

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Управління енергетичними процесами»

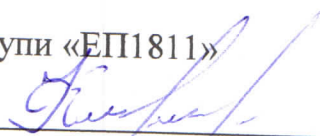
Кафедра «Електротехніка та електромеханіка»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра

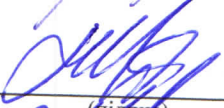
на тему: «Розробка системи діагностування та керування зарядом електромобіля на базі мікроконтролера ESP32»
за освітньою програмою: «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»
зі спеціальності: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав: студент групи «ЕП1811»

Керівник:

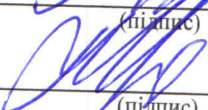

(підпис студента)

/Ярослав КОВАЛЬОВ/
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)


(підпис)

/Зав. кафедрою Андрій
МУХА/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:


(підпис)

/доц. Оксана КАРЗОВА/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

(назва розділу)

(підпис)

//
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

//
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

//
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

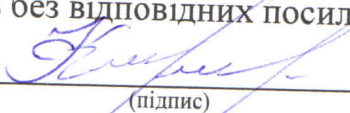
(назва розділу)

(підпис)

//
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2022 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty «Energy Process Control»

Department «Electrical engineering and electromechanics»

Explanatory Note
to Bachelor's Thesis

on the topic: «Development of an electric vehicle charge diagnostics and management system based on the ESP32 microcontroller»
according to educational curriculum «Electromechanical automation systems and electric drive»

in the Speciality: «141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics»

Done by the student of the group ЕП1811: /Yaroslav KOVALOV/

Scientific Supervisor:

 /Andrii MUKHA/

Normative controller:

 /Oksana KARZOVA/

Supervisors

_____ (Chapter title heading)	// _____ (position, name, surname)
_____ (Chapter title heading)	// _____ (position, name, surname)
_____ (Chapter title heading)	// _____ (position, name, surname)
_____ (Chapter title heading)	// _____ (position, name, surname)

Dnipro – 2022

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Факультет «Управління енергетичними процесами»

Кафедра: «Електротехніка та електромеханіка»

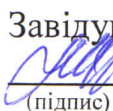
Рівень вищої освіти: бакалавр

Освітня програма: «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

Спеціальність: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕТЕМ

 /Андрій МУХА/
(підпис)

Дата 06.06.2022

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студенту Ковальов Ярослав Ігорович

1. Тема роботи: «Розробка системи діагностування та керування зарядом електромобіля на базі мікроконтролера ESP32»

Керівник роботи: Муха Андрій Миколайович, Завідуючий кафедрою
затверджені наказом № 725 ст від 29.10.2021

2. Строк подання студентом роботи: 06.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: проведено розрахунок режиму роботи зарядного пристрою.

4.2 Основна частина: розроблена схема та конструкція зарядного пристрою.

4.3 Охорона праці та захист навколишнього середовища: інструкції з охорони для акумуляторника.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1) розробка принципової схеми блока живлення;

2) розробка принципової схеми підключення мікроконтролера;

3) підключення мікроконтролера;

4) розробка 3D конструкції.

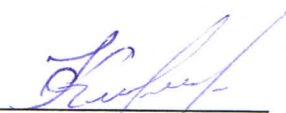
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	14.03.2022	5%
2	Опис мікроконтролера ESP32	28.03.2022	10%
3	Режим роботи зарядного пристрою електромобіля	10.04.2022	20%
4	Розробка принципової схеми	21.04.2022	25%
5	Розробка конструкції	05.05.2022	25%
6	Інструкції з охороні праці для акумуляторника	11.05.2022	10%
7	Висновки	23.05.2022	5%
8	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	30.05.2022	100%
9	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	16.06.2022	

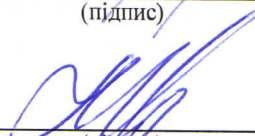
Студент


(підпис)

Ярослав КОВАЛЬОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

Зав. кафедрою Андрій МУХА

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

№ ряд ка	Фор мат	Позначення	Назва	Кіль к. арк.	№ екз.	Прим
1			<u>Документація загальна</u>			
2			Заново розроблена			
3	A4	6.141.180091.ПЗ	Пояснювальна записка	49		
4						
5			Запозичена			
6						
7			<u>Графічна частина</u>			
8			Заново розроблена			
9	A4	6.141.180091.01	Розробка принципової схеми	1		
10			блока живлення			
11	A4	6.141.180091.02	Розробка принципової схеми	1		
12			підключення мікроконтролера			
13	A4	6.141.180091.03	Підключення мікроконтролера	1		
14						
15	A4	6.141.180091.04	Розробка 3D конструкції	1		
16						
17			Запозичена			
18						
19			<u>Електронна частина</u>			
20						
21						
22						
23						
24						

					6.141.180091.ВР		
Зм..	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Відомість кваліфікаційної роботи		
Розробив		Ковальов Я.І.					
Керівник		Муха А.М.					
Консульт							
Н. Контр.		Карзова О.О.					
Зав.кафед		Муха А.М.			МОН України. УДУНТ Кафедра «ЕТЕМ» Група ЕП1811		

РЕФЕРАТ

Дипломна кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Розробка системи діагностування та керування зарядом електромобіля на базі мікроконтролера ESP32» містить: 49 сторінок основного тексту, 7 таблиць, 11 рисунків, 11 літературних джерел, 2 додатки.

Мета роботи – для частішого використання мікроконтролера ESP32 в електромобілі, щоб прискорити перехід з автомобілів внутрішнього згоряння на електромобілі та для популяризації електромобілів серед звичайних людей.

В розділі 1 показаний опис мікроконтролера ESP32, всі його переваги, функціонал, розташування контактів, блок-схема та повна його інтеграція.

Розділі 2 – аналіз роботи зарядного пристрою електромобіля, розрахунок параметрів трансформатора, робочий цикл зарядного пристрою J1772.

В розділі 3 за допомогою середовища EasyEDA була розроблена принципова схема блока живлення, та була створена таблиця підключення мікроконтролера і на основі цієї таблиці розроблена принципова схема підключення мікроконтролера.

В розділі 4 за допомогою програмного забезпечення SolidWorks2014, була спроектована 3D модель корпусу, для компактного розміщення друкованої плати в середині корпусу.

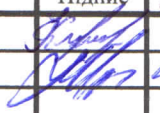
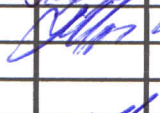
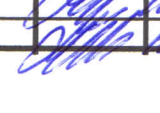
Розділ 5 – розглянуті вимоги безпеки перед початком та під час виконання роботи.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МІКРОКОНТРОЛЕР, ПРИНЦИПОВА СХЕМА, МОДЕЛЬ, ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ, КОРПУС, БЛОК ЖИВЛЕННЯ, БЛОК-СХЕМА, ПІДКЛЮЧЕННЯ, РОБОЧИЙ ЦИКЛ, ТРАНСФОРМАТОР, ДРУКОВАНА ПЛАТА.

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 ОПИС МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32	11
1.1 Огляд мікроконтролера ESP32	12
1.1.1 Ультра-низька потужність	13
1.1.2 Повна інтеграція.....	13
1.2 Функціонал ESP32.....	13
1.3 Блок-схема мікроконтролера ESP32.....	15
1.4 Розташування контактів мікроконтролера ESP32	16
1.5 Опис контактів.....	18
1.6 Процесор	20
1.7 Внутрішня пам'ять	20
1.8 Інтерфейс введення/виведення загального призначення (GPIO).....	21
1.9 Аналого-цифровий перетворювач	21
1.10 Характеристики постійного струму (3,3 В, 25°C)	23
РОЗДІЛ 2 РЕЖИМ РОБОТИ ЗАРЯДЯНОГО	
ПРИСТРОЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ	24
2.1 Опис системи	24
2.2 Вхідна об'ємна ємність і мінімальна об'ємна напруга.....	27
2.3 Коефіцієнт повтору трансформатора	28

					Пояснювальна записка					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи діагностування та керування зарядом електромобіля на базі мікроконтролера ESP32		Літ.	Маса	Масштаб	
Розроб.		Ковальов Я.І.							1	1 : 1
Перевір.		Муха А.М.								
Т. Контр.							Арк.	7	Аркушів	56
Реценз.										
Н. Контр.		Карзова О.О.			6.141.180091.ПЗ		МОН України. УДУНТ Кафедра ЕТЕМ, група ЕП1811			
Затверд.		Муха А.М.								

2.4 Розрахунок параметрів трансформатора.....	31
2.5 Регулювання напруги в розімкнутому контурі.....	32
2.6 Елементи зворотного зв'язку.....	34
2.7 Інтерфейс пілотного сигналу керування.....	34
2.8 Робочий цикл J1772.....	34
2.9 Реле привід і виявлення засувки.....	36
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ.....	38
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ.....	41
РОЗДІЛ 5 ІНСТРУКЦІЯ С ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ АКАМУЛЯТОРНИКА	44
5.1 Загальні положення.....	44
5.2 Вимоги безпеки перед початком роботи.....	45
5.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи.....	46
ВИСНОВКИ	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	48
СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБОТ	50
ДОДАТОК А	51
ДОДАТОК Б	52

ВСТУП

У сучасному світі все більше з'являється електромобілів та вони набирають популярності, тому що ці автомобілі менше шкодять екології нашої планети та є більш економічні ніж автомобілі внутрішнього згорання.

На сьогодні є така проблема, що через великі викиди автомобілем шкідливих речовин у нашу атмосферу, вчені шукають вирішення цієї екологічної проблеми.

Одне з таких рішень є перехід з автомобіля внутрішнього згорання на електромобілі, бо це покращить положення нашої екології, тому що використання природних джерел енергії, значно поліпшить стан екології і зменшить вплив на навколишній світ.

Порівнюючи електромобіль з авто який має двигун внутрішнього згорання, то перший варіант є більш екологічним. Якщо розглянути детально, то можна побачити, що електромобілі використовують електроенергію замість палива, отже, вони не викидають вуглекислий газ у навколишнє середовище. Незважаючи на всі переваги у електромобіля є деякі недоліки, такі як: у секторі енергетики вони можуть спричинити викиді парникових газів та виробництво нових авто неможливо без шкідливого впливу на довкілля [1].

Національна транспортна стратегія, що була прийнята в травні 2018 році, визначила, що до 2023 року повинна збільшитися популяція електротранспорту у середини країни на 75% та збільшиться використання електротранспорту та автомобілів [1].

Більше того, можна встановити зарядний пристрій для електрокару на власному подвір'ї та назавжди забути про черги на заправці [1].

Ще одною перевагою електромобіля є економія коштів при заряджанні. Якщо порівнювати з авто на бензині, то витрати за рік будуть менше у 10 разів [1].

Розроблено два законопроекти щодо переходу на «зелений» транспорт.

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міністерство інфраструктури України виклало своє бачення переходу країни на «електричні рейки» у двох законопроектах: «Про внесення змін до Закону України «Про автомобільний транспорт» щодо стимулювання використання транспортних засобів, оснащених електричними двигунами» та «Про внесення змін до Закону України «Про деякі питання ввезення на митну територію України та проведення першої державної реєстрації транспортних засобів» [2].

Перший визначає «забезпечення розвитку електромобілів та інфраструктури зарядних станцій для електромобілів» пріоритетом формування державної політики у сфері автомобільного транспорту та передбачає стимули та зобов'язання щодо переходу громадського транспорту на електробуси [2].

Другий законопроект направлений на зупинення потоку вживаних дизельних та бензинових автомобілів із Європейського Союзу, після прийняття заборони на їх використання на території Європи. Зокрема, у Норвегії такі автомобілі будуть під заборною з 2025 року, у Нідерландах, Швеції, Ірландії, Ісландії, Данії та Словенії – з 2030 року, у Шотландії – з 2032 року, у Великій Британії – з 2035 року, а в Іспанії, Португалії та Франції – з 2040 року. Ці країни вже внесли відповідні норми у своє законодавство [2].

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ОПИС МІКРОКОНТРОЛЕРА ESP32

1.1 Огляд мікроконтролера ESP32

ESP32 — це єдиний комбінований чіп Wi-Fi-i-Bluetooth 2.4 ГГц, розроблений за допомогою ультра-низького енергоспоживання TSMC 40 нм. технології. Він розроблений для досягнення найкращої потужності та радіочастотних характеристик, демонструючи надійність, універсальність і надійність у широкому спектрі застосувань і сценаріїв живлення. Серія чіпів ESP32 включає ESP32-D0WD-V3, ESP32-D0WDR2-V3, ESP32-U4WDH, ESP32-S0WD, ESP32-D0WDQ6-V3 (NRND), ESP32-D0WD (NRND) і ESP32D0WDQ6 (NRND), серед яких, ESP32-D0WD-V3, ESP32-D0WDR2-V3, ESP32U4WDH і ESP32D0WDQ6-V3 (NRND) засновані на ECO V3 вафель [4].

Особливості ESP32 включають в себе наступне:

- процесори:
 - 1) xtensa двоядерний (або одноядерної) 32-розрядний LX6 мікропроцесор, що працює на 160 або 240 МГц і виконує до 600 DMIPS;
 - 2) ультра низька потужність (ОТП) співпроцесор.
- Пам'ять: 520 Кб пам'яті SRAM.
- Бездротовий зв'язок:
 - 1) Wi-Fi: 802.11 b/g/N;
 - 2) Bluetooth: B4.2 BR/EDR і BLE.
- Периферійні інтерфейси:
 - 1) 12-розрядний АЦП до 18 каналів;
 - 2) 310×сенсорних датчиків (ємнісних датчиків і контролерів);
 - 3) датчик температури;
 - 4) 4×СВО;
 - 5) 2×2 для інтерфейсів;

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 6) 2×3 I2C інтерфейси;
- 7) 3×UART з;
- 8) SD/SDIO/CE-ATA/MMC/eMMC хост-контролер;
- 9) SDIO/SPI підпорядкований контролер;
- 10) Ethernet Mac інтерфейс з виділеними DMA і стандарти IEEE 1588 точного часу за протоколом підтримки;
- 11) CAN bus 2.0;
- 12) інфрачервоний пульт дистанційного управління (передавач/приймач, до 8 каналів);
- 13) можливість підключення двигунів та світлодіодів через ШІМ-вихід;
- 14) ультра низька потужність аналоговий передпідсилювач.

Безпека:

- 1) стандарт IEEE 802.11 підтримує всі функції безпеки, у тому числі АБФ, захист WPA/WPA2 і WAPI;
- 2) безпечне завантаження;
- 3) шифрування флеш;
- 4) 1024-бітний ключ, до 768 біт для клієнтів;
- 5) криптографічне апаратне прискорення: AES, SHA-2, RSA, криптографії на основі еліптичних кривих (ECC), генератор випадкових чисел (ГВЧ).

– Управління живленням:

- 1) внутрішній низький регулятор відключення;
- 2) індивідуальний енергетичний домен для RTC;
- 3) 5 мкА струм режиму «глибокий сон»;
- 4) прокидання з переривання від GPIO, таймера, вимірювання АЦП, переривання ємнісного сенсорного датчика [3].

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.1 Ультразвукова потужність

ESP32 призначений для мобільних пристроїв, носіїв електроніки і додатків Інтернет речей (IoT). Він має усі сучасні характеристики чіпів з низьким енергоспоживанням, включаючи дрібнозернисте регулювання тактової частоти, декілька режимів живлення і динамічне масштабування потужності. Наприклад, в сценарії застосування концентратора датчиків IoT з низьким енергоспоживанням ESP32 періодично вмикається тільки при виявленні певного стану. Низький робочий цикл використовується для мінімізації кількості енергії, що витрачається чіпом. Вихід підсилювача потужності також регулюється, сприяючи тим самим оптимальному компромісу між дальністю зв'язку, швидкістю передачі даних і споживаною потужністю [4].

1.1.2 Повна інтеграція

ESP32 – це високо-інтегроване рішення для додатків Wi-Fi та Bluetooth IoT, яке містить близько 20 зовнішніх компонентів. ESP32 інтегрує антенний перемикач, РЧ-балун, підсилювач потужності, малошумний підсилювач прийому, фільтри, і модулі керування живленням. Таким чином, все рішення займає мінімальну площу друкованої плати [4].

ESP32 використовує CMOS для однокристальної повністю інтегрованої радіостанції та основної смуги, а також інтегрує передові калібрувальні схеми, які дозволяють усунути недоліки зовнішньої схеми або налаштувати на зміни зовнішніх умов. Таким чином, масове виробництво рішень ESP32 не вимагає дорогого і спеціалізованого обладнання для тестування Wi-Fi [4].

1.2 Функціонал ESP32

– Домашня автоматизація:

- 1) управління світлом;
- 2) розумні розетки;
- 3) розумні дверні замки.

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Розумна будівля:
 - 1) розумне освітлення;
 - 2) енергетичний моніторинг.
- Промислова автоматизація:
 - 1) промислове бездротове керування;
 - 2) промислова робототехніка.
- Розумне сільське господарство:
 - 1) розумні теплиці;
 - 2) розумне зрошення;
 - 3) сільськогосподарська робототехніка.
- Аудіо програми:
 - 1) інтернет-програвачі музики;
 - 2) пристрої для прямої трансляції;
 - 3) інтернет-радіоплеєри;
 - 4) аудіогарнітури.
- Програми охорони здоров'я:
 - 1) моніторинг здоров'я;
 - 2) радіо-няні.
- Іграшки з підтримкою Wi-Fi:
 - 1) іграшки з дистанційним керуванням;
 - 2) іграшки з датчиком наближення;
 - 3) розвиваючі іграшки.
- Носимі гаджети:
 - 1) розумні годинники;
 - 2) розумні браслети [4].

1.3 Блок-схема мікроконтролера ESP32

На рис. 1.1 показана блок-схема мікроконтролера [4].

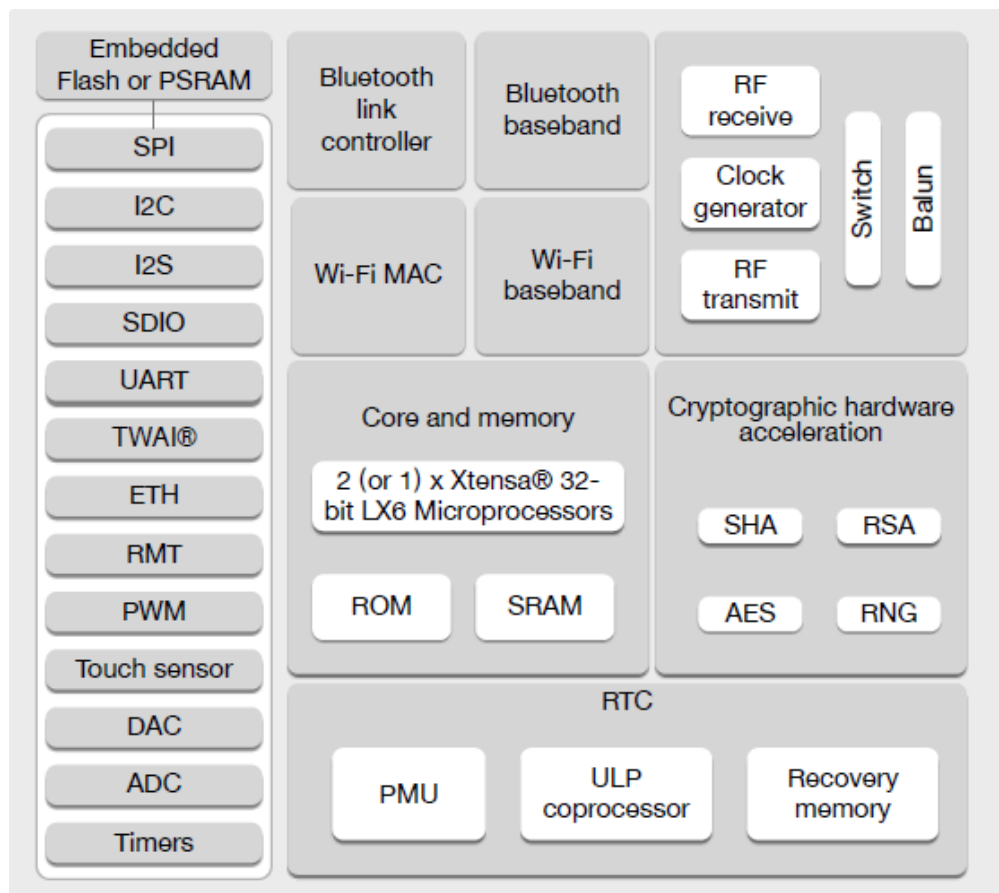


Рис. 1.1 – Блок-схема ESP32

1.4 Розташування контактів мікроконтролера ESP32

На рис. 1.2 показано як розташовані контакти мікроконтролера ESP32 з розмірами 6×6 [4].

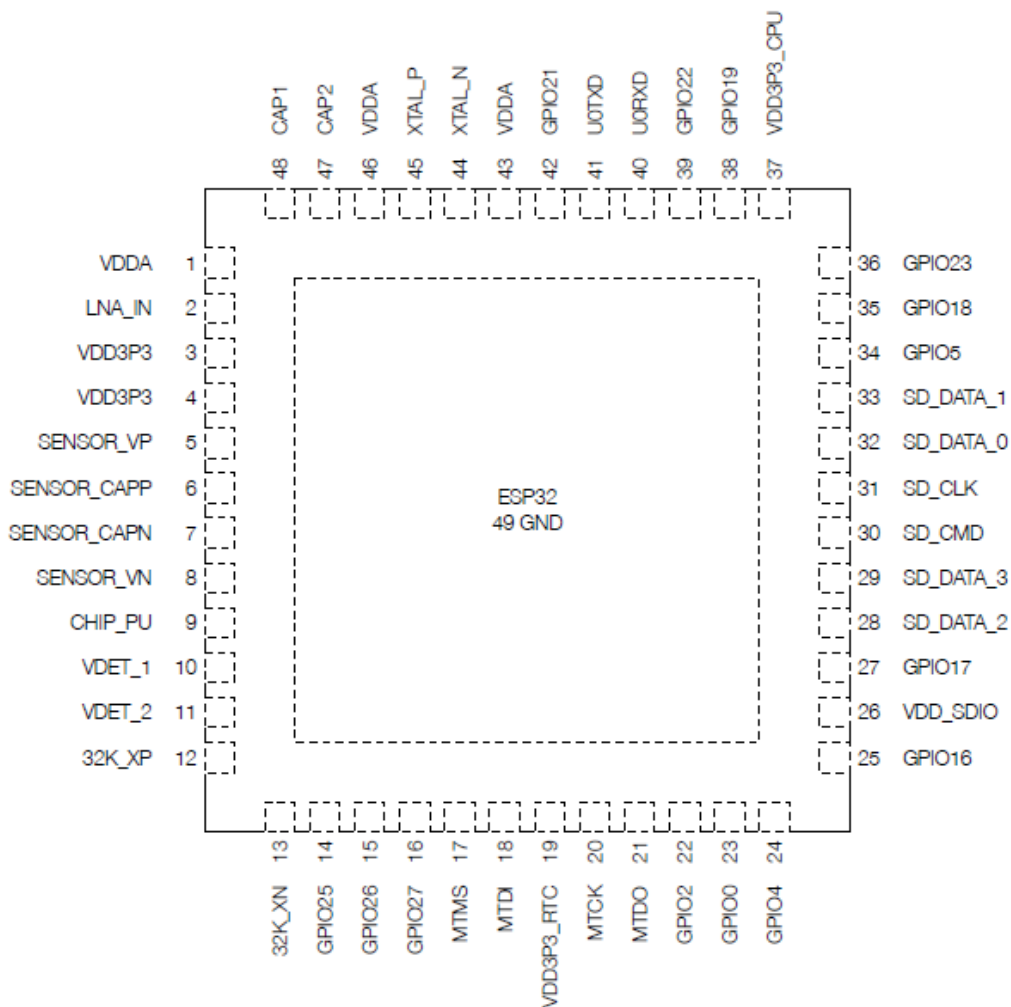


Рис. 1.2 – Розташування контактів ESP32 (QFN 6×6, вид зверху)

На рис. 1.3 показано як розташовані контакти мікроконтролера ESP32 з розмірами 5×5 [4].

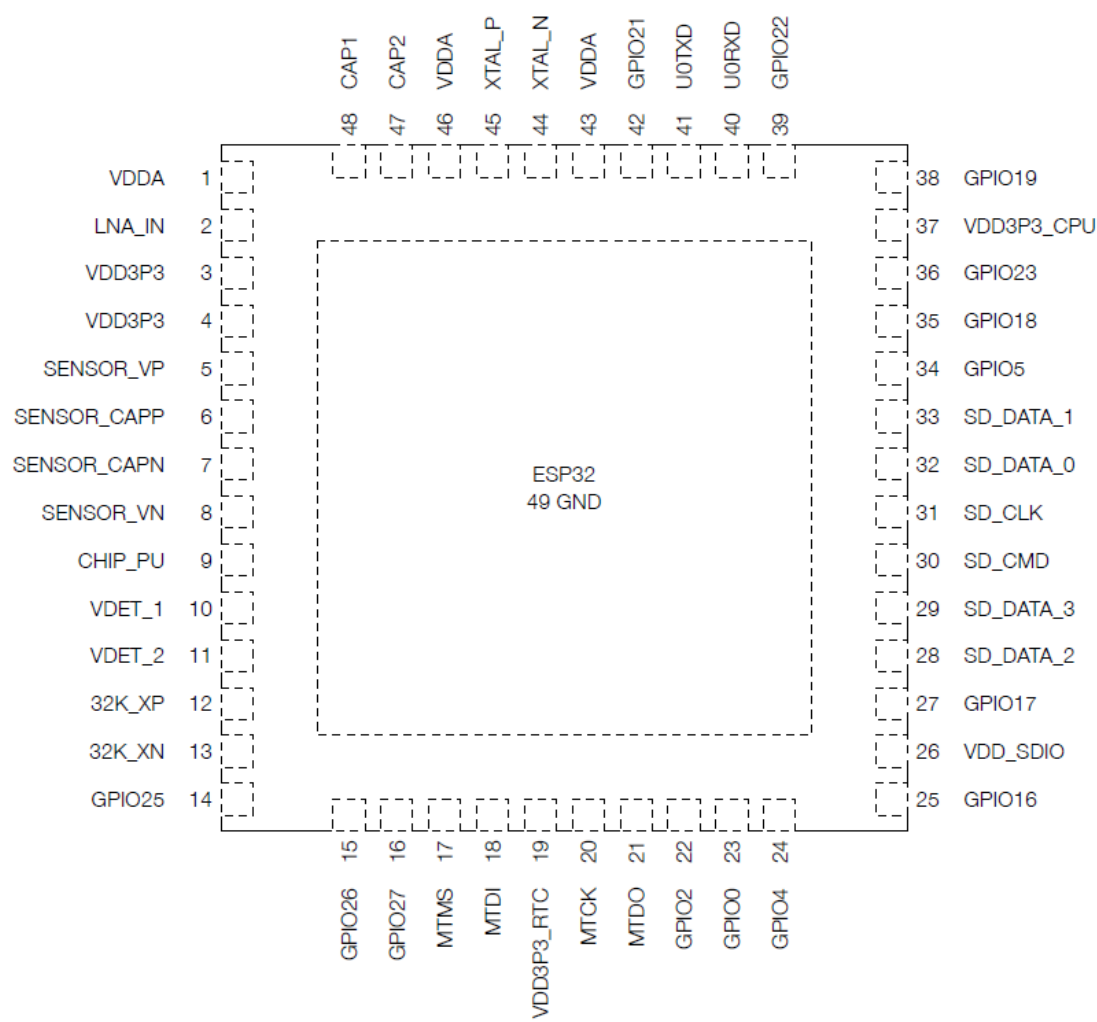


Рис. 1.3 – Розташування контактів ESP32 (QFN 5×5, вид зверху)

1.5 Опис контактів

У табл. 1.1 наведені характеристики контактів ESP32 [4].

Таблиця 1.1 – Опис контактів мікроконтролера ESP32

Назва	№	Тип	Функції
Аналоговий			
VDDA	1	P	Аналоговий блок живлення (2.3 V ~ 3.6 V)
LNA_IN	2	I/O	Радіочастотний модулятор введення та виведення
VDD3P3	3	P	Аналоговий блок живлення (2.3 V ~ 3.6 V)
VDD3P3	4	P	Аналоговий блок живлення (2.3 V ~ 3.6 V)
VDD3P3_RTC			
SENSOR_VP	5	I	GPIO36, ADC1_CH0, RTC_GPIO0
SENSOR_CAPP	6	I	GPIO37, ADC1_CH1, RTC_GPIO1
SENSOR_CAPN	7	I	GPIO38, ADC1_CH2, RTC_GPIO2
SENSOR_VN	8	I	GPIO39, ADC1_CH3, RTC_GPIO3
CHIP_PU	9	I	Високий: увімкнено; вмикає чіп Низький: вимкнено; чіп вимикається Примітка: не залишайте пін CHIP_PU плаваючим.
VDET_1	10	I	GPIO34, ADC1_CH6, RTC_GPIO4
VDET_2	11	I	GPIO35, ADC1_CH7, RTC_GPIO5
32K_XP	12	I/O	GPIO32, ADC1_CH4, RTC_GPIO9, TOUCH9, 32K_XP (32.768 кГц вхід кварцевого генератора)
32K_XN	13	I/O	GPIO33, ADC1_CH5, RTC_GPIO8, TOUCH8, 32K_XN (32.768 кГц вихід кварцевого генератора)
GPIO25	14	I/O	GPIO25, ADC2_CH8, RTC_GPIO6, DAC_1, EMAC_RXD0
GPIO26	15	I/O	GPIO26, ADC2_CH9, RTC_GPIO7, DAC_2, EMAC_RXD1
GPIO27	16	I/O	GPIO27, ADC2_CH7, RTC_GPIO17, TOUCH7, EMAC_RX_DV
MTMS	17	I/O	GPIO14, ADC2_CH6, RTC_GPIO16, TOUCH6, EMAC_TXD2, HSPICLK, HS2_CLK, SD_CLK, MTMS
MTDI	18	I/O	GPIO12, ADC2_CH5, RTC_GPIO15, TOUCH5, EMAC_TXD3, HSPIQ, HS2_DATA2, SD_DATA2, MTDI
VDD3P3_RTC	19	P	Вхідний блок живлення для RTC IO (2,3 В ~ 3,6 В)
MTCK	20	I/O	GPIO13, ADC2_CH4, RTC_GPIO14, TOUCH4, EMAC_RX_ER, HSPID, HS2_DATA3, SD_DATA3, MTCK
MTDO	21	I/O	GPIO15, ADC2_CH3, RTC_GPIO13, TOUCH3, EMAC_RXD3, HSPICS0, HS2_CMD, SD_CMD, MTDO
GPIO2	22	I/O	GPIO2, ADC2_CH2, RTC_GPIO12, TOUCH2, HSPIWP, HS2_DATA0, SD_DATA0
GPIO0	23	I/O	GPIO0, ADC2_CH1, RTC_GPIO11, TOUCH1, EMAC_TX_CLK, CLK_OUT1

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовж. табл. 1.1

Назва	№	Тип	Функції
GPIO4	24	I/O	GPIO4, ADC2_CH0, RTC_GPIO10, TOUCH0, EMAC_TX_ER, HSPiHD, HS2_DATA1, SD_DATA1
VDD_SDIO			
GPIO16	25	I/O	GPIO16, HS1_DATA4, U2RXD, EMAC_CLK_OUT
VDD_SDIO	26	P	Вихідне джерело живлення: 1,8 В або така ж напруга, як VDD3P3_RTC
GPIO17	27	I/O	GPIO17, HS1_DATA5, U2TXD, EMAC_CLK_OUT_180
SD_DATA_2	28	I/O	GPIO9, HS1_DATA2, U1RXD, SD_DATA2, SPiHD
SD_DATA_3	29	I/O	GPIO10, HS1_DATA3, U1TXD, SD_DATA3, SPiWP
SD_CMD	30	I/O	GPIO11, HS1_CMD, U1RTS, SD_CMD, SPiCS0
SD_CLK	31	I/O	GPIO6, HS1_CLK, U1CTS, SD_CLK, SPiCLK
SD_DATA_0	32	I/O	GPIO7, HS1_DATA0, U2RTS, SD_DATA0, SPiQ
SD_DATA_1	33	I/O	GPIO8, HS1_DATA1, U2CTS, SD_DATA1, SPiD
VDD3P3_CPU			
GPIO5	34	I/O	GPIO5, HS1_DATA6, VSPiCS0, EMAC_RX_CLK
GPIO18	35	I/O	GPIO18, HS1_DATA7, VSPiCLK
GPIO23	36	I/O	GPIO23, HS1_STROBE, VSPiD
VDD3P3_CPU	37	P	Вхідне джерело живлення для CPU IO (1,8 В ~ 3,6 В)
GPIO19	38	I/O	GPIO19, U0CTS, VSPIQ, EMAC_TXD0
GPIO22	39	I/O	GPIO22, U0RTS, VSPIWP, EMAC_TXD1
U0RXD	40	I/O	GPIO3, U0RXD, CLK_OUT2
U0TXD	41	I/O	GPIO1, U0TXD, CLK_OUT3, EMAC_RXD2
GPIO21	42	I/O	GPIO21, VSPiHD, EMAC_TX_EN
Аналоговий			
VDDA	43	P	Аналоговий блок живлення (2,3 В ~ 3,6 В)
XTAL_N	44	O	Зовнішній кристалічний вихід
XTAL_P	45	I	Зовнішній кристалічний вхід
VDDA	46	P	Аналоговий блок живлення (2,3 В ~ 3,6 В)
CAP2	47	I	Підключається до конденсатора 3,3 нФ (10%) і резистора 20 кОм паралельно до CAP1
CAP1	48	I	Підключається до конденсатора серії 10 нФ до землі
GND	49	P	Земля

1.6 Процесор

ESP32 містить один або два малопотужних 32-розрядних мікропроцесора Xtensa® LX6 з такими функціями:

- 7-ступінчастий конвеєр для підтримки тактової частоти до 240 МГц (160 МГц для ESP32-S0WD);
- 16/24-розрядний набір інструкцій забезпечує високу щільність коду;
- підтримка модуля з плаваючою комою;
- підтримка інструкцій DSP, таких як 32-розрядний множник, 32-бітовий дільник і 40-бітовий MAC;
- підтримка 32 векторів переривань приблизно з 70 джерел переривань [4].

Інтерфейси з одним/двома процесорами включають:

- інтерфейс RAM/ROM Xtensa для інструкцій та даних;
- інтерфейс локальної пам'яті Xtensa для швидкого доступу до периферійних реєстрів;
- зовнішні та внутрішні джерела переривань;
- JTAG для налагодження [4].

1.7 Внутрішня пам'ять

Внутрішня пам'ять ESP32 включає:

- 448 кб постійного запам'ятовуючий пристрій для завантаження та основних функцій;
- 520 кб вбудованої SRAM (static random access memory) для даних та інструкцій;
- 8 кб SRAM в RTC, який називається RTC FAST Memory і може використовуватися для зберігання даних; доступ до нього здійснюється основним центральним процесором під час завантаження RTC з режиму глибокого сну;
- 8 кб SRAM в RTC, яка називається RTC SLOW Memory і може бути доступна через співпроцесор ULP в режимі глибокого сну;

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 1 кб eFuse: 256 біт використовуються для системи (MAC-адреса та конфігурація мікросхеми)
768 біт зарезервовано для програм клієнтів, включаючи флеш-шифрування та ідентифікатор мікросхеми;
- вбудований спалах або PSRAM [4].

1.8 Інтерфейс введення/виведення загального призначення (GPIO)

ESP32 має 34 контакти GPIO, яким можна призначати різні функції шляхом програмування відповідних регістрів. Існує кілька типів GPIO: цифровий, аналоговий, ємнісний, сенсорний тощо. GPIO та GPIO з підтримкою ємнісного дотику можна налаштувати як цифрові GPIO [4].

Більшість цифрових GPIO можна налаштувати як внутрішній піднімає або спадає, або налаштувати на високий імпеданс. Коли контакт налаштований як вхід, вхідне значення може бути прочитано через регістр. Вхід також можна встановити на тригер по фронту або тригер рівня для створення переривань ЦП. Більшість цифрових контактів ІО є двонаправленими, неінвертованими та тристаними, включаючи вхідні та вихідні буфери з тристатним керуванням [4].

1.9 Аналого-цифровий перетворювач

ESP32 інтегрує 12-розрядні АЦП SAR і підтримує вимірювання на 18 каналах (аналогові контакти). ULP співпроцесор в ESP32 також призначений для вимірювання напруги, працюючи в сплячому режимі, що дозволяє низьке енергоспоживання. ЦП можна розбудити за допомогою порогового значення та/або за допомогою інших тригерів. При відповідних налаштуваннях АЦП можна налаштувати на вимірювання напруги максимум на 18 контактах [4].

Табл. 1.2 описує характеристики АЦП [4].

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Характеристики АЦП

Параметр	Параметр	Мін.	Макс.	Одиниця
DNL (диференціальна нелінійність)	RTC контролер; АЦП підключений до зовнішній конденсатор 100 нФ; вхід сигналу постійного струму;	-7	7	LSB
INL (Інтегральна нелінійність)	температура навколишнього середовища 25 °C; Wi-Fi&Bluetooth вимкнено	-12	12	LSB
Частота дискретизації	RTC контролер	–	200	ksps
	DIG контролер	–	2	Msp

За замовчуванням існує $\pm 6\%$ різниці в результатах вимірювань між мікросхемами. ESP-IDF забезпечує пару калібрувальних методів для АЦП 1. Результати після калібрування за допомогою значення eFuse Vref наведені в табл. 1.3. Для більшої точності, користувачі можуть застосувати інші методи калібрування, надані в ESP-IDF, або застосувати власні [4].

Табл. 1.3 – Результати калібрування АЦП [4].

Параметр	Параметр	Мін.	Макс.	Одиниця
Загальна помилка	Atten = 0, ефективний діапазон вимірювання 100 ~ 950 мВ	-23	23	мВ
	Atten = 1, ефективний діапазон вимірювання 100 ~ 1250 мВ	-30	30	мВ
	Atten = 2, ефективний діапазон вимірювання 150 ~ 1750 мВ	-40	40	мВ
	Atten = 3, ефективний діапазон вимірювання 150 ~ 2450 мВ	-60	60	мВ

1.10 Характеристики постійного струму (3,3 В, 25 °С)

У табл. 1.4. наведені характеристики постійного струму [4].

Таблиця 1.4 – Характеристики постійного струму (3,3 В; 25 °С)

Символ	Параметр		Мін.	Тип	Макс.	Одиниця
C_{IN}	Ємність контакту		–	2	–	пФ
V_{IH}	Вхідна напруга високого рівня		$0,75 \times VDD$	–		В
V_{IL}	Вхідна напруга низького рівня		-0,3	–		В
I_{IH}	Вхідний струм високого рівня		–	–		нА
I_{IN}	Вхідний струм низького рівня		–	–		нА
V_{OH}	Вихідна напруга високого рівня		$0,8 \times VDD$	–	–	В
V_{ON}	Вихідна напруга низького рівня		–	–		В
I_{OH}	Високий рівень джерела струму ($VDD1 = 3,3$ В, $V_{OH} \geq 2,64$ В, набір потужності вихідного приводу по максимуму)	VDD3P3_CPU силового домену	–	40	–	мА
		VDD3P3_RTC силового домену	–	40	–	мА
		VDD_SDIO силового домену	–	20	–	мА
I_{OL}	Низький рівень поглинаючого струму ($VDD1 = 3,3$ В, $V_{OL} = 0,495$ В, потужність вихідного приводу встановлена на максимум)		–	28	–	мА
R_{PU}	Опір внутрішнього підтягуючого резистора		–	45	–	кОм
R_{PD}	Опір внутрішнього опірною резистора		–	45	–	кОм
V_{IL_nRST}	Вхідна напруга низького рівня CHIP_PU щоб вимкнути мікросхему		–	–		В

РОЗДІЛ 2

РЕЖИМИ РОБОТИ ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Обладнання для обслуговування електромобілів (EVSE) полегшує безпечну доставку електроенергії до електромобілів з мережі. Система керування EVSE складається з допоміжного силового каскаду, позабортового каскаду високої потужності AC/DC (тільки в зарядних станціях постійного струму), блоку вимірювання енергії, детектора залишкового струму змінного та постійного струму, блоку моніторингу ізоляції, реле та контакторів з приводом. , двосторонній зв'язок по одному проводу, а також сервісні та користувацькі інтерфейси. Цей еталонний дизайн підкреслює наднизький резервний ізольований допоміжний каскад AC/DC, за яким слідує перетворювачі та лінійні стабілізатори, керуючий інтерфейс на основі порівняння, який відповідає стандарту SAE J1772, ефективний реле та контакторний привід та ізольований датчик напруги в мережі на реле. і контактор [5].

2.1 Опис системи

Електричні транспортні засоби (EV), включаючи гібридні електромобілі (PHEV), отримують енергію від електричної мережі за допомогою електромобіля обладнання (EVSE), більш відоме як зарядні пристрої для електромобілів. Щоб полегшити подачу електроенергії до автомобіля, EVSE розташований між стабільною сіткою підключення та транспортного засобу, як показано на рис. 2.1 [5].

Основні функції EVSE включають:

- регульований електричний струм, який гарантує, що оптимальний струм забезпечується в межах максимального струму, який може витримати електрокар;
- виявлення залишкового змінного/постійного струму (RCD);
- реле і контактний привід, і виявлення контактів із замком;

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- автоматичне відключення: при виявленні апаратної несправності, живлення вимикається, щоб уникнути таких ризиків, як пошкодження акумулятора, коротке замикання електрики або пожежа;
- функція безпечного блокування: запобігає протіканню струму, коли зарядний пристрій не підключено до електромобіля [5].

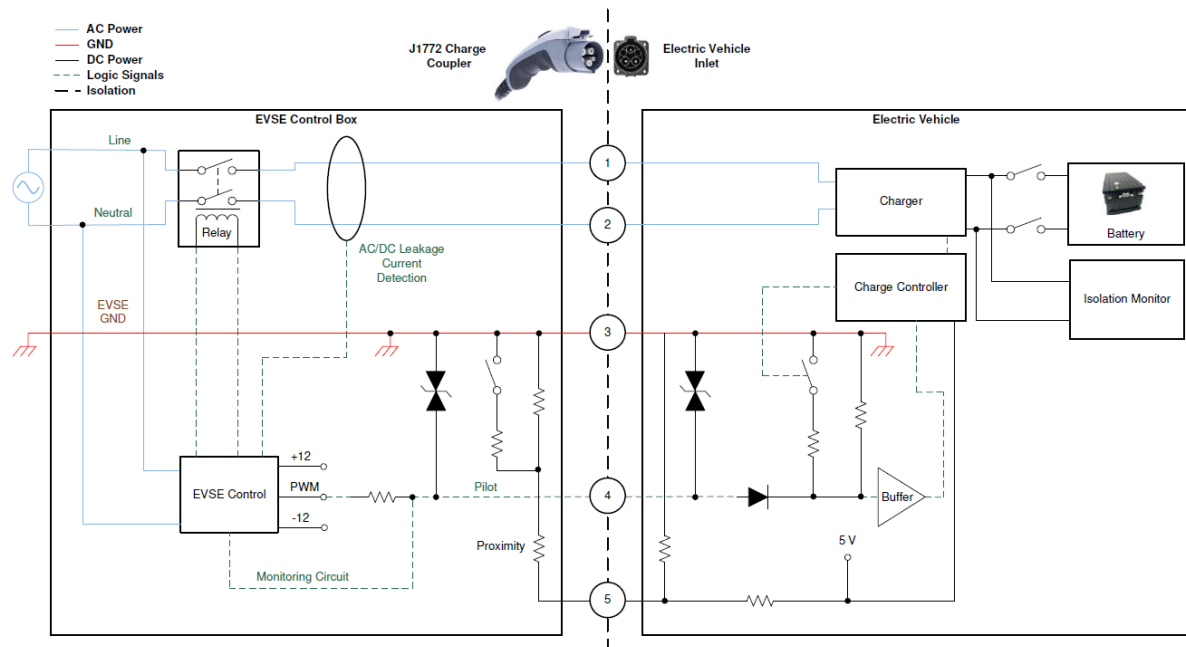


Рис. 2.1 – Конфігурація системи AC рівень 1 і рівень 2

Система керування EVSE в основному складається з допоміжного силового каскаду, позабортового каскаду високої потужності AC/DC (тільки в зарядних станціях постійного струму), вимірювання енергії, виявлення змінного та постійного струму, залишкового струму, блоку моніторингу ізоляції, реле та контактори з приводом, двостороннім зв'язком, сервісними та користувальницькими інтерфейсами. Конструкція EVSE для зарядних станцій для електромобілів може скласти кілька проблем.

Багато виробників електромобілів прийняли стандарт SAE J1772 для електричного підключення до електромобіля. Ті самі специфікації також перекладаються на міжнародні локалізації з різними форм-факторами. Керуючий пілот є основним керуючим провідником і підключений до заземлення обладнання через схему керування на транспортному засобі та виконує такі функції:

- перевіряє наявність автомобіля та його підключення;
- дозволяє включення та знеструмлення джерела живлення;
- передає номінальний струм обладнання живлення на транспортний засіб;
- контролює наявність заземлення обладнання;
- встановлює вимоги до вентиляції автомобіля [5].

Табл. 2.1 показує параметри генератора пілот-схеми керування стандартом SAE J1772 [5].

Таблиця 2.1 – Параметри генератора пілотного сигналу за стандартом SAEJ 1772

Параметр	Мін.	Ном.	Макс.	Одиниця
Висока напруга, обрив кола	11,40	12,00		В
Низька напруга, обрив кола	-11,40	-12,00		В
Частота	–	1000	–	Гц
Ширина імпульсу	–	5	–	мкс
Ширина імпульсу	–	2	–	мкс
Час падіння	–	2	–	мкс
Час встановлення	–	3	–	мкс

Оскільки більшість зарядних пристроїв для електромобілів зазвичай перебувають у режимі очікування протягом приблизно 85% терміну служби продукту, споживачі та підприємства можуть заощадити додаткові гроші, вибравши сертифікований ENERGY STAR EV зарядний пристрій, який в середньому споживає на 40% менше енергії, ніж стандартний зарядний пристрій для електромобілів, коли у зарядному пристрою увімкнено режим очікування (тобто активна зарядка автомобіля) [5].

Ефективний привод реле та контактора, у звичайних випадках, відбувається з метою використання сильноточового реле або контактора, які зазвичай можуть споживати від 10 до 100 міліампер як індуктивне навантаження, що вимагає специфічної архітектури приводу. Через те, що реле або контактор потребує час, щоб залишатися у робочому стані,

ефективне рішення для приводу є кращим, щоб уникнути теплових проблем [5].

З міркувань безпеки визначення вихідної напруги реле та контактора є критичним. Контакти можуть виникнути і злитися разом, забезпечуючи живлення штепсельної вилки, навіть якщо система її не живить. Важлива перевірка того, що операція виконана правильно, і її слід робити щоразу, коли реле розмикається [5].

Цей еталонний дизайн демонструє наднизький резервний ізолюваний допоміжний каскад AC/DC, за яким слідує наднизький IQ, а також оптимізовані за ціною перетворювачі та лінійні стабілізатори, інтерфейс керування на основі компаратора, що відповідає стандарту SAE J1772, ефективне рішення драйвера реле та контактора і цифровий ізолятор на основі лінійної напруги для виявлення плавлення контактів реле та контактора через дугу [5].

2.2 Вхідна об'ємна ємність і мінімальна об'ємна напруга

Мінімальна напруга на вхідній об'ємній ємності необхідна для визначення максимального співвідношення первинних і вторинних витків трансформатора. Вхідна потужність перетворювача на основі цільової ефективності повного навантаження, мінімальної вхідної середньоквадратичної напруги та мінімальної вхідної частоти змінного струму визначають вимоги до вхідної ємності. Максимальна вхідна потужність визначається на основі формули (2.1).

$$P_{IN} = \frac{V_{OCV} \cdot I_{OCC}}{\eta}, \quad (2.1)$$

де V_{OCV} – регульована вихідна напруга перетворювача, В;

I_{OCC} – загальний вихідний показник СС конвертора, А;

η – загальний ККД перетворювача на повній потужності [5].

$$P_{IN} = \frac{13 \cdot 0,5 + |-15| \cdot 0,2 + 7 \cdot 0,3}{0,8} \approx 14,5 \text{ Вт.}$$

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Формула (2.2) надає точне рішення для загальної вхідної ємності на основі цільової мінімальної напруги на конденсаторі. Або, щоб налаштувати задане значення вхідної ємності, треба повторити мінімальну напругу конденсатора, щоб досягти цільового значення ємності [5].

$$C_{BULK} = \frac{2P_{IN} \cdot \left\{ 0,25 + \frac{1}{2\pi} \cdot \arcsin \left(\frac{V_{BULK(desired)}}{\sqrt{2} \cdot V_{IN(min)}} \right) \right\}}{\left(2V_{IN(min)}^2 - V_{BULK(desired)}^2 \right) \cdot f_{LINE(min)}} \approx 28 \text{ мкФ}, \quad (2.2)$$

де $f_{LINE(min)}$ – мінімальна частота лінії, Гц;

$V_{IN(min)}$ – мінімальна вхідна напруга, В.

На вході використано два електролітичних конденсатора ємністю 18 мкФ [5].

2.3 Коефіцієнт повороту трансформатора, первинна індуктивність і первинний піковий струм

Цільова максимальна частота перемикання при повному навантаженні, мінімальна напруга на вхідному конденсаторі та розрахунковий резонансний час DCM визначають максимальне співвідношення первинних і вторинних витків трансформатора. Спочатку визначте максимально доступний загальний робочий цикл часу включення та часу вторинної провідності на основі цільової частоти перемикання (f_{MAX}) і резонансного часу DCM (t_R) [5].

На межі перехідного режиму роботи DCM інтервал, необхідний від кінця провідності вторинного струму до першого шляху напруги V_{DS} , становить половину резонансного періоду DCM (t_R) або 1 мкс, припускаючи резонансну частоту DCM 500 кГц.

Максимально допустимий MOSFET D_{MAX} часу включення визначається за допомогою (2.3) [5].

$$D_{MAX} = 1 - D_{MAGCC} - \left(\frac{t_R}{2} \cdot f_{MAX} \right), \quad (2.3)$$

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де t_R – розрахунковий період резонансної частоти LC у вузлі перемикання, мкс;

D_{MAGCC} – визначається як робочий цикл провідності вторинного діода під час роботи СС і є фіксованим внутрішньо за допомогою пристрою UCC28740 на 0,425 [5].

$$D_{MAX} = 1 - 0,425 - \left(80 \cdot \frac{2}{2} \right) = 0,495.$$

Коли D_{MAX} відомий, максимальне співвідношення первинних і вторинних витків визначається за допомогою формули (2.4). Необхідно визначити загальну напругу на вторинній обмотці, яка є сумою V_{OCV} і V_F [5].

Припускаючи $V_F = 0,6$ В, то:

$$N_{PS(max)} = \frac{D_{MAX} \cdot V_{BULK(min)}}{D_{MAGCC} \cdot (V_{OCV} + V_F)}, \quad (2.4)$$

$$N_{PS(max)} = \frac{0,495 \cdot 80}{0,425 \cdot (13 + 0,6)} = 6,85.$$

Вищий коефіцієнт витків зазвичай підвищує ефективність, але може обмежити роботу при низькій вхідній напрузі. Ітерації проектування трансформатора, як правило, необхідні для оцінки компромісів продуктивності на рівні системи [5].

Індуктивність первинного трансформатора розраховується за допомогою стандартного рівняння накопичення енергії для зворотного ходу трансформатора. Первинний струм, максимальна частота перемикання, вихідна напруга та об'єкт струму, і втрати потужності трансформатора включені до формули (2.5) [5].

$$L_P = \frac{2 \cdot (V_{OCV} + V_F + V_{OCBC}) \cdot I_{OCC}}{\eta_{XFRM} \cdot I_{PP(max)}^2 f_{MAX}}. \quad (2.5)$$

Регулювання UCC28740 СС досягається шляхом підтримки D_{MAGCC} на максимальному первинному піковому струмі налаштування. Добуток D_{MAGCC} і $V_{CST(max)}$ визначає коефіцієнт напруги, що регулює СС V_{CCR} , який

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується з N_{PS} для визначення значення резистора чутливого струму, необхідного для досягнення регульованої цілі СС, I_{OCC} наведено у (2.6) [5].

$$R_{CS} = \frac{V_{CCR} \cdot N_{PS}}{2 \cdot I_{OCC}} \cdot \sqrt{\eta_{XFMR}}, \quad (2.5)$$

де V_{CCR} – коефіцієнтом регулювання СС, В;

V_{CST} – поріг визначення струму на контакті CS, В [5].

$$R_{CS} = \frac{0,33 \cdot 11}{2 \cdot 1,1} \cdot \sqrt{0,9} = 1,56 \text{ Ом.}$$

$$I_{PP(max)} = \frac{V_{CST(max)}}{R_{CS}}, \quad (2.6)$$

$$I_{PP(max)} = \frac{0,81}{1} = 0,81 \text{ А.}$$

$$I_{PP(nom)} = \frac{V_{CST(nom)}}{R_{CS}}, \quad (2.7)$$

$$I_{PP(nom)} = \frac{0,773}{1} = 0,773 \text{ А.}$$

Два резистори були використані паралельно для визначення струму та первинної індуктивності обраного трансформатор 680 мкГн [5].

N_{AS} визначається за формулою (2.8) найнижчою цільовою робочою вихідною напругою під час регулювання СС та V_{DD} поріг відключення UVLO пристрою UCC28740. Додаткова енергія подається до V_{DD} від трансформатора індуктивність витоку, що дозволяє використовувати нижчий коефіцієнт витків у багатьох конструкціях [5].

$$N_{AS} = \frac{V_{DD(off)} + V_{FA}}{V_{OCC} + V_F}, \quad (2.8)$$

де $V_{DD(off)}$ – поріг вимкнення UCC28740, В;

V_{OCC} – найнижчим цільовим значенням вихідної напруги, В;

V_{FA} – падіння напруги на випрямному діоді на допоміжній стороні зворотного каскаду, В [5].

$$N_{AS} = \frac{8,15 + 0,6}{13,5 + 0,6} = 0,62.$$

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4 Розрахунок параметрів трансформатора: первинний та вторинний середньоквадратичний струм

Усі розрахунки проводились за допомогою документації [5].

При первинній індуктивності 680 мкГн абсолютна максимальна частота перемикання розраховується з формули (2.9):

$$f_{\text{MAX}} = \frac{2 \cdot (13 + 0,6) \cdot 1,1}{0,9 \cdot 0,81^2 \cdot 680} = 74,5 \text{ кГц}, \quad (2.9)$$

то максимальний період перемикання наведено у формулі (2.10):

$$t_{\text{SW}} = \frac{1}{f_{\text{MAX}}}, \quad (2.10)$$

$$t_{\text{SW}} = \frac{1}{74,5} = 13,4 \text{ мкс.}$$

Фактичний максимальний час увімкнення визначається за (2.11):

$$t_{\text{ON(max)}} = \frac{I_{\text{PP(nom)}} \cdot L_P}{V_{\text{BULK(min)}}}, \quad (2.11)$$

$$t_{\text{ON(max)}} = \frac{0,773 \cdot 680}{80} = 6,5 \text{ мкс.}$$

Максимальний робочий цикл (D_{MAX}) визначається за (2.12):

$$D_{\text{MAX}} = \frac{t_{\text{ON(max)}}}{t_{\text{SW}}}, \quad (2.12)$$

$$D_{\text{MAX}} = \frac{6,5}{13,4} = 0,485.$$

Первинний середньоквадратичний струм трансформатора (I_{PRMS}) визначається за (2.13):

$$I_{\text{PRMS}} = I_{\text{PP(nom)}} \cdot \sqrt{\frac{D_{\text{MAX}}}{3}}, \quad (2.13)$$

$$I_{\text{PRMS}} = 0,773 \cdot \sqrt{\frac{0,485}{3}} = 0,31 \text{ А.}$$

Вторинний піковий струм трансформатора RMS ($I_{\text{SEC(max)}}$) визначається за (2.14):

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{SEC(max)} = I_{PP(max)} \cdot N_{PS}, \quad (2.14)$$

$$I_{SEC(max)} = 0,81 \cdot 11 = 8,91 \text{ А.}$$

Вторинний середньоквадратичний струм трансформатора (I_{SEC_RMS}) визначається за (2.15):

$$I_{SEC_RMS} = I_{SEC(max)} \cdot \sqrt{\frac{D_{MAX}}{3}}, \quad (2.15)$$

$$I_{SEC_RMS} = 8,91 \cdot \sqrt{\frac{0,485}{3}} = 3,58 \text{ А.}$$

На основі цих розрахунків був розроблений трансформатор Würth Elektronik™, який має такі характеристики:

$$N_{PS} = 11 \pm 2\%;$$

$$N_{PA} = 9,78 \pm 2\%;$$

$$L_P = 680 \pm 10\%, \text{ мкГн};$$

$$L_{LK} = 10, \text{ мкГн (що позначає первинну індуктивність витоків) [6].}$$

2.5 Регулювання напруги в розімкненому контурі проти дільника резистора, лінійного компенсаційного резистора

Резисторний дільник на виводі VS визначає точку регулювання вихідної напруги зворотного перетворювача. Крім того, резистор дільника високої сторони (R_{S1}) визначає лінійну напругу, при якій контролер дозволяє безперервну роботу DRV. R_{S1} спочатку визначається на основі співвідношення допоміжних і первинних витків трансформатора і бажаний робочий поріг вхідної напруги [5].

$$R_{S1} = \frac{V_{IN(run)} \cdot \sqrt{2}}{N_{PA} \cdot I_{VSL(min)}} = \frac{80 \cdot \sqrt{2}}{9,78 \cdot 275} = 42,05 \text{ кОм}, \quad (2.16)$$

де N_{PA} – це відношення первинних і допоміжних витків трансформатора;

$V_{IN(run)}$ – напруга ACRMS для включення контролера (запуску), В;

$V_{SL(run)}$ – це порогове значення струму, що витягується з контакту VS під час увімкнення, В [5].

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Штифтовий резистор V_S на нижній стороні вибирається на основі бажаної напруги регулювання V_{OUT} у відкритому контурі умов і встановлює максимально допустиму напругу в умовах розімкнутого контуру [5].

$$R_{S2} = \frac{R_{S1} \cdot V_{OVPTH}}{N_{AS} \cdot (V_{OV} - V_F) - V_{OVPTH}}, \quad (2.17)$$

де V_{OV} – максимально допустима пікова напруга на виході перетворювача, В;

V_F – прямим падінням вихідного випрямляча при майже нульовому струмі, В;

N_{AS} – це відношення витків допоміжних і вторинних витків трансформатора;

V_{OVPTH} – це поріг виявлення перенапруги на вході V_S , В [5].

$$R_{S2} = \frac{42,05 \cdot 4,6}{1,12 \cdot (13,5 - 0,6) - 4,6} = 20,8 \text{ кОм.}$$

Пристрій UCC28740 підтримує жорстке регулювання СС для різних вхідних ліній за допомогою компенсації лінії. Значення резистора лінійної компенсації (R_{LC}) визначається струмом, що протікає R_{S1} і загальна затримка вимкнення внутрішнього затвора і зовнішнього MOSFET. Припускаючи внутрішню затримку 50 нс в пристрої UCC28740 [5].

$$R_{LC} = \frac{K_{LS} \cdot R_{S1} \cdot R_{CS} \cdot t_D \cdot N_{PA}}{L_P}, \quad (2.18)$$

де t_D – затримка вимірювання струму, включаючи затримку вимкнення MOSFET, нс;

K_{LS} – константа масштабування струму [5].

$$R_{LC} = \frac{28,6 \cdot 42,05 \cdot 1 \cdot (46 + 50) \cdot 9,75}{680} = 1,6 \text{ кОм.}$$

2.6 Елементи зворотного зв'язку

Вихідна напруга встановлюється через резистори чутливої мережі R_{FB1} і R_{FB2} . Обирається значення зворотного зв'язку на основі бажаної вхідної напруги з формули (2.19) [5].

$$V_{th} = \frac{V_{OCV} \cdot R_{FB2}}{R_{FB1} + R_{FB2}}, \quad (2.19)$$

після розрахунків умовно було прийнято, що $V_{th} = 2,5$ В [5].

Компенсаційна мережа операційного підсилювача Z_{FB} визначається з використанням усталених методів проектування для стабільності контуру управління. Як правило, використовується компенсаційна мережа типу II [5].

2.7 Інтерфейс пілотного сигналу керування

Контрольна схема управління є основним засобом керування для забезпечення належної роботи при підключенні EV/PHEV до EVSE. Пілот сигнал є ключовим методом, за допомогою якого J1772 сумісний EVSE спілкується з транспортним засобом. Пілот-сигнал базується на 1 кГц, ± 12 В ШІМ-сигналі, який передається до транспортного засобу через шнур зарядки. Потім транспортний засіб може реагувати, розміщуючи різні вантажі на лінії, впливаючи на його напругу, яку вимірює EVSE [5].

2.8 Робочий цикл J1772

Робочий цикл пілотних сигналів передає межу струму, який EVSE здатний подати транспортному засобу; автомобіль може потім використовувати до цієї кількості струму для своєї схеми зарядки. Цей номінальний струм в першу чергу визначається електромеханічними компонентами в EVSE, такими як провідники, реле, контактори та сервісне з'єднання [5].

Зв'язок між робочим циклом і струмом визначається двома різними формулами залежно від вказаного діапазону струму; для струмів 6-51 А розрахунок наведено у формулі (2.20) [5].

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Duty_cycle = \frac{I}{0,6} . \quad (2.20)$$

Для більш високого рівня обслуговування в діапазоні від 51 до 80 А розрахунок наведено у формулі (2.21) [5].

$$Duty_cycle = \frac{I}{2,5} . \quad (2.21)$$

Щоб додатково продемонструвати цей зв'язок у табл. 2.2 наведено деякі загальні рейтинги обслуговування [5].

Таблиця 2.1 – Приклад робочого циклу пілотного сигналу

Амperi	Робочий цикл
5	8,3%
15	25%
30	50%
40	66,6%
65	90%
80	96%

У цій конструкції ШІМ генерується модулем таймера на MSP430™ MCU. Поточний рейтинг може зазвичай встановлюватися як постійне значення у мікропрограмі, оскільки воно так тісно пов'язане із зовнішнім обладнанням [5].

Розширені EVSE з інтерфейсом людини-машини (HMI) можуть дозволити зменшити струм, якщо сервісна лінія не в змозі забезпечити достатній струм при стабільній напрузі. В результаті, значне падіння напруги втрата проводів можлива в цих застосуваннях із високим струмом [5].

2.9 Реле привід і виявлення засувки

Основною функціональністю EVSE є надійне керування великими струмами, спрямованими на електричний транспортний засіб під напругою мережі. У звичайному випадку використання реле або контактора необхідно утримувати замкнутими протягом декількох годин на повну зарядку автомобіля; однак, вони не можуть бути зафіксовані з міркувань безпеки. Якщо щось несправно в системі управління, вони повинні не розмикаються. Ці сильнострумові реле або контактори зазвичай можуть тягнути від 10 до 100 міліампер як індуктивне навантаження, що вимагає певної архітектури приводу [5].

Через кількість часу, необхідного реле або контактору, щоб залишатися в закритому стані, ефективне рішення для приводу є кращим, ніж типовий масив Дарлінгтона або навіть дискретна конфігурація транзистора. Для цього регулятор струму DRV110 обраний для керування реле або контакторами в конструкції. Пристрій DRV110 призначений для регулювання струму за допомогою добре контрольованої форми сигналу для зменшення потужності розсіювання [5].

Для роботи реле і контакторів використовуються електромеханічні соленоїди. Активація починається, коли EN PIN напруга підвищується або зовнішнім драйвером, або внутрішнім підтягуванням. Після того, як штифт EN підведено до GND, пристрій DRV110 дозволяє струму соленоїда спадати до нуля. Струм соленоїда швидко наростає до забезпечення розмикання реле або контактора. Після початкового наростання струм соленоїда підтримується на піковому значенні для забезпечення правильної роботи, після чого струм зменшується до нижчого рівня утримання, щоб уникнути перегріву проблеми та зменшити розсіювання потужності [5].

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 2.2 показана типова форма хвилі струму через соленоїд [5].

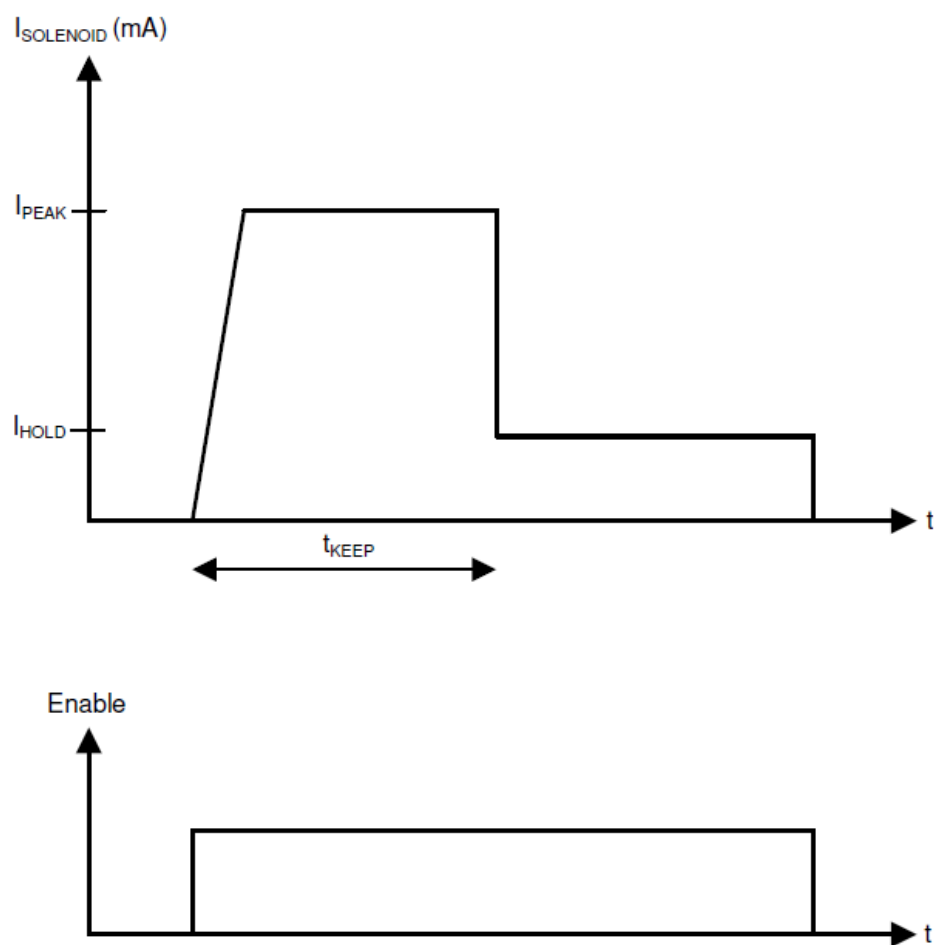


Рис. 2.2 – Типа форма хвилі струму через соленоїд

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

За допомогою середовища EasyEDA була розроблена принципова схема блока живлення та підключення мікропроцесора [7].

Основним виробником мікроконтролера є китайська компанія TSMC, яка розташована у Шанхаї [8].

На рис. 3.1 показана принципова схема блока живлення.

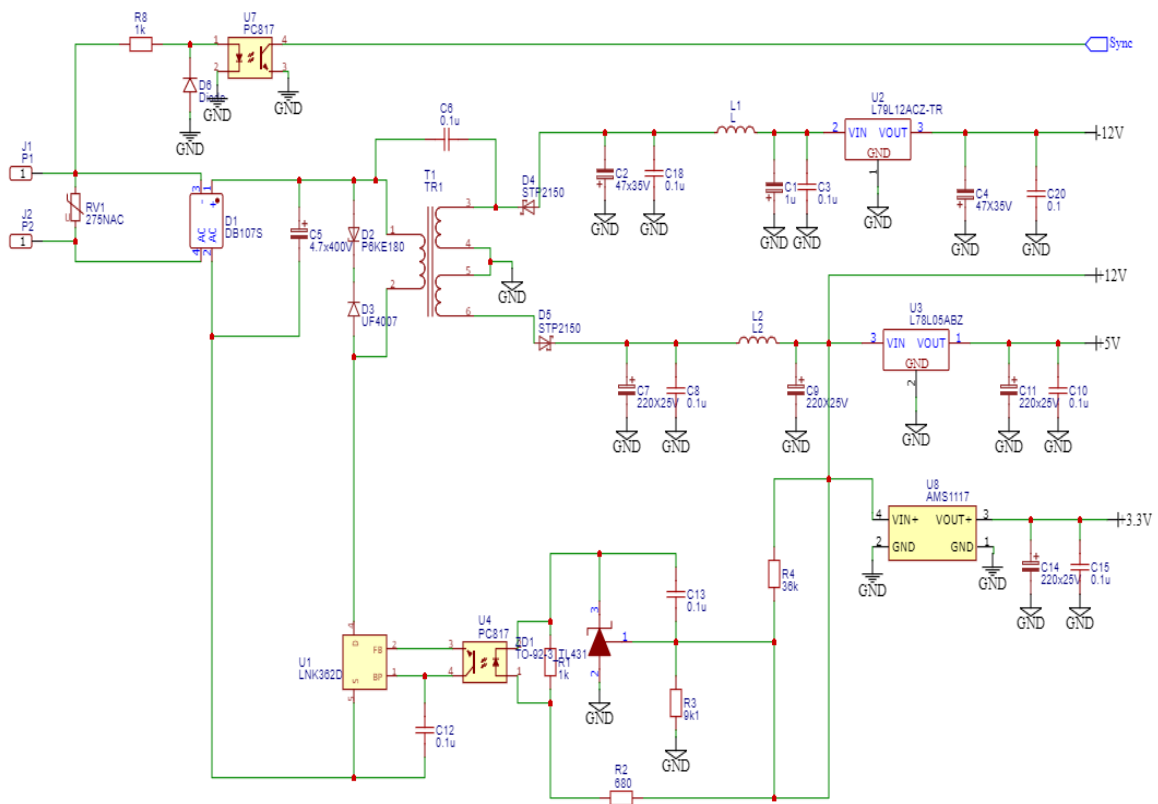


Рис. 3.1 – Принципова схема блока живлення

На рис. 3.2 показана принципова схема підключення мікропроцесора.

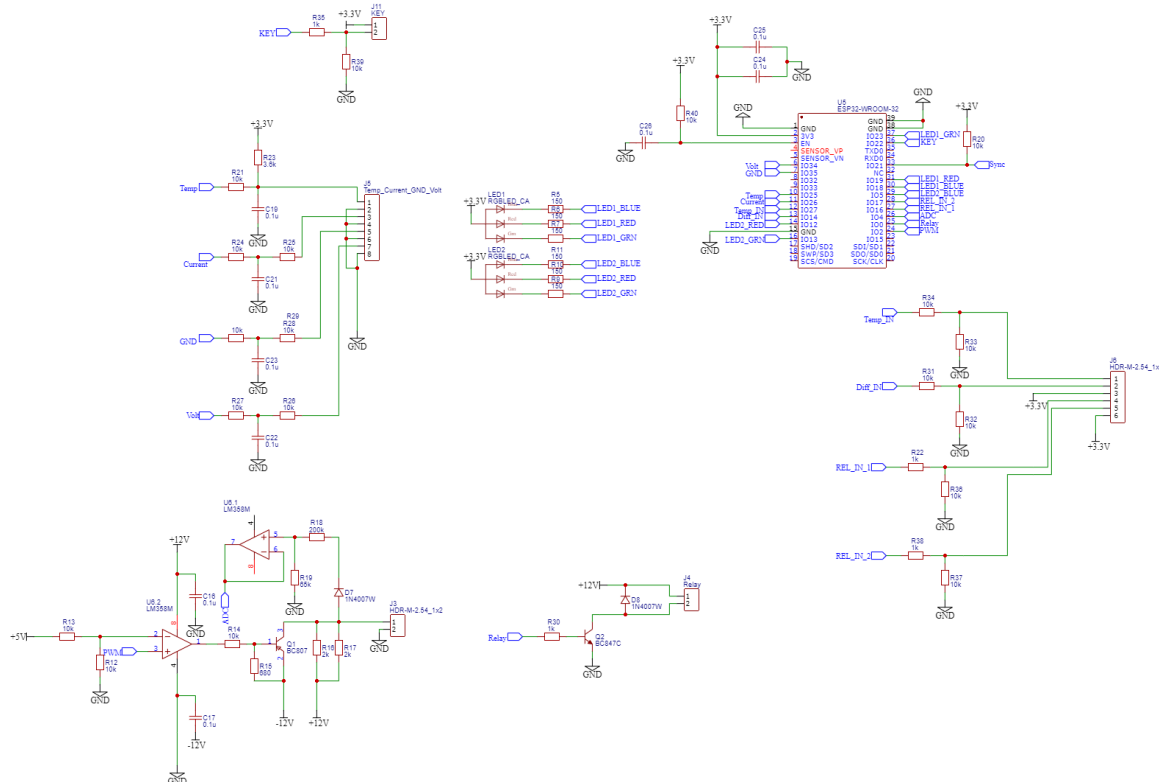


Рис. 3.2 – Принципова схема підключення мікропроцесора

Підключення мікропроцесора виконувалось за допомогою документації мікропроцесора ESP32 і на основі цього розроблена табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Контакти підключення мікропроцесора

Номер контакту	Параметри	Призначення
PIN 6	IO34, GPIO34, ADC	Датчик напруги
PIN 7	IO35, GPIO35, ADC	Датчик від GND
PIN 10	IO25, GPIO25, ADC	Датчик від температури
PIN 11	IO26, GPIO26, ADC	Датчик струму
PIN 12	IO27, GPIO27	Датчик температури (вхід)
PIN 13	IO14, GPIO14	Від диференціального реле (вхід)
PIN 14	IO12, GPIO12	RGB2 (вихід)
PIN 16	IO13, GPIO13	RGB2 (вихід)
PIN 24	IO2, GPIO2	Pilot (вихід)
PIN 25	IO0, GPIO0	Підключення реле (вихід)
PIN 26	IO4, GPIO4, ADC	Pilot (вхід)

Продовж. табл. 3.1

Номер контакту	Параметри	Призначення
PIN 27	IO16, GPIO16	Підключення реле (вхід)
PIN 28	IO17, GPIO17	Підключення реле (вхід)
PIN 29	IO5, GPIO5	RGB2 (вихід)
PIN 30	IO18, GPIO18	RGB1 (вихід)
PIN 31	IO19, GPIO19	RGB1 (вихід)
PIN 36	IO22, GPIO22	Підключення кнопки
PIN 37	IO23, GPIO23	RGB1 (вихід)

Використовуючи середовище EasyEDA були розроблені дві принципові схеми: принципова схема блока живлення та принципова схема підключення мікропроцесора. За допомогою документації про мікропроцесор ESP32 були обрані ніжки мікропроцесора для коректного їх підключення за їх призначенням.

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ

За допомогою середовища SolidWorks2014 була розроблена конструкція, яка представляє собою корпус для встановлення плати з двома кабельними затискачами, за допомогою яких можна прокласти кабель, щоб підключити живлення до плати. Також був зроблений отвір для того, щоб встановити кнопку запуску роботи схеми [9].

На рис. 4.1 показано 3D модель розробленої конструкції.

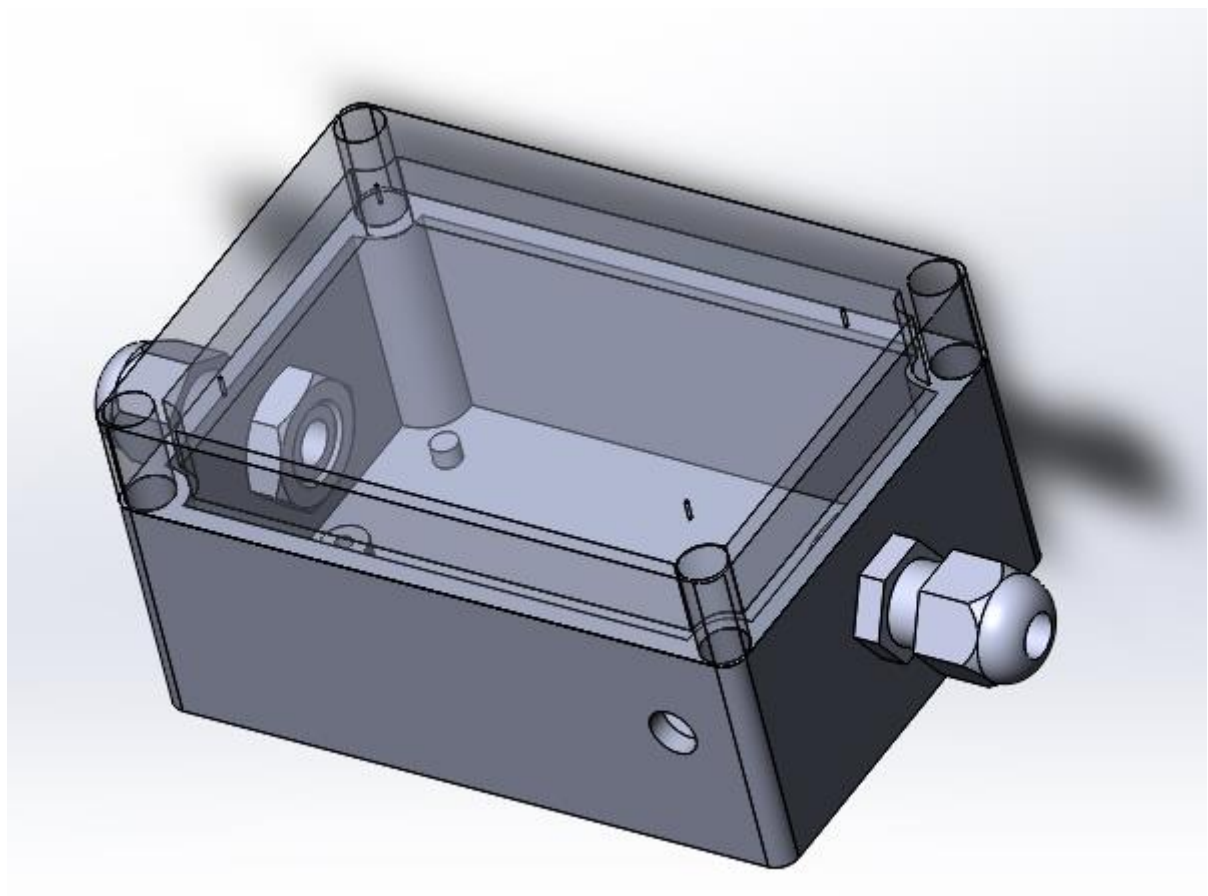


Рис. 4.1 – 3D модель конструкції

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 4.2 показаний вид зверху 3D моделі

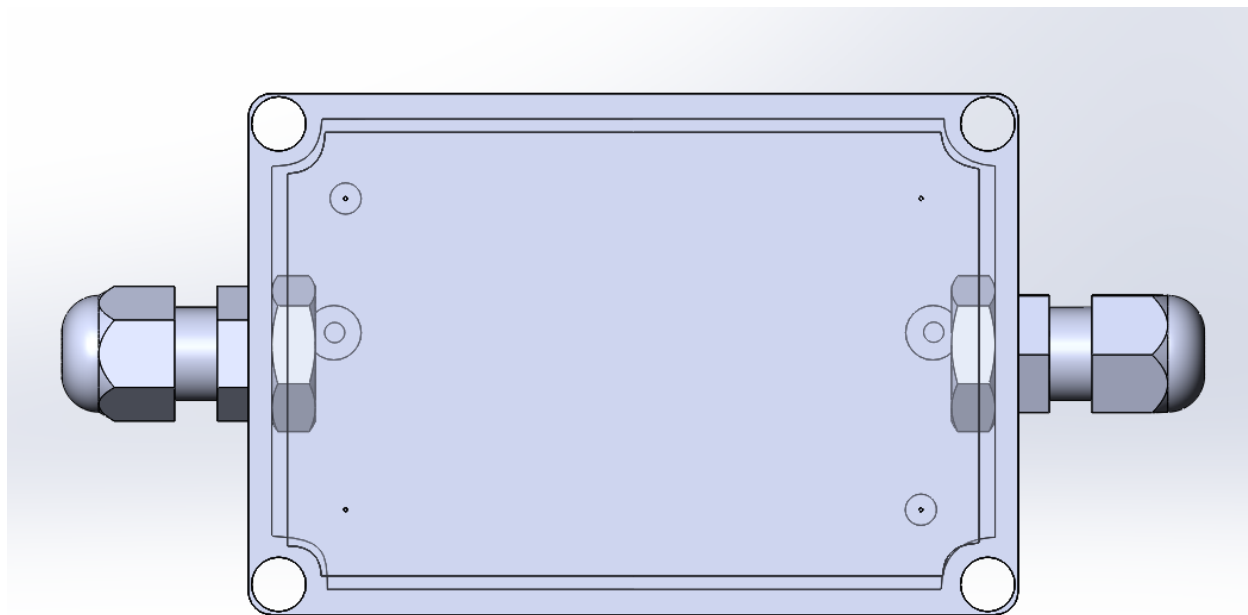


Рис. 4.2 – 3D модель конструкції (вид зверху)

На рис. 4.3 показаний вид збоку 3D моделі

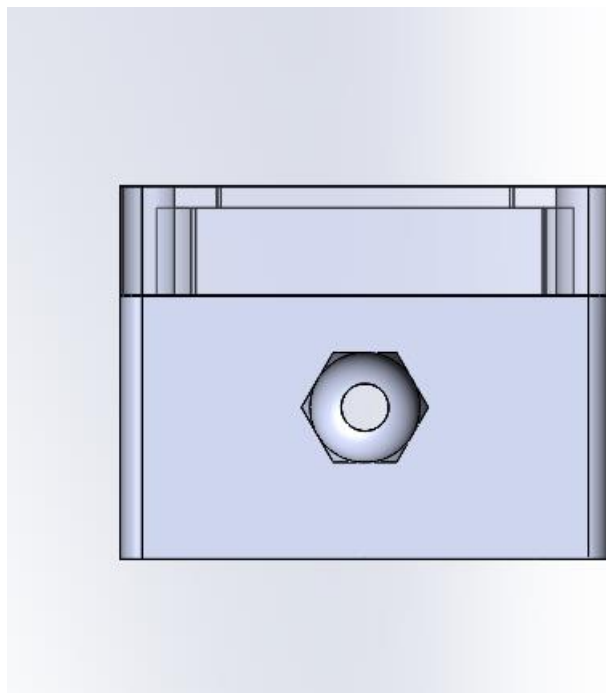


Рис. 4.3 – 3D модель конструкції (вид збоку)

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 4.4 показаний вид зпереду 3D моделі

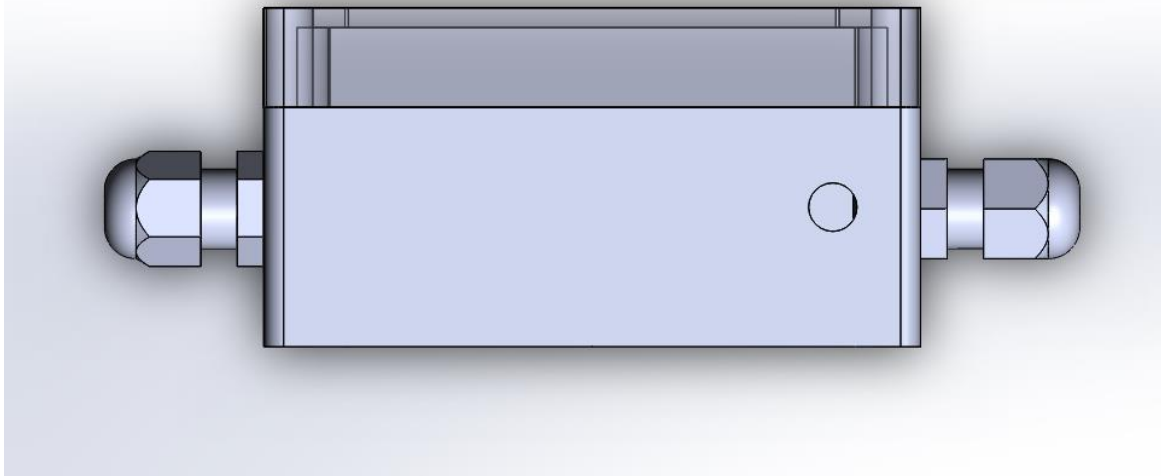


Рис. 4.4 – 3D модель конструкції (вид зпереду)

Креслення конструкції показане в додатку А.

Конструкція була виготовлена з АБС-пластика. Завдяки цьому матеріалу, конструкція захищена від високих температур та має властивості ударостійкості та пружності.

АБС-пластик – термопластичний листовий конструкційний матеріал. Температура склування становить близько 105 °С. АБС-пластик є аморфним матеріалом, а отже, не має визначеної температури плавлення. Матеріал має підвищену ударостійкість і пружність [10].

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ АКАМУЛЯТОРНИКА

5.1 Загальні положення

- 1) До роботи з акумуляторами допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли спеціальну підготовку, у тому числі на першу групу з електробезпеки;
- 2) акумуляторники повинні пройти обов'язковий медичний огляд при прийомі на роботу та проходити періодичні медичні огляди не рідше одного разу на 12 місяців. До роботи допускаються особи, які не мають протипоказань за станом здоров'я;
- 3) усі, хто знову поступають на роботу, повинні пройти вступний інструктаж в службі охорони праці. Результати інструктажу фіксуються в журналі реєстрації вступного інструктажу з охорони праці. Після цього проводиться остаточне оформлення знову працівника і направлення його до місця роботи;
- 4) при прийомі на роботу і періодично, не рідше одного разу на 12 місяців, акумуляторник повинен пройти перевірку знань з питань безпеки праці за програмою, затвердженою власником;
- 5) акумуляторники зобов'язані дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку установи, виконувати режими праці та відпочинку;
- 6) адміністрація установи зобов'язана видати акумуляторнику спеціальні засоби електрозахисту, спецодяг та спецвзуття. Згідно з ДНАОП 0.00-3.06-98 «Типові норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам автомобільного транспорту» акумуляторнику повинні бути видані:

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- костюм бавовняний з кислотостійким просоченням (термін носіння - 12 місяців);
 - чоботи гумові (термін носіння - 12 місяців);
 - рукавиці гумові (чергові);
 - фартух прогумований (черговий);
 - окуляри захисні закриті (до зносу);
- 7) акумуляторники зобов'язані знати і дотримуватися правила пожежо і вибухобезпеки. Завалення і захаращення приміщень, проходів не допускається [11].

5.2 Вимоги безпеки перед початком роботи

- 1) поряdkувати і надіти спецодяг, спецвзуття, комбінезон, гумові чоботи, приготувати гумовий фартух, прогумовані нарукавники, гумові рукавички і захисні окуляри. Волосся прибрати під головний убір;
- 2) уважно оглянути робоче місце, привести його в порядок, прибрати усі заважаючи роботі предмети. Робочий інструмент, пристосування і допоміжний матеріал розкласти в зручному і безпечному порядку і перевірити їх справність;
- 3) перевірити і пересвідчитися в справності обладнання зарядних місць, стелажів, укриття шинопроводів і електролітних шлангів, вилки і електрошнура переносної електролампи;
- 4) перевірити освітленість робочого місця і роботу систем вентиляції, наявність протипожежного інвентарю;
- 5) перевірити наявність поблизу умивальника мила, вати в упаковці, рушника і засобів для нейтралізації кислоти або лугу при попаданні їх на шкіру і в очі;
- 6) акумуляторники не повинні приступати до виконання роботи при наступних порушеннях вимог безпеки:
 - якщо припливно-витяжна вентиляція не працює;

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- при несправностях, вказаних в інструкціях заводів - виготівників по експлуатації засобів захисту, що застосовуються, та обладнання, при яких не допускається їх застосування;
- при недостатній освітленості робочого місця;
- при несправності електропроводки і зарядних установок;
- у разі відсутності розчину питної соди або розчину борної кислоти [11].

Виявлені порушення вимог безпеки повинні бути усунені до початку робіт, а при неможливості зробити це акумуляторники зобов'язані повідомити про них бригадира або керівника [11].

5.3 Вимоги безпеки під час виконання роботи

- 1) для переміщення акумуляторних батарей по території та у приміщенні необхідно користуватися спеціальними візками, платформа яких виключає можливість падіння батарей;
- 2) під час роботи акумуляторники зобов'язані:
 - перевозити батареї на спеціальних возиках з гніздами по розміру батареї, що виключають можливість їх падіння;
 - перевіряти напругу акумуляторних батарей тільки вольтметром;
 - приєднувати клеми акумуляторів на зарядку і від'єднувати їх після зарядки при вимкненому устаткуванні зарядного місця;
 - з'єднувати акумуляторні батареї освинцьованими клемами, які створюють щільний контакт та виключають іскріння;
- 3) приєднувати батареї до мережі постійного струму і з'єднувати акумулятори між собою необхідно в гумових рукавичках і гумовому взутті;
- 4) при необхідності виконання роботи на струмоведучих частинах потрібно користуватися інструментом з ізольованими рукоятками [11].

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Використовуючи середовище EasyEDA були розроблені дві принципові схеми: принципова схема блока живлення та принципова схема підключення мікропроцесора. За допомогою документації про мікропроцесор ESP32 були обрані ніжки мікропроцесора для коректного їх підключення за їх призначенням.

За допомогою середовища SolidWorks2014 була розроблена конструкція, яка представляє собою корпус для встановлення плати з двома кабельними затискачами, за допомогою яких можна прокласти кабель, щоб підключити живлення до плати. Конструкція була виготовлена з АБС-пластика. Завдяки цьому матеріалу, конструкція захищена від високих температур та має властивості ударостійкості та пружності.

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Усе про електрокари в Україні [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://elektrocars.top/elektrokary-v-ukrayini-plyusy-minusy-praktychni-rozrahunky/>
2. Мінінфраструктури оприлюднило плани: повна електрифікація України з 2030 року [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://autogeek.com.ua/mininfrastruktury-opryliudnylo-plany-povna-elektryfikatsiia-ukrainy-z-2030-roku/>
3. Мікроконтролер ESP32 [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://uk.m.wikipedia.org/wiki/ESP32>
4. Технічна документація ESP32 Series [Електрон. ресурс] / Режим доступу: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf
5. Еталонний дизайн обладнання для обслуговування електричних автомобілів, що відповідає вимогам SAE J1772, для зарядного пристрою EV рівня 1 і 2 [Електрон. ресурс] / Режим доступу: https://www.ti.com/lit/ug/tiduer6/tiduer6.pdf?ts=1650205556113&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.ti.com%252Ftool%252FTIDA-010071
6. Würth Elektronik [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://www.wer-online.com/>
7. Онлайн-проектор друкованих плат EasyEDA [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://easyeda.com/>
8. Taiwan Semiconductor Manufacturing Company [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://www.tsmc.com/>
9. SolidWorks [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://www.solidworks.com/>
10. АБС-пластик [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%91%D0%A1-%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA>

					6.141.180091.ПЗ	Арк. 48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11.Інструкція з охорони праці для акумуляторника [Електрон. ресурс] /
Режим доступу: <https://dnaop.com/html/1499/doc-instrukcija-z-ohoroni-praci-dlya-akamulyatornika>

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ

- 1) Розробка принципової схеми блока живлення;
- 2) Розробка принципової схеми підключення мікроконтролера;
- 3) Підключення мікроконтролера;
- 4) Розробка 3D конструкції.

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

КРЕСЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ

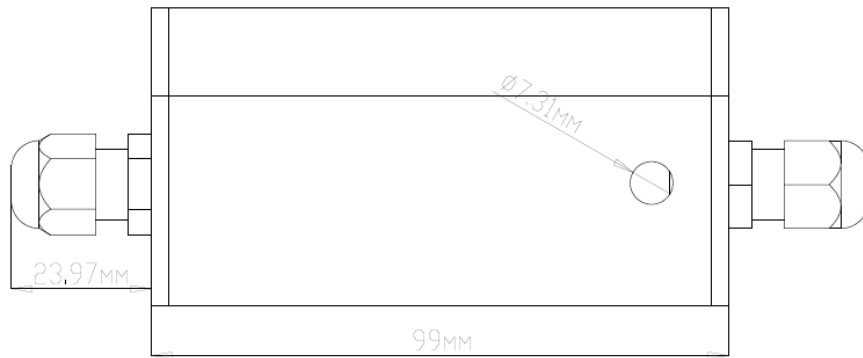


Рис. А.1 – Креслення конструкції (вид спереду)

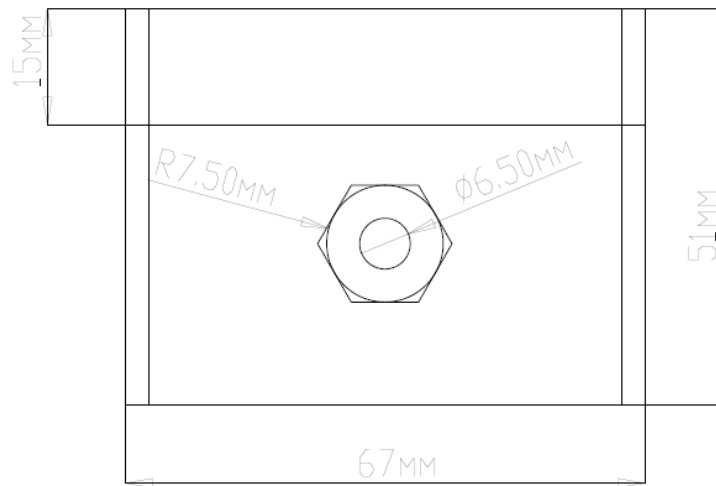


Рис. А.2 – Креслення конструкції (вид збоку)

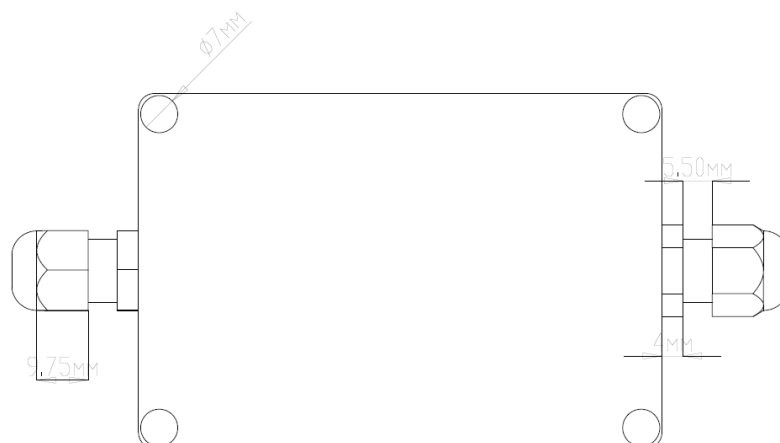
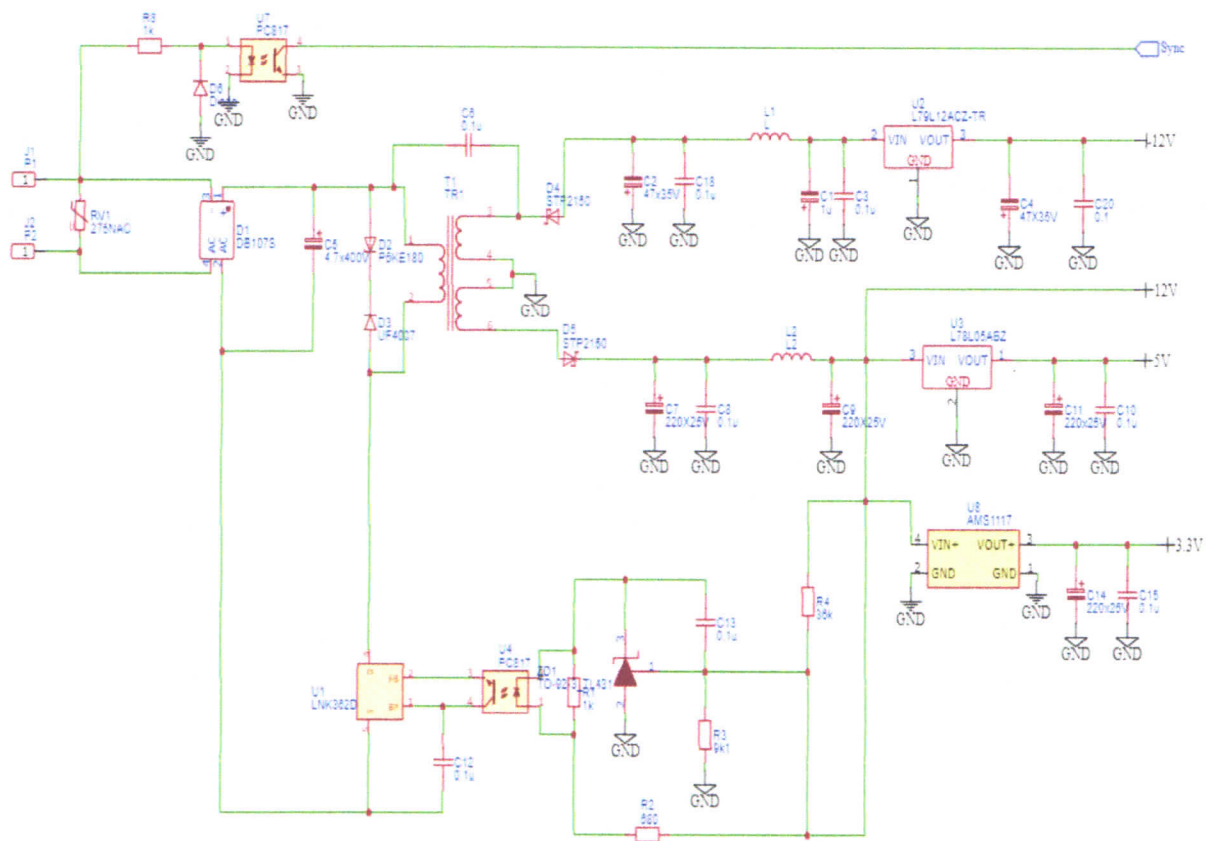


Рис. А.3 – Креслення конструкції (вид зверху)

ДОДАТОК Б

					6.141.180091.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

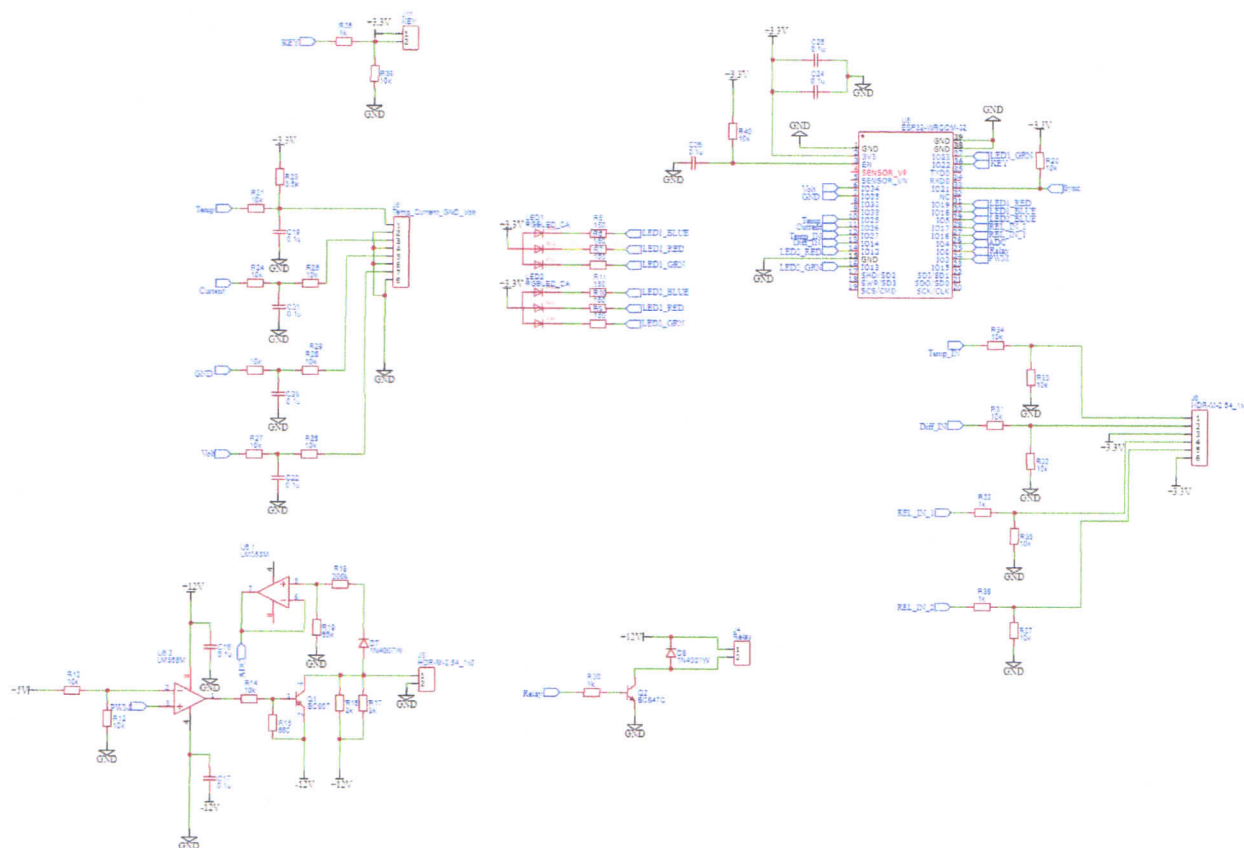
РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ БЛОКА ЖИВЛЕННЯ



Принципова схема блока живлення

					Розробка принципової схеми блока живлення			
					Розробка системи діагностування та керування зарядом електромобіля на базі мікроконтролера ESP32	Літ.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			1	1 : 1
Розроб.		Ковальов Я.І.	<i>[Signature]</i>					
Перевір.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>					
Т. Контр.						Арк.	53	Аркушів 56
Реценз.					Додаток Б 6.141.180091.01	Український державний університет науки і технологій, група ЕП1811		
Н. Контр.		Карзова О.О.	<i>[Signature]</i>					
Затверд.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>					

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА



Принципова схема підключення мікропроцесора

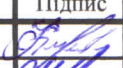
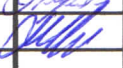
Розробка принципової схеми підключення мікроконтролера					Розробка системи діагностування та керування зарядом електромобіля на базі мікроконтролера ESP32			Літ.		Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Додаток Б 6.141.180091.02					1	1 : 1
Розроб.		Ковальов Я.І.	<i>[Signature]</i>								
Перевір.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>								
Т. Контр.								Арк.	54	Аркушів	56
Реценз.								Український державний університет науки і технологій, група ЕП1811			
Н. Контр.		Карзова О.О.	<i>[Signature]</i>								
Затверд.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>								

ПІДКЛЮЧЕННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА

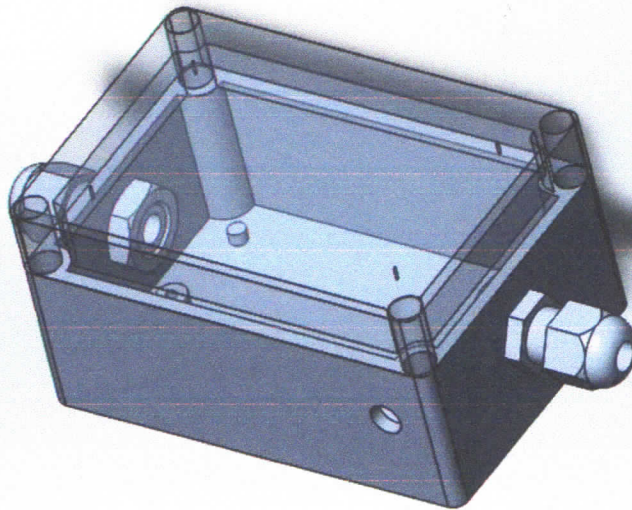
Підключення мікропроцесора виконувалась за допомогою документації мікропроцесора ESP32 і на основі цього розроблена табл. Б.1 контакти підключення мікропроцесора.

Таблиця Б.1 – Контакти підключення мікропроцесора

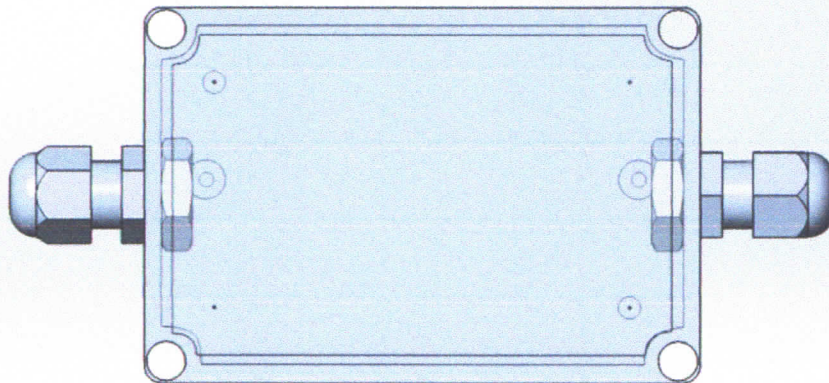
Номер контакту	Параметри	Призначення
PIN 6	IO34, GPIO34, ADC	Датчик напруги
PIN 7	IO35, GPIO35, ADC	Датчик від GND
PIN 10	IO25, GPIO25, ADC	Датчик від температури
PIN 11	IO26, GPIO26, ADC	Датчик струму
PIN 12	IO27, GPIO27	Датчик температури (вхід)
PIN 13	IO14, GPIO14	Від диференціального реле (вхід)
PIN 14	IO12, GPIO12	RGB2 (вихід)
PIN 16	IO13, GPIO13	RGB2 (вихід)
PIN 24	IO2, GPIO2	Pilot (вихід)
PIN 25	IO0, GPIO0	Підключення реле (вихід)
PIN 26	IO4, GPIO4, ADC	Pilot (вхід)
PIN 27	IO16, GPIO16	Підключення реле (вхід)
PIN 28	IO17, GPIO17	Підключення реле (вхід)
PIN 29	IO5, GPIO5	RGB2 (вихід)
PIN 30	IO18, GPIO18	RGB1 (вихід)
PIN 31	IO19, GPIO19	RGB1 (вихід)
PIN 36	IO22, GPIO22	Підключення кнопки
PIN 37	IO23, GPIO23	RGB1 (вихід)

					Підключення мікроконтролера			
					Розробка системи діагностування та керування зарядом електромобіля на базі мікроконтролера ESP32	Літ.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ковальов Я.І.					1	1 : 1
Перевір.		Муха А.М.						
Т. Контр.						Арк.	55	Аркушів 56
Реценз.					Додаток Б 6.141.180091.03	Український державний університет науки і технологій, група ЕП1811		
Н. Контр.		Карзова О.О.						
Затверд.		Муха А.М.						

РОЗРОБКА 3D КОНСТРУКЦІЇ



3D модель конструкції



3D модель конструкції (вид зверху)

					Розробка 3D конструкції			
					Розробка системи діагностування та керування зарядом електромобіля на базі мікроконтролера ESP32	Літ.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			1	1 : 1
Розроб.		Ковальов Я.І.	<i>[Signature]</i>					
Перевір.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>					
Т. Контр.						Арк.	56	Аркушів 56
Реценз.					Додаток Б 6.141.180091.04	Український державний університет науки і технологій, група ЕП1811		
Н. Контр.		Карзова О.О.	<i>[Signature]</i>					
Затверд.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>					