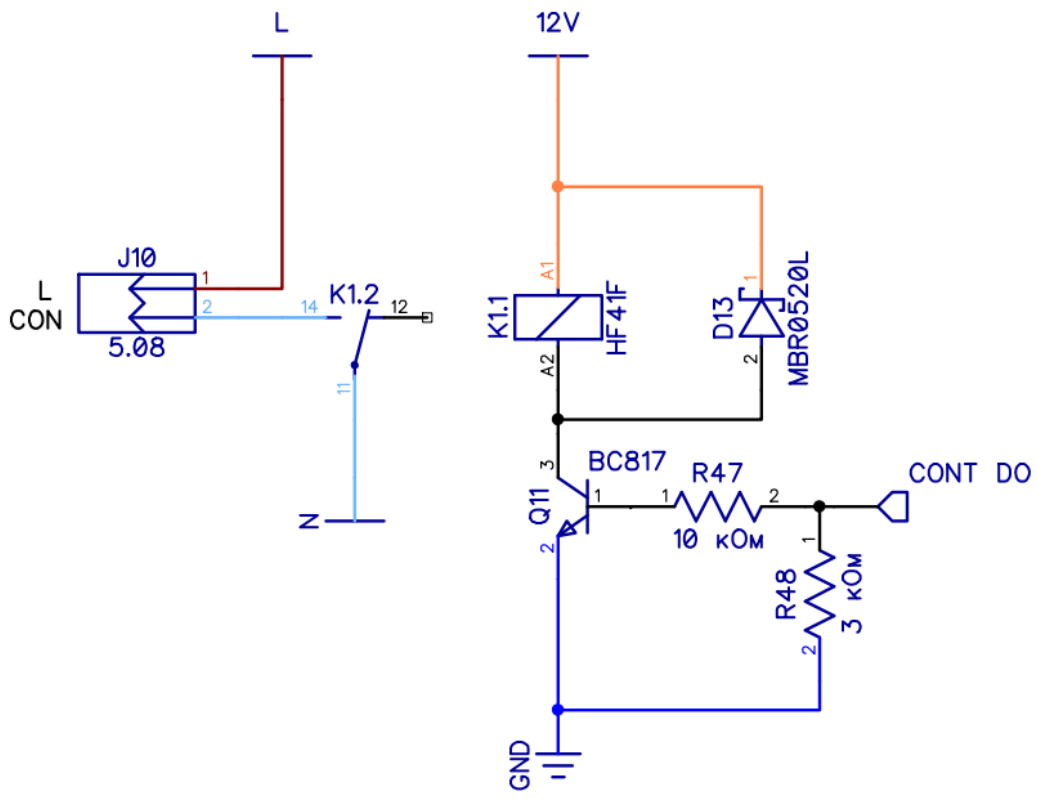


Рисунок Б.5 - Схема управління силовим контактором

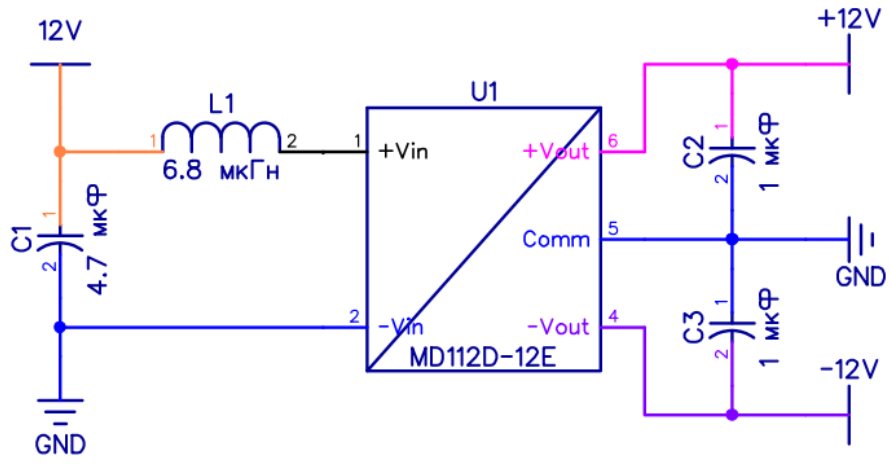


Рисунок Б.6 - Схема підключення DC-DC перетворювача

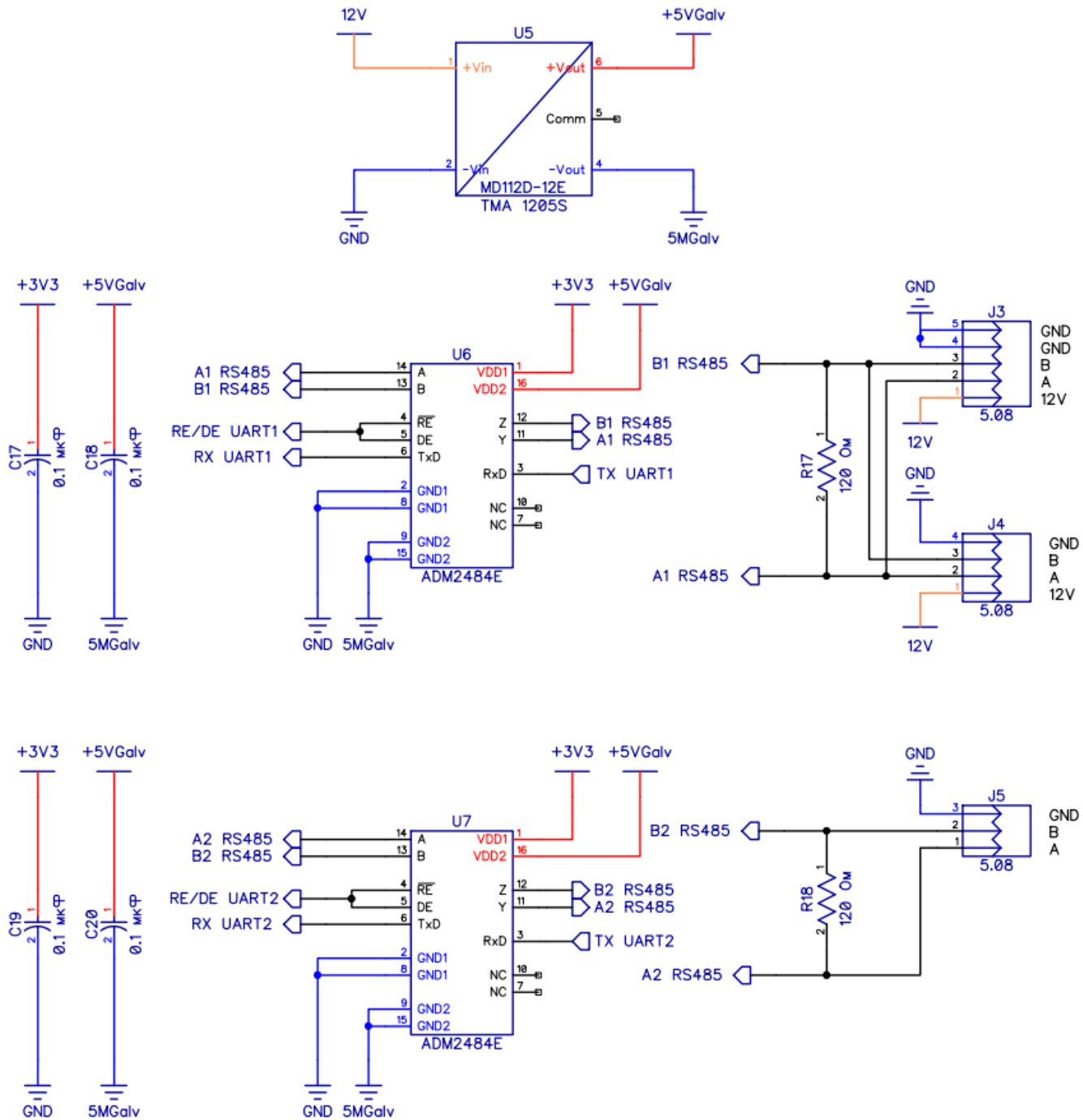


Рисунок Б.7 - Схема Modbus перетворювачів

## ДОДАТОК В

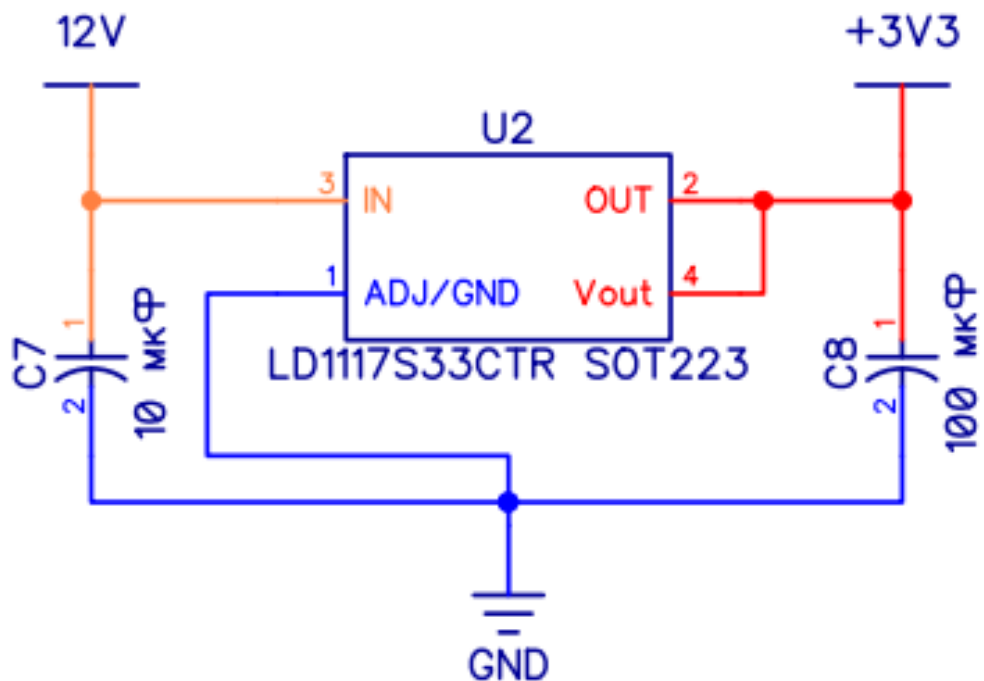


Рисунок В.1 – Схема формування 3.3 вольт

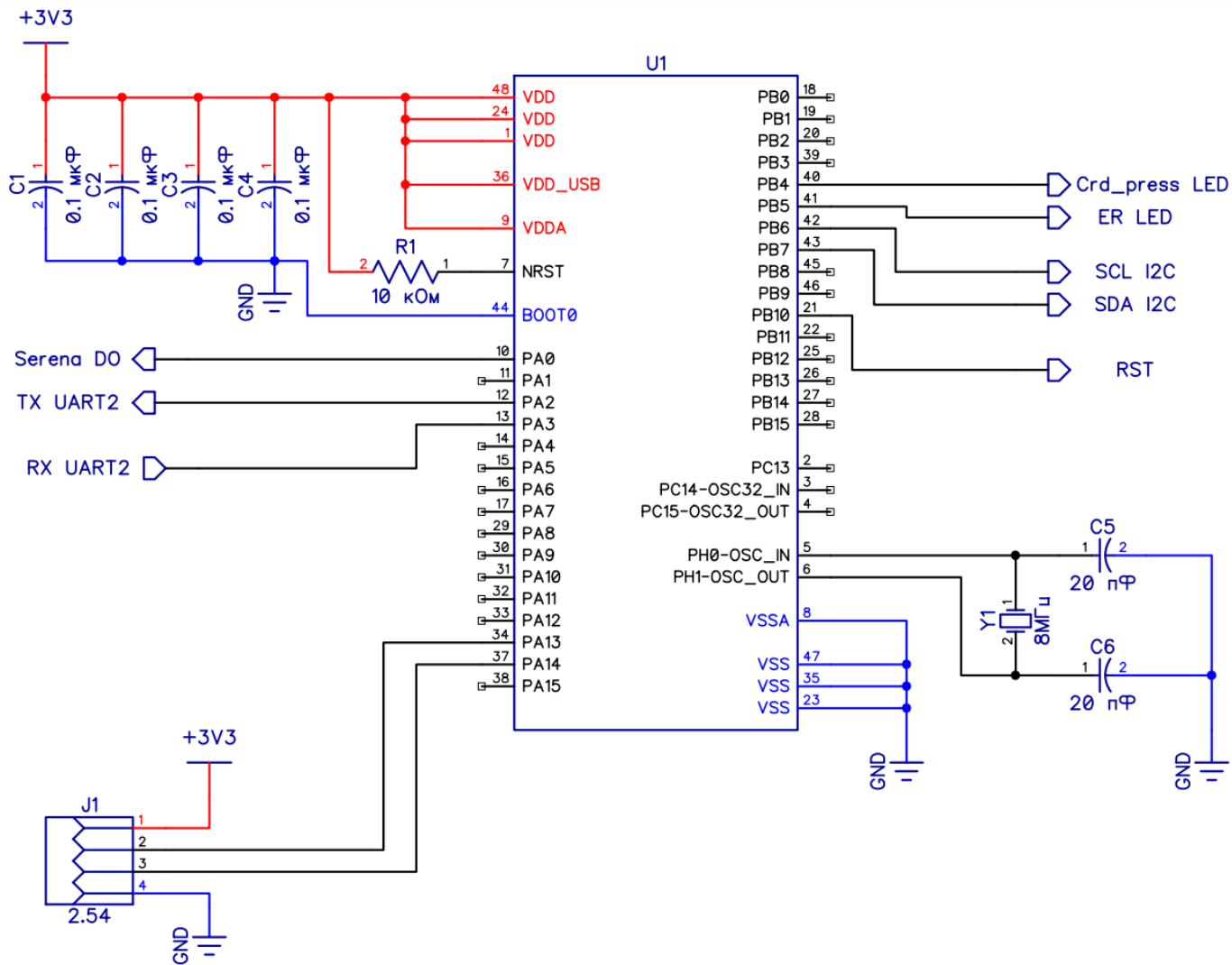


Рисунок В.2 - Схема виводів мікроконтролера

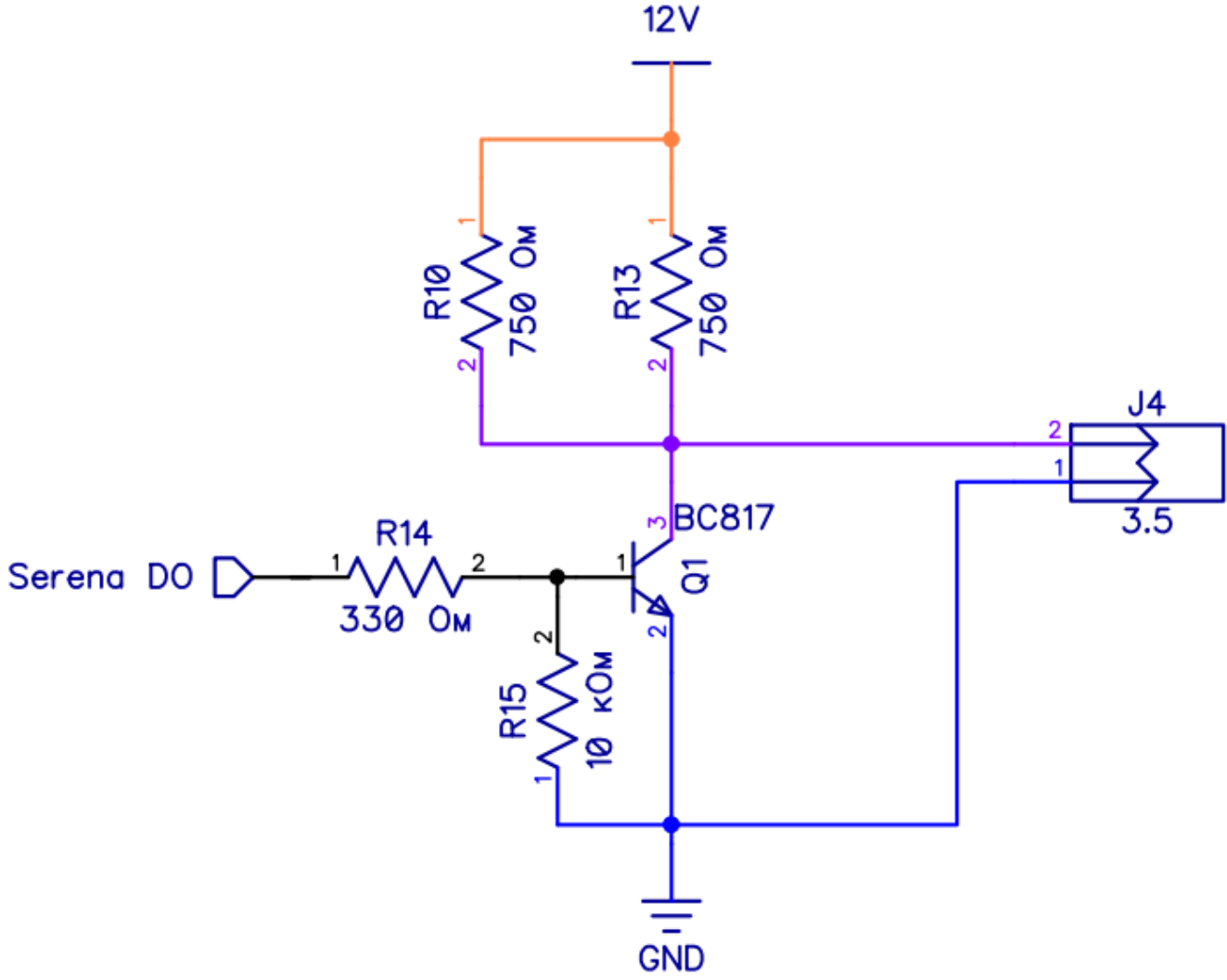


Рисунок В.3 - Схема звукового генератора

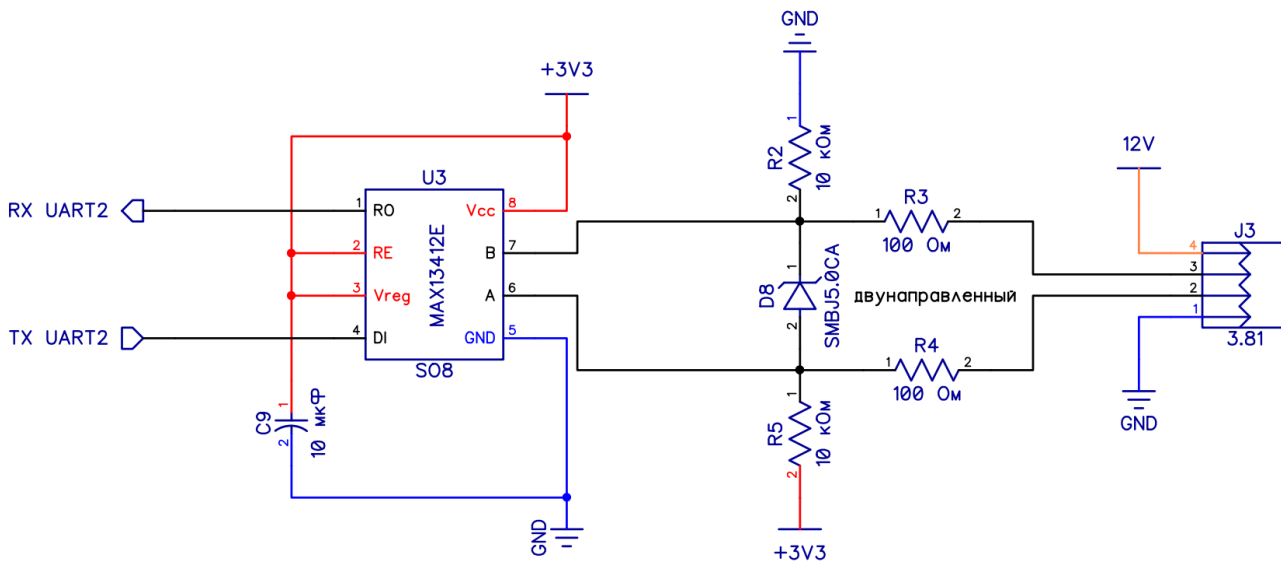


Рисунок В.4 - Схема Modbus перетворювача

## ДОДАТОК Г

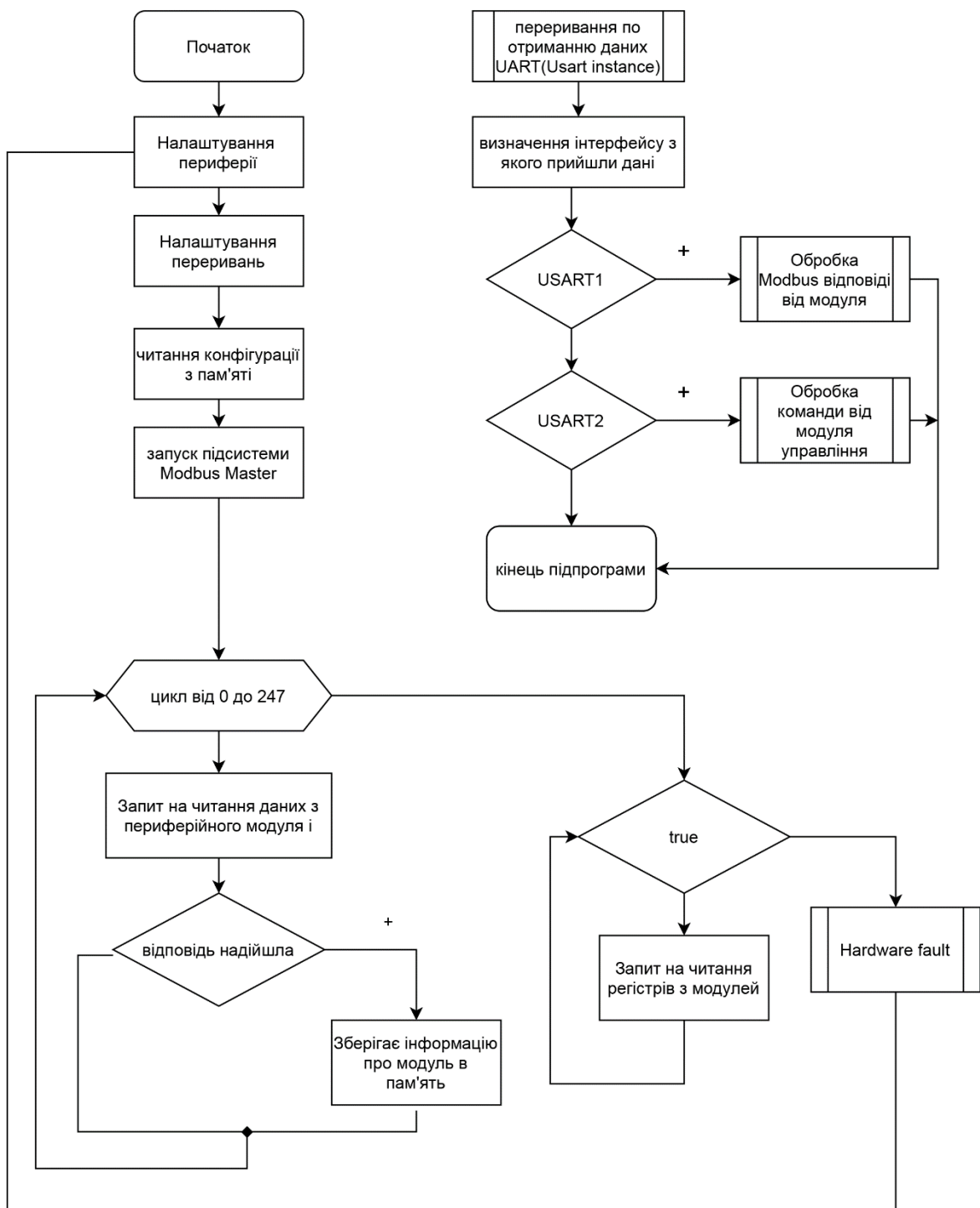


Рисунок Г.1 – Схема алгоритму модуля «Head»

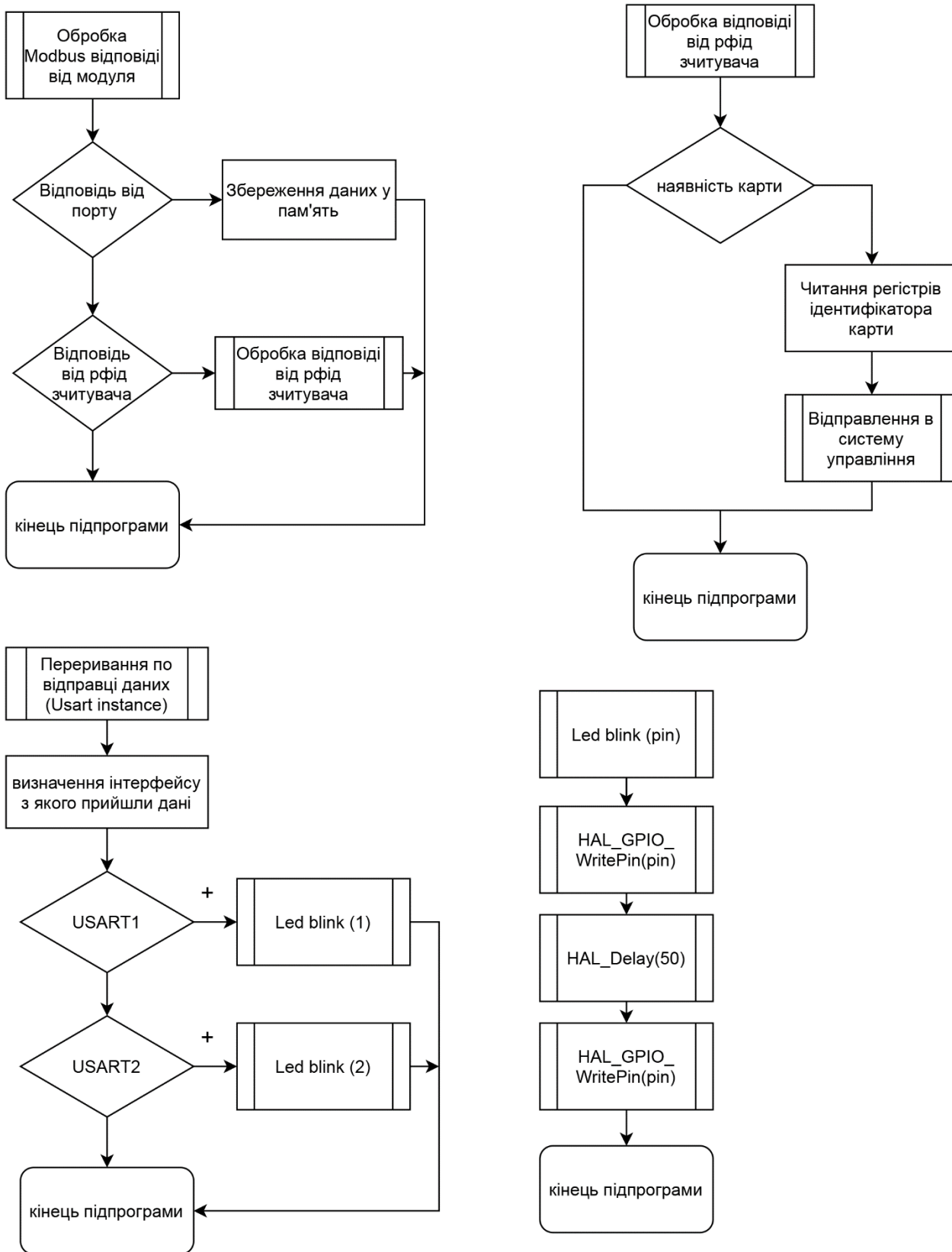


Рисунок Г.2 – Схема алгоритму модуля «Head»

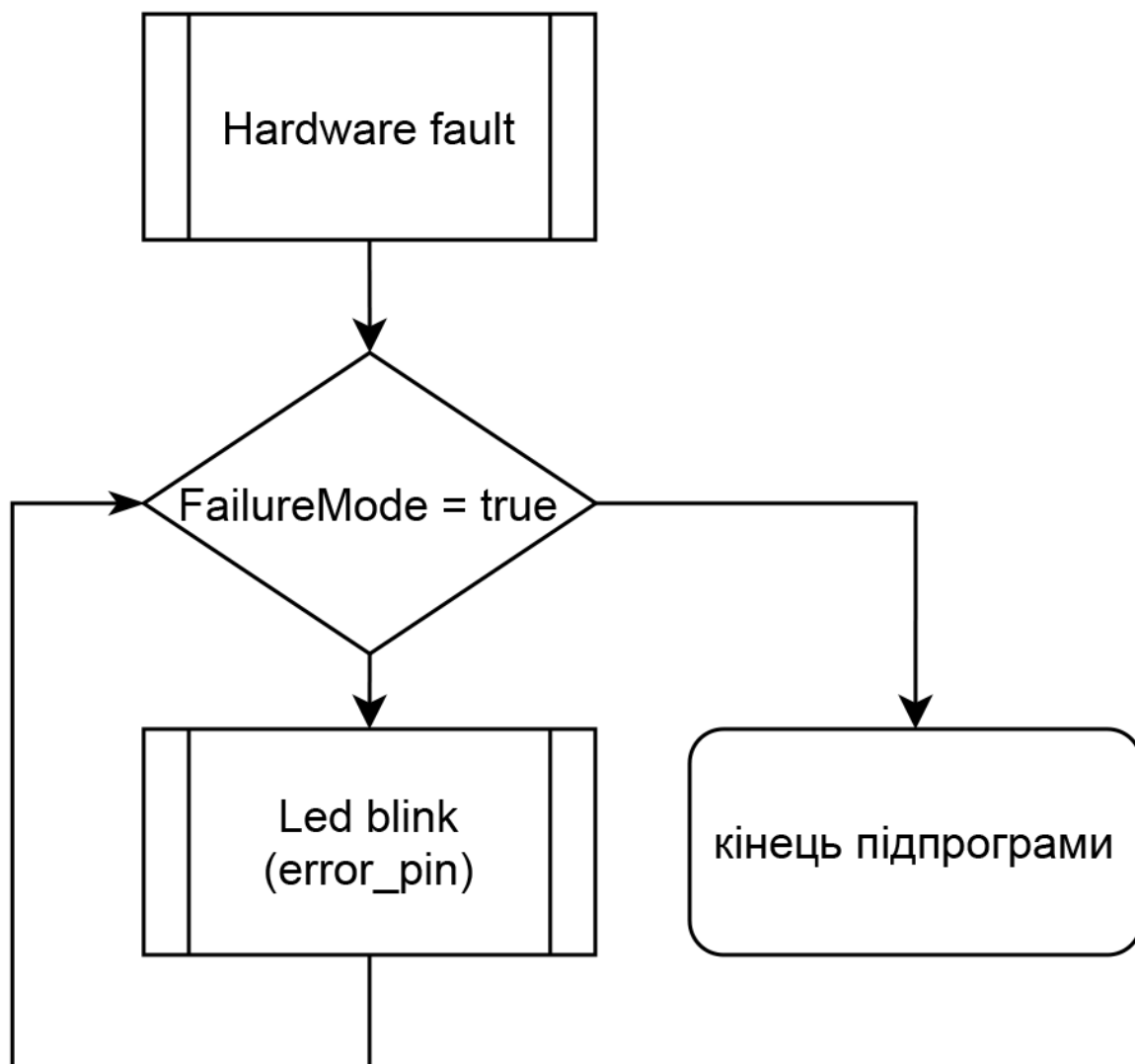


Рисунок Г.3 – Схема алгоритму модуля «Head»

## ДОДАТОК Г

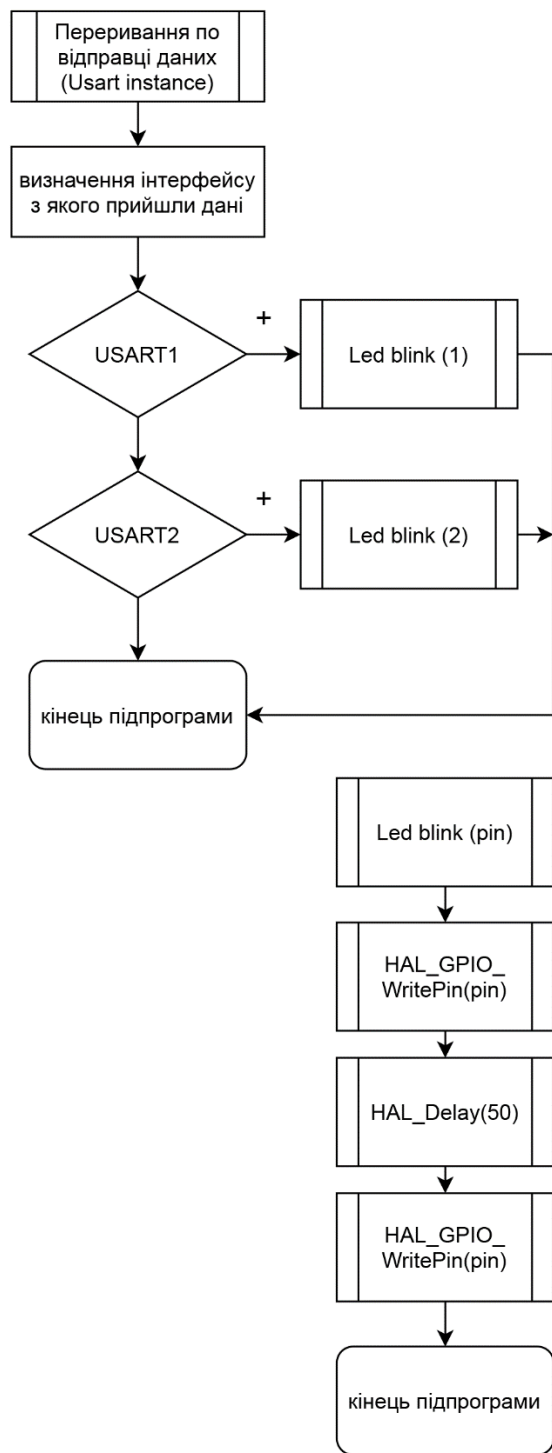


Рисунок Г.1 - Схема алгоритму модуля «Port»

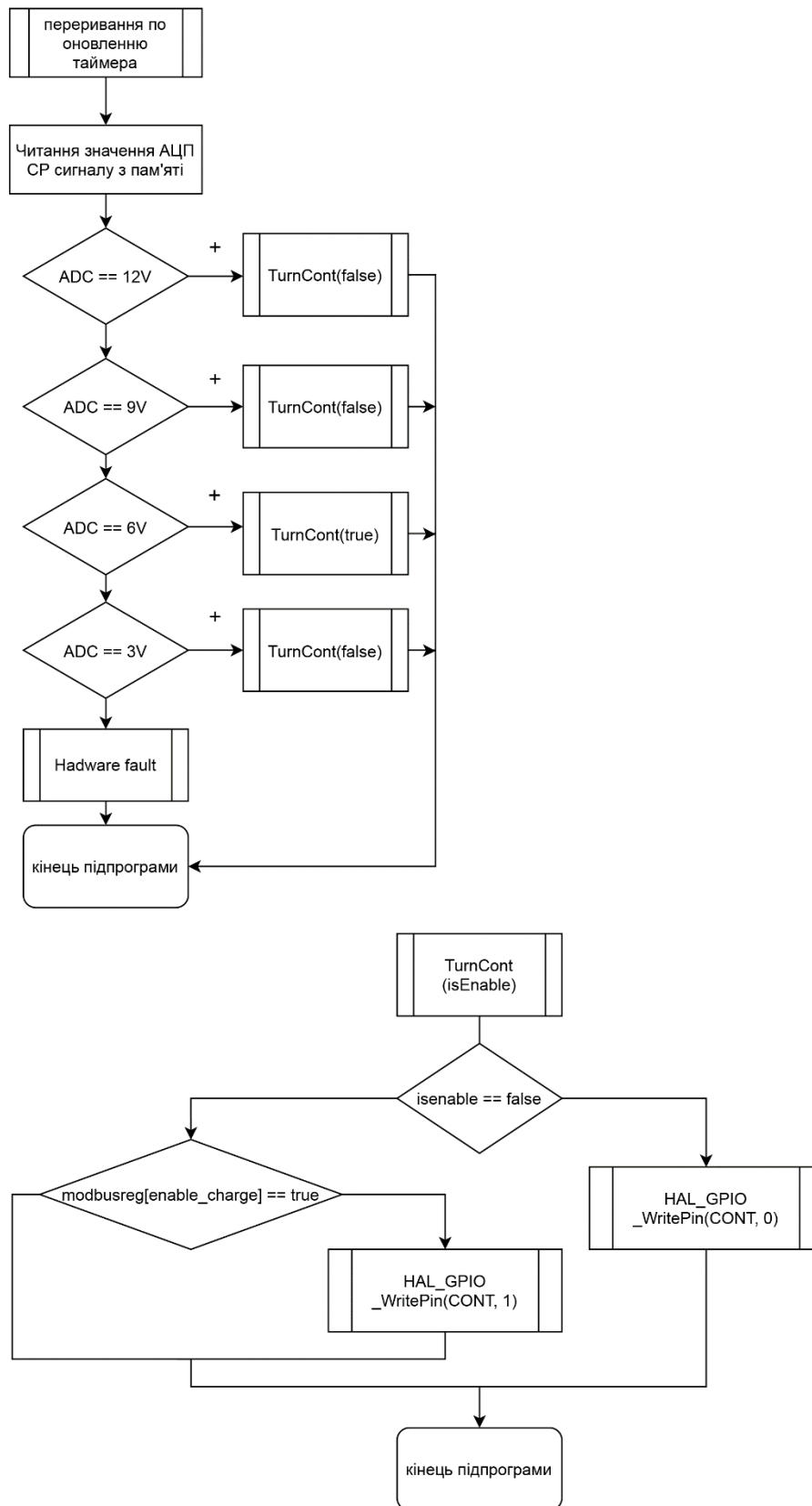


Рисунок Г.2 - Схема алгоритму модуля «Port»

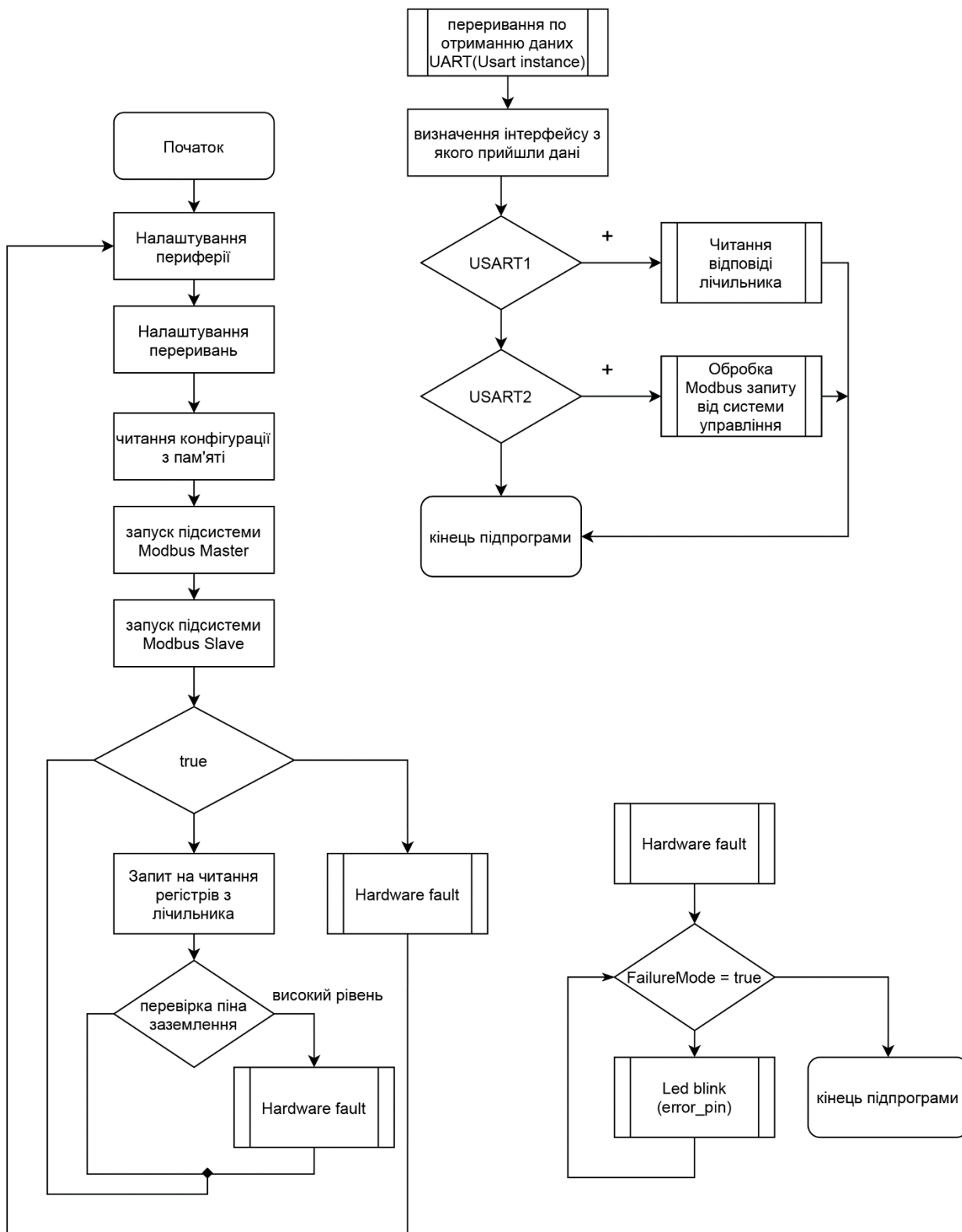


Рисунок Г.3 - Схема алгоритму модуля «Port»

## ДОДАТОК Д

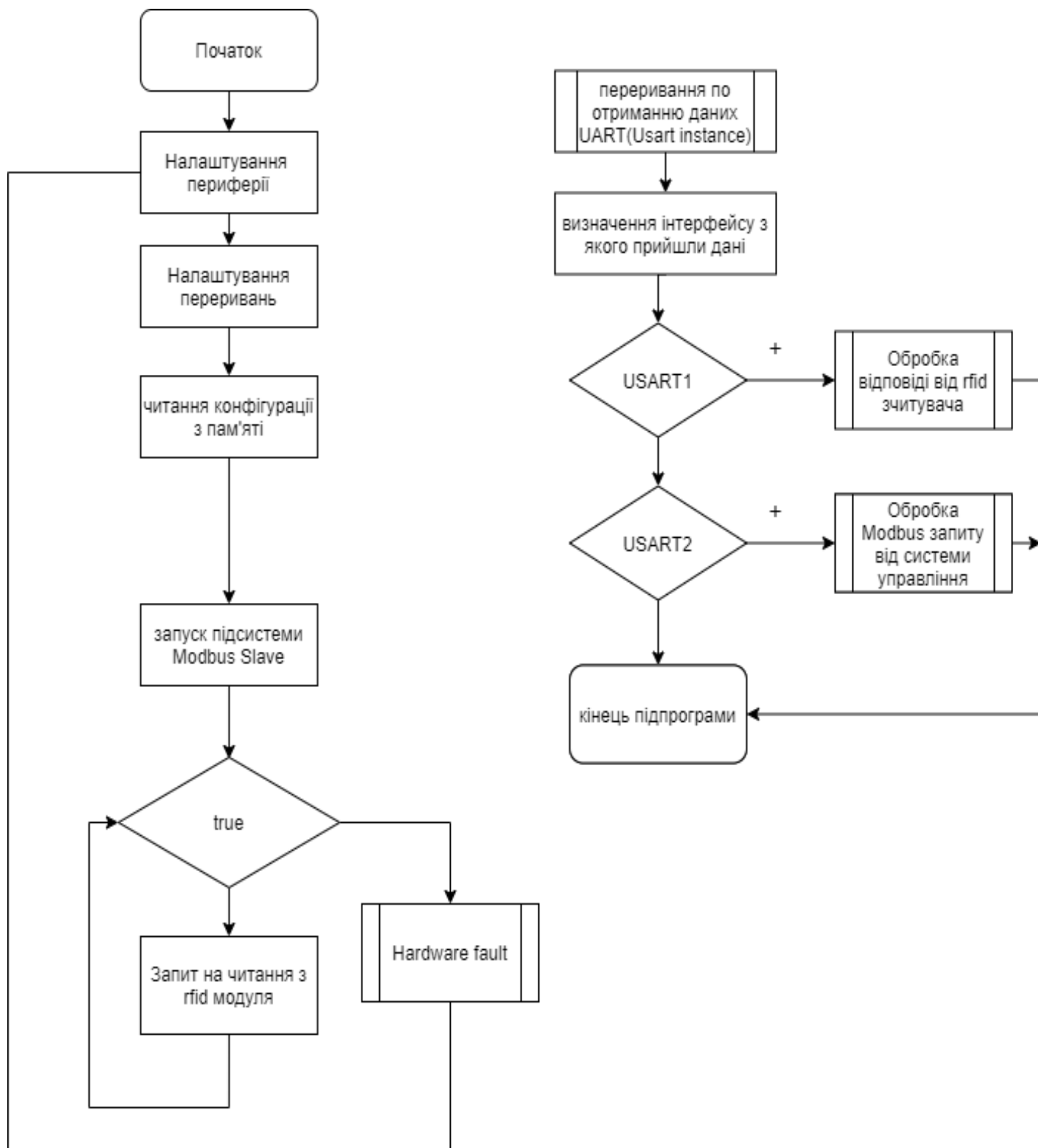


Рисунок Д.1 - Схема алгоритму модуля «Port»