

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Управління енергетичними процесами»

Кафедра «Електротехніка та електромеханіка»

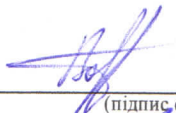
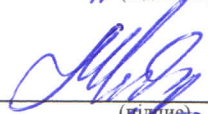
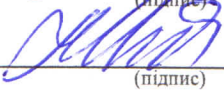
Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: «Розробка комплексу контролю параметрів зарядження електромобіля на базі мікрокомп'ютера Arduino»

за освітньою програмою: «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

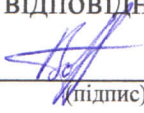
зі спеціальності: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав: студент групи «ЕП19120»

	 (підпис студента)	/Валентин ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ/ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Керівник:	 (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

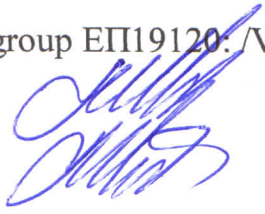
on the topic: «Development of the complex of control of parameters of electric car charging on the basis of the Arduino microcompute»

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 ЕП19120: /Valentyn VASYLKOVSKIY/

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»

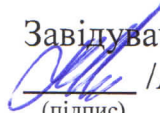
Рівень вищої освіти: бакалавр

Освітня програма: «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

Спеціальність: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕТЕМ

 /Андрій МУХА/
(підпис)

Дата  _____

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студенту Васильковський Валентин Андрійович

1. Тема роботи: «Розробка комплексу контролю параметрів зарядження електромобіля на базі мікрокомп'ютера Arduino»

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

2. Строк подання студентом роботи: 01.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1) параметри та режими роботи зарядного пристрою електромобілю; 2) параметри та показники режимів роботи одноплатного комп'ютера Arduino; 3) параметри електричної комутаційної апаратури; 4) апаратура захисту та контролю електричних кіл.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати): 1) вступ; 2) опис одноплатного комп'ютера Arduino; 3) режими роботи зарядного пристрою електромобілю; 4) розробка принципової схеми; 5) розробка конструкції; 6) охорона праці; 7) висновки; 8) літературні джерела.

4.1 Аналітична частина: розрахунок режимів роботи зарядного пристрою.

4.2 Основна частина: розробка схеми та конструкції зарядного пристрою.

4.3 Охорона праці та захист навколишнього середовища: інструкція з охорони праці для електроустановок.

4.4 Економічна частина:

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1) розробка принципової схеми блока живлення; 2) розробка принципової схеми підключення мікроконтролера; 3) система з'єднання пристрою з електромобілем; 4) розробка 3D конструкції.

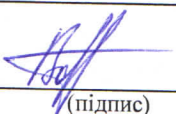
6. Консультанти розділів роботи:

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	11.02.2022	5%
2	Опис одноплатного комп'ютера Arduino	24.02.2022	10%
3	Режим роботи зарядного пристрою ел. мобіля	17.03.2022	20%
4	Розробка принципової схеми	01.04.2022	25%
5	Розробка конструкції	20.04.2022	25%
6	Охорона праці	02.05.2022	10%
7	Висновки	20.05.2022	2%
8	Літературні джерела	25.05.2022	3%
9	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	30.05.2022	100%
10	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	16.06.2022	

Студент

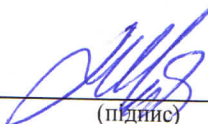

(підпис)

Валентин

ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

(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	6.141.190034.ПЗ	Пояснювальна записка	46		
4						
5			Запозичена			
6						
7			<u>Графічна частина</u>			
8			Заново розроблена			
9	A4	6.141.190034.01	Розробка принципової схеми	1		
10			блока живлення			
11	A4	6.141.190034.02	Розробка принципової схеми	1		
12			підключення мікроконтролера			
13	A4	6.141.190034.03	Система з'єднання пристрою з електромобілем	1		
14						
15	A4	6.141.190034.04	Розробка 3D конструкції	1		
16						
17			Запозичена			
18						
19			<u>Електронна частина</u>			
20						
21						
22						
23						
24						

					6.141.190034.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	Відомість кваліфікаційної роботи		
Розробив	Васильковськ						
Керівник	Муха А.М.						
Консульт							
Н. Контр.	Карзова О.О.						
Зав.кафед	Муха А.М.				Літ.		
					Арк.		Аркушів
					5		53
					МОН України. УДУНТ Кафедра «ЕТЕМ» Група ЕП19120		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра на тему: «Розробка комплексу контролю параметрів зарядження електромобіля на базі мікрокомп'ютера Arduino» містить: 46 сторінок основного тексту, 11 рисунків, 3 таблиці, 2 додаток, 12 літературних джерел.

Об'єкт розробки — мікроконтролер ATmega328 який керує зарядом електромобіля.

Мета роботи — розробка принципової схеми та конструкції зарядного мікропроцесорного пристрою для електромобілів.

Метод дослідження та апаратура — на основі аналізу технічної документації була створена принципова схема зарядного пристрою та друкована плата. Також була створена 3D модель корпусу та плати з використанням систем автоматизованого проектування.

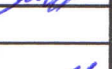
Результатом роботи є малогабаритний зарядний мікропроцесорний пристрій для електромобіля.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МОДЕЛЬ, ЗАРЯДНИЙ ПРИСТРІЙ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ПРИНЦИПОВА СХЕМА, ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ.

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 ОПИС МІКРОКОНТРОЛЕРА ATmega328	12
1.1 Огляд мікроконтролера ATmega328	12
1.1.2 Живлення	13
1.1.3 Входи і виходи	15
1.2 Опис ATmega.....	16
1.2.1 Короткий огляд	18
1.2.2 Сумісність ATmega103 та ATmega128	21
1.2.3 Режим сумісності з ATmega103	22
1.2.4 Опис виводів	23
РОЗДІЛ 2 РЕЖИМ РОБОТИ ЗАРЯДЯНОГО ПРИСТРОЮ	
ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ.....	27
2.1 Опис системи	27
2.1.2 Вибір основної потужності перемикання MOSFET	31
2.1.3 Вибір випрямного діода	31
2.1.4 Вибір вихідного конденсатора.....	31
2.1.5 Ємність на контакті VDD.....	32
2.1.6 Регулювання напруги в розімкнутому контурі проти ділянки	
резистора, лінійного компенсаційного резистора	33
2.2 Елементи зворотного зв'язку	35
2.2.2 Інтерфейс	35

					Пояснювальна записка			
					Розробка комплексу контролю параметрів зарядження електромобіля на базі мікрокомп'ютера Arduino	Літ.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Васильковський					1	1 : 1
Перевір.		Муха А.М.						
Т. Контр.						Арк.	7	Аркушів 53
Реценз.					6.141.190034.ПЗ	МОН України. УДУНТ Кафедра «ЕТЕМ» Група ЕП19120		
Н. Контр.		Карзова О.О.						
Затверд.		Муха А.М.						

2.2.3 Робочий цикл J1772	35
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	37
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ	39
РОЗДІЛ 5 ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК	42
5.1 Проведення випробувань обладнання. Вимірювання	42
5.2 Інструкція персоналу	43
ВИСНОВКИ	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46
СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ	47
ДОДАТОК А	48
ДОДАТОК Б	49

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ШІМ – це широтно-імпульсна модуляція

АС – це змінний струм, а DC – це постійний струм.

ICSP – внутрішньосхемне програмування.

UART – це зазвичай окрема мікросхема чи частина мікросхеми, що використовується для з'єднання через комп'ютерний чи периферійний послідовний порт.

FTDI – мікросхема.

HWB – лінія мікроконтролера.

SPI – це синхронний протокол послідовної передачі даних, який використовується для зв'язку мікроконтролера з одним або декількома периферійними пристроями.

ЕСПЗУ – це пам'ять на платі.

JTAG – це контролер для перепрограмування та налагодження процесора.

УСАПП – універсальний синхронно - асинхронний приймач-передавач.

TQFP – тип корпусу мікросхеми.

АЛП – арифметико-логічний пристрій.

AVR – восьмибітовий мікроконтролер.

CISC – це архітектура системи команд, в якій більшість команд є комплексними.

АЦП – це аналого-цифровий перетворювач.

IEEE – стандарт, що описує протокол для міських обчислювальних мереж.

RISC – архітектура процесорів зі скороченим набором команд.

FIFO – алгоритм заміщення комірок пам'яті.

PHEV – це підключаємий гібрид електромобіля.

ОЗУ – швидкодійна комп'ютерна пам'ять.

FET – транзистор.

UVLO – захист від заціпки при низьких напругах живлення та управління.

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасному світі все більше людей цікавляться електромобілями, так як вони набагато економічні та приносять менше шкоди екології ніж автомобілі внутрішнього згорання.

На сьогодні вчені шукають вирішення проблеми з автомобілями внутрішнього згорання, через їх викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Одне з таких рішень є популяризація електромобілів, це покращить положення нашої екології та не призведе до майбутньої екологічної катастрофи.

Електрокари не мають викидів вуглекислого газу у повітря, адже вони працюють на електроенергії. Також електромобілі не створюють шумове забруднення в містах.

Розвиток електромобілів може збільшення викиди парникових газів в секторі енергетики, однак наразі для екології це вибір є кращім, ніж автомобілі з внутрішнім згоранням.

Варто зазначити, що Національна транспортна стратегія до 2030 року, що була прийнята в травні 2018, передбачає збільшення частки електротранспорту у внутрішньому сполученні до 75% і загальне збільшення частки використання електротранспорту та електромобілів [1].

Використання електрокарів сприяє розвитку зеленої енергії в країні, а відтак – формуванню енергетичної незалежності від російського газу та нафти. Попит народжує пропозицію, тож в Україні збільшиться частка нових сонячних ферм та вітрових електростанцій.

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

На відміну від недешевого бензину, повна зарядка електрокара в середньому коштує 50 гривень. Повного заряду вистачає на дистанцію приблизно 150 км. Машині на бензині для цієї відстані потрібно десь 18–20 літрів палива. У грошовому вимірі це від 550 гривень.

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після розрахунків ви побачите, що зарядка електромобіля у середньому в 10 разів дешевша, ніж автівки на бензині [1].

Розроблено два законопроекти щодо переходу на «зелений» транспорт.

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].

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ОПИС МІКРОКОНТРОЛЕРА ATmega328

1.1 Огляд мікроконтролера ATmega328

Arduino Uno — це широко використовувана плата мікроконтролерів з відкритим кодом на базі мікроконтролера ATmega328P. У його склад входить все необхідне для зручної роботи з мікроконтролером: 14 цифрових входів/виходів (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів), 6 аналогових входів, кварцовий резонатор на 16 МГц, роз'єм USB, роз'єм живлення, роз'єм для програмування всередині схеми (ICSP) і кнопка скидання. Для початку роботи з пристроєм досить просто подати живлення від AC/DC-адаптера або батарейки, або підключити його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю.

На відміну від всіх попередніх плат Arduino Uno в якості перетворювача інтерфейсів USB-UART використовує мікроконтролер ATmega16U2 (ATmega8U2 до версії R2) замість мікросхеми FTDI [3].

На платі Arduino Uno версії R2 для спрощення процесу оновлення прошивки доданий резистор, що підтягує до землі лінію HWB мікроконтролера 8U2 [4].

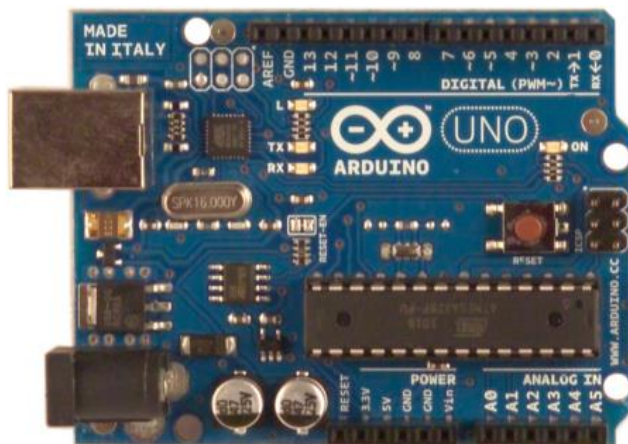


Рис. 1.1 – Arduino Uno (вид зверху)

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

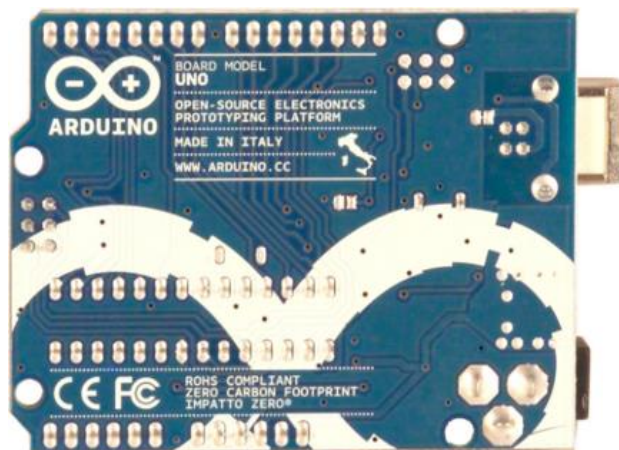


Рис. 1.2 – Arduino Uno (вид знизу)

Таблиця 1.1. Характеристики мікроконтролера ATmega328

Основні критерії	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5 В
Напруга живлення (рекомендований)	7-12 В
Напруга живлення(граничне)	6-20 В
Цифрові входи/виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися в кості ШІМ-виходів)
Аналогові входи	6
Максимальний струм одного виведення	40 мА
Максимальний вихід струм виводу 3.3 В	50 мА
Flash-пам'ять	32 КБ (ATmega328) з яких 0,5 КБ використовуються завантажувачем
SRAM	2 КБ (ATmega328)
EEPROM	1 КБ (Atmega328)
Тактова частота	16 МГц

1.1.2 Живлення

Arduino Uno може житися від USB або від зовнішнього джерела живлення — тип джерела вибирається автоматично [5].

В якості зовнішнього джерела живлення (НЕ USB) може використовуватися мережевий AC/DC-адаптер або акумулятор/батарея.

Штекер адаптера (діаметр – 2,1 мм, центральний контакт — позитивний) необхідно вставити у відповідний роз'єм живлення на платі. У разі живлення від акумулятора/батареї, її проводу необхідно під'єднати до висновків Gnd і Vin роз'єму POWER.

Напруга зовнішнього джерела живлення може бути в межах від 6 до 20 В. Однак, зменшення напруги живлення нижче 7 В призводить до зменшення напруги на виході 5 В, що може стати причиною нестабільної роботи пристрою. Використання напруги більше 12 В може призводити до перегріву стабілізатора напруги і виходу плати з ладу. З огляду на це, рекомендується використовувати джерело живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12 В.

Нижче перераховані виходи живлення, розташовані на платі.

- VIN. Напруга, що надходить в Arduino безпосередньо від зовнішнього джерела живлення (не пов'язане з 5 В від USB або іншим стабілізованою напругою). Через цей вивід можна як подавати зовнішнє живлення, так і споживати струм, коли пристрій живиться від зовнішнього адаптера.

- 5 В. На вивід надходить напруга 5 В від стабілізатора напруги на платі, поза незалежності від того, як живиться пристрій: від адаптера (7-12 В), від USB (5 В) або через вивід VIN (7-12 В). Живити пристрій через вивід 5 В або 3В3 не рекомендується, оскільки в цьому випадку не використовується стабілізатор напруги, що може привести до виходу плати з ладу.

- 3В3. 3,3 В, що надходять від стабілізатора напруги на платі. Максимальний струм, споживаний від цього виводу, становить 50 мА.

- GND. Вивід землі.

- IOREF. Цей вивід надає платам розширення інформацію про робочій напрузі мікроконтролера Arduino. Залежно від напруги, ліченого з виведення IOREF, плата розширення може перемкнутися на відповідне джерело живлення або задіяти перетворювачі рівнів, що дозволить їй працювати з 5 В, та з 3,3 В пристроями [4].

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.3 Входи і виходи

З використанням функцій `pinMode ()`, `digitalWrite ()` і `digitalRead ()` кожен з 14 цифрових виводів може працювати в якості входу або виходу. Рівень напруги на виводах обмежений 5 В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один вивід, становить 40 мА. Всі виводи пов'язані з внутрішніми підтягуючими резисторами (за умовчанням відключеними) номіналом 20-50 кОм. Крім цього, деякі виводи Arduino можуть виконувати додаткові функції:

- послідовний інтерфейс: виводи 0 (RX) і 1 (TX), використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних по послідовному інтерфейсу також ці виводи з'єднані з відповідними виводами мікросхеми ATmega8U2, яка виконує роль перетворювача USB-UART;

- зовнішні переривання: виводи 2 і 3, можуть служити джерелами переривань, що виникають при фронті, спаді або при низькому рівні сигналу на цих виводах [4].

- ШІМ: виводи 3, 5, 6, 9, 10 і 11, за допомогою функції `analogWrite ()` можуть виводити 8-бітові аналогові значення в вигляді ШІМ-сигналу;

- інтерфейс SPI: виводи 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK), із застосуванням бібліотеки SPI дані виводи можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу SPI;

- світлодіод 13, вбудований світлодіод, приєднаний до виводу 13, при відправці значення HIGH світлодіод включається, при відправці LOW — вимикається.

В Arduino Uno є 6 аналогових входів (A0-A5), кожен з яких може уявити аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значення). За умовчанням, вимір напруги здійснюється щодо діапазону від 0 до 5 В. Проте, верхню межу цього діапазону можна змінити, використовуючи вивід AREF і функцію `analogReference ()`. Крім цього, деякі з аналогових входів мають додаткові функції:

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- TWI, вивід A4 або SDA і вивід A5 або SCL, з використанням бібліотеки Wire дані виводи можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу TWI.

Крім перерахованих на платі існує ще кілька виводів:

- AREF, опорна напруга для аналогових входів, може бути задіяний функцією analogReference ();

- RESET, формування низького рівня (LOW) на цьому виводі призведе до перезавантаження мікроконтролера, зазвичай цей вивід служить для функціонування кнопки скидання на платах розширення [4].

1.2 Опис ATmega

Відмінні риси:

- високопродуктивний, малопотужний 8-розрядний AVR-мікроконтролер;
- розвинена RISC-архітектура 133 потужних інструкцій, більшість з яких виконуються за один машинний цикл 32 8-розр. регістрів загального призначення + регістри управління вбудованою периферією, повністю статична робота, продуктивність до 16 млн. операцій в секунду при тактовій частоті 16 МГц, вбудований множучий пристрій виконує множення за 2 машинні цикли;

- енергонезалежна пам'ять програм і даних, зносостійкість 128-ми кбайт, 1000 циклів запис/стирання, опціональний завантажувальний сектор з окремим програмованим захистом, внутрішньосистемне програмування вбудованою завантажувальною програмою, гарантована двоопераційність: можливість читання під час запису, зносостійкість 4 кбайт ЕСППЗУ: 100000 циклів запис/стирання пам'яті, програмований захист коду програми, інтерфейс SPI для внутрішньосистемного програмування;

- інтерфейс JTAG (сумісність зі стандартом IEEE 1149.1), граничне сканування відповідно до стандарту JTAG, широка підтримка функцій вбудованого налагодження, програмування флеш-пам'яті, ЕСППЗУ, біт конфігурації та захисту через інтерфейс JTAG [6];

- відмінні риси периферійних пристроїв, два 8-розрядних таймера-лічильника з роздільними межами та режимами порівняння, два розширені

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16-розрядні таймера-лічильника з окремими дільниками, режимами порівняння та режимами захоплення, лічильник реального часу з окремим генератором, два 8-розр. каналів ШІМ 6 каналів ШІМ з програмованою роздільною здатністю від 2 до 16 розрядів, модулятор виходів порівняння 8 мультиплексованих каналів 1х 2х 0 передачу даних у байтному форматі, два канали програмованих послідовних УСАПП, послідовний інтерфейс SPI з підтримкою режимів ведучий/підлеглий, програмований сторожовий таймер з вбудованим генератором, вбудований аналоговий компаратор;

- спеціальні можливості мікроконтролера, скидання при подачі живлення та програмована схема та внутрішні джерела переривань, шість режимів зниження енергоспоживання: холостий хід (Idle), зменшення шумів АЦП, економічний (Power-save), вимикання (Power-down), черговий (Standby) та р. асширений черговий (Extended Standby) Програмний вибір тактової частоти, конфігураційний біт для переведення в режим сумісності з ATmega103, загальне вимкнення підтягуючих резисторів на всіх лініях портів введення-виводу;

- введення-виведення та корпуси 53 програмовані лінії введення-виведення 6 корпус TQFP;

- робоча напруга 2.7-5.5 В для ATmega128L 4.5- 5.5 В для ATmega128;

- градації по швидкодії 0-8 МГц для ATmega128L 0-16 МГц для ATmega128 [7].

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

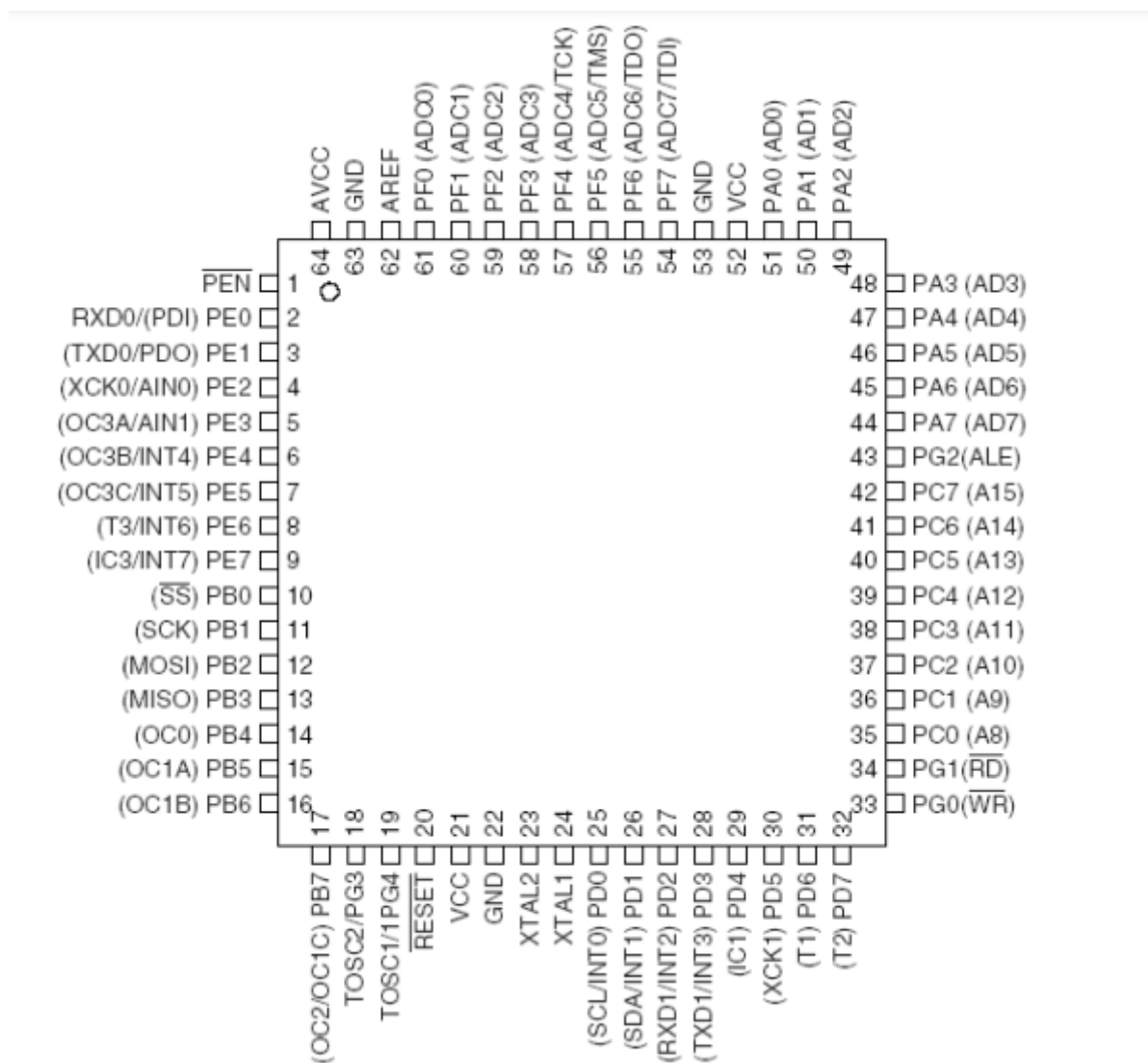


Рис. 1.3 – Розташування виводів у ATmega128

1.2.1 Короткий огляд

ATmega128 малопотужний 8-розр. КМОП мікроконтролер, заснований на розширеному AVR RISC-архітектурі. За рахунок виконання більшості інструкцій за один машинний цикл ATmega128 досягає продуктивності 1 млн операцій в секунду/МГц, що дозволяє проектувальникам систем оптимізувати співвідношення енергоспоживання та швидкодії [7].

Функціональна схема на рис. 1.4.

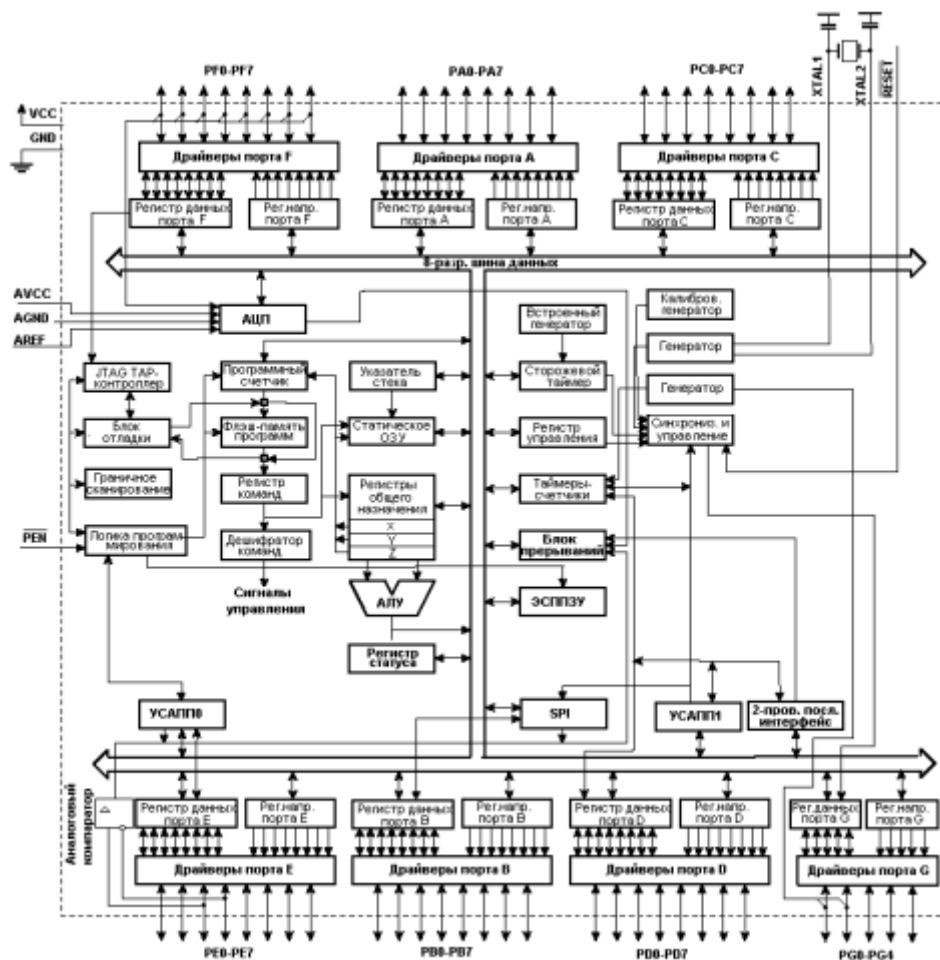


Рис. 1.4 – Функціональна схема

Ядро AVR поєднує багатий набір інструкцій із 32 універсальними робочими регістрами. Всі 32 регістри безпосередньо підключені до арифметико-логічного пристрою (АЛП), який дозволяє вказати два різні регістри в одній інструкції та виконати її за один цикл. Дана архітектура має більшу ефективність коду за рахунок досягнення продуктивності в 10 разів вище в порівнянні зі звичайними CISC-мікроконтролерами.

ATmega128 містить наступні елементи: 128 кбайт внутрішньосистемно програмованої флешпам'яті з підтримкою читання під час запису, 4 кбайт ЕСППЗУ, 4 кбайт статичного ОЗУ, 53 лінії універсального введення-виводу, 32 універсальних робочих регістру, лічильник реального часу (RT з режимами порівняння та ШІМ, 2 УСАПП, двопровідний послідовний інтерфейс орієнтований на передачу байт, 8-канальний 10-розр. АЦП з опціональним диференціальним входом з програмованим коефіцієнтом посилення, програмований сторожовий таймер з внутрішнім генератором,

послідовний порт SPI, випробувальний інтерфейс JTAG сумісний зі стандартом IEEE 1149.1, який також використовується для доступу до вбудованої системи налагодження і для програмування, а також потужності. Режим холостого ходу (Idle) зупиняє ЦПУ, але підтримуючи роботу статичного ОЗУ, таймерів-лічильників, SPI-порту та системи переривань. Режим вимкнення (Powerdown) дозволяє зберегти вміст регістрів, при зупиненому генераторі та вимкненні вбудованих функцій до наступного переривання або апаратного скидання. В економічному режимі (Power-save) асинхронний таймер продовжує роботу, дозволяючи користувачеві зберегти функцію рахунку часу, коли решта контролера перебуває у стані сну. Режим зниження шумів АЦП (ADC Noise Reduction) зупиняє ЦПУ та всі модулі введення-виводу, крім асинхронного таймера та АЦП для мінімізації імпульсних шумів у процесі перетворення АЦП. У черговому режимі (Standby) кварцовий/резонаторний генератор продовжують роботу, решта мікроконтролера перебуває у режимі сну. Даний режим характеризується малою споживаною потужністю, але при цьому дозволяє досягти найшвидшого повернення в робочий режим. У розширеному черговому режимі (Extended Standby) основний генератор та асинхронний таймер продовжують працювати.

Мікроконтролер виготовляється за технологією високощільної енергонезалежної пам'яті компанії Atmel. Вбудована внутрішньосистемно-програмована флеш-пам'ять дозволяє перепрограмувати пам'ять програм безпосередньо всередині системи через послідовний інтерфейс SPI за допомогою простого програматора або за допомогою автономної програми в завантажувальному секторі. Завантажувальна програма може використовувати будь-який інтерфейс для завантаження прикладної програми у флеш-пам'ять. Програма у завантажувальному секторі продовжує роботу в процесі оновлення прикладної секції флеш-пам'яті, тим самим підтримуючи двоопераційність: читання під час запису. За рахунок поєднання 8-розр. RISC ЦПУ із внутрішньосистемно самопрограмованою

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

флеш-пам'яттю в одній мікросхемі ATmega128 є потужним мікроконтролером, що дозволяє досягти високого ступеня гнучкості та ефективної вартості при проектуванні більшості програм вбудованого управління.

ATmega128 підтримується повним набором програмних та апаратних засобів для проектування, у тому числі: Сі-компілятори, макроасемблери, програмні відладники/симулятори, внутрішньосистемні емулятори та оціночні набори [7].

1.2.2 Сумісність ATmega103 та ATmega128

ATmega128-мікроконтролер високої складності, де кількість розташування вводу-виводу становить 64 місця, зарезервованих в наборі інструкцій. Для гарантування зворотної сумісності з ATmega103 всі розташування вводу-виводу ATmega103 збігаються з ATmega128. Деякі позиції введення-виводу додані в розширений простір введення-виводу, починаючи з \$60 до \$F, (тобто у внутрішньому ОЗУ ATmega103). Доступ до цих положень здійснюється лише за допомогою інструкцій LD/LDS/LDD та ST/STS/STD, а не за допомогою IN та OUT. Перерозподіл внутрішнього простору ОЗУ може стати проблемою користувачів ATmega103. Крім того, якщо в коді програми використовуються абсолютні адреси переривань, це також викликає проблему, так як у ATmega128 збільшено число векторів переривань. Для вирішення цих проблем можна використовувати режим сумісності з ATmega103, для чого необхідно запрограмувати конфігураційний біт M103C. У цьому режимі не доступні функції розширеного простору введення-виводу, тому числі досягнуто розташування внутрішнього ОЗУ як ATmega103. Також видалено розширені вектори переривань.

ATmega128 повністю сумісний з розташування висновків з ATmega103 і може бути встановлений на існуючу плату для ATmega103.

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.3 Режим сумісності з ATmega103

Якщо запрограмувати конфігураційний біт M103C, то ATmega128 функціонуватиме в режимі сумісності з ATmega103, налаштовуючи ОЗУ, лінії введення-виводу та вектори переривань, як описано вище. Однак деякі нові функції ATmega128 у цьому режимі стануть недоступними. Ці функції перелічені нижче:

- один УСАПП замість двох, лише асинхронний режим (доступні лише 8 молодших розрядів у регістрі швидкості зв'язку);
- один 16-розр. таймер-лічильник з двома регістрами порівняння замість двох 16-розр. таймерлічильників із трьома регістрами порівняння;
- не підтримується двопровідний послідовний інтерфейс;
- порт C діє лише на виведення;
- порт G виконує лише альтернативні функції (не універсальне введення-виведення);
- порт F діє лише як цифрове введення на додаток до аналогового введення до АЦП;
- не підтримуються можливості автономного програмування із завантажувального сектора;
- неможливо регулювати частоту внутрішнього каліброваного RC-генератора;
- інтерфейс зовнішньої пам'яті не може звільнити адресні сигнали, що не використовуються, для завдань універсального введення-виводу, не конфігуруються різні паузи для різних діапазонів адрес зовнішньої пам'яті.

Крім того, для більшої сумісності з ATmega103 виконано інші незначні зміни:

- у регістрі MCUCSR присутні тільки EXTRF та PORF;
- тимчасова послідовність не потрібна для зміни періоду переповнення сторожового таймера;
- запити на зовнішні переривання 3-0 генеруються лише за рівнем вхідного сигналу;

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- УСАПП не має буфера FIFO, тому переповнення при прийомі даних відбувається раніше.

Невикористовувані біти введення-виводу, що не використовуються, у ATmega103 повинні бути скинуті (запис 0) для гарантування однакового функціонування у складі ATmega128.

1.2.4 Опис виводів

1) V_{CC}

Напруга живлення цифрових елементів.

2) GND

Загальний.

3) Порт А (РА7..РА0)

Порт А $\sqrt{}$ 8-розр. порт двонаправленого введення-виводу з внутрішніми резисторами, що підтягують до плюсу (вибираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту А мають симетричну вихідну характеристику з однаковими струмами, що витікають і витікають. При введенні лінії порту А діятимуть як джерело струму, якщо зовні діє низький рівень і включені підтягуючі резистори. Виводи порту А перебувають у третьому (високоімпедансному) стані під час умови скидання, навіть якщо синхронізація не запущена. Порт А також виконує деякі спеціальні функції ATmega128, описані далі.

4) Порт В (PB7..PB0)

Порт В $\sqrt{}$ 8-розр. порт двонаправленого введення-виводу з внутрішніми резисторами, що підтягують до плюсу (вибираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту В мають симетричну вихідну характеристику з однаковими струмами, що витікають і витікають. При введенні лінії порту В будуть діяти як джерело струму, якщо зовні діє низький рівень і включені підтягуючі резистори. Виводи порту В перебувають у третьому (високоімпедансному) стані під час умови скидання, навіть якщо синхронізація не запущена. Порт також виконує деякі спеціальні функції ATmega128, описаних далі.

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) Порт C (PC7..PC0)

Порт В $\sqrt{}$ 8-розр. порт двонаправленого введення-виводу з внутрішніми резисторами, що підтягують до плюсу (вибираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту В мають симетричну вихідну характеристику з однаковими струмами, що витікають і витікають. При введенні лінії по9рту В будуть діяти як джерело струму, якщо зовні діє низький рівень і включені підтягуючі резистори. Виводи порту В перебувають у третьому (високоімпедансному) стані під час умови скидання, навіть якщо синхронізація не запущена. Порт також виконує деякі спеціальні функції ATmega128, описаних далі.

6) Порт D (PD7..PD0)

Порт D $\sqrt{}$ 8-розр. порт двонаправленого введення-виводу з внутрішніми резисторами, що підтягують до плюсу (вибираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту D мають симетричну вихідну характеристику з однаковими струмами, що витікають і витікають. При введенні лінії порту D будуть діяти як джерело струму, якщо зовні діє низький рівень і включені підтягуючі резистори. Виводи порту D перебувають у третьому (високоімпедансному) стані під час умови скидання, навіть якщо синхронізація не запущена. Порт D також виконує деякі спеціальні функції ATmega128, описані далі.

7) Порт E (PE7..PE0)

Порт E $\sqrt{}$ 8-розр. порт двонаправленого введення-виводу з внутрішніми резисторами, що підтягують до плюсу (вибираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту E мають симетричну вихідну характеристику з однаковими струмами, що витікають і витікають. При введенні лінії порту E будуть діяти як джерело струму, якщо зовні діє низький рівень і включені підтягуючі резистори. Виводи порту E перебувають у третьому (високоімпедансному) стані під час умови скидання, навіть якщо синхронізація не запущена. Порт E також виконує деякі спеціальні функції ATmega128, описані далі.

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8) Порт F (PF7..PF0)

Порт F діє як аналогове введення аналогово-цифрового перетворювача. Порт F також може використовуватись як 8-розр. порт двонаправленого вводу-виводу, якщо АЦП не використовується. До кожної лінії порту може бути підключений вбудований резистор, що підтягує до плюса (вибирається окремо для кожного біта). Вихідні буфери порту F мають симетричну вихідну характеристику з однаковими струмами, що витікають і витікають. При введенні лінії порту F будуть діяти як джерело струму, якщо зовні діє низький рівень і включені підтягуючі резистори. Виводи порту F перебувають у третьому (високоімпедансному) стані під час умови скидання, навіть якщо синхронізація не запущена. Якщо активовано інтерфейс JTAG, підтягуючі резистори на лініях PF7(TDI), PF5(TMS) і PF4(TCK) будуть підключені, навіть якщо виконується Скидання. Висновок TDO знаходиться в третьому стані, якщо не введено стан TAP, при якому зсуваються дані, що виводяться. Порт F також виконує функції інтерфейсу JTAG. У режимі сумісності з ATmega103 порт F діє лише на введення.

9 Порт G (PG4..PG0)

Порт G $\sqrt{5}$ -розр. порт двонаправленого введення-виводу з внутрішніми резисторами, що підтягують до плюсу (вибираються окремо для кожного розряду). Вихідні буфери порту G мають симетричну вихідну характеристику з однаковими струмами, що витікають і витікають. При введенні лінії порту G будуть діяти як джерело струму, якщо зовні діє низький рівень і включені підтягуючі резистори. Виводи порту G перебувають у третьому (високоімпедансному) стані під час умови скидання, навіть якщо синхронізація не запущена. Порт G також виконує деякі спеціальні функції ATmega128. У режимі сумісності з ATmega103 дані висновки використовуються як стробуючі сигнали інтерфейсу зовнішньої пам'яті, а також як вхід генератора 32 кГц, а при дії скидання вони асинхронно приймають такі стани: PG0 = 1, PG1 = 1 і PG2 = 0, навіть якщо синхронізація не запущена. PG3 та PG4 $\sqrt{2}$ висновки генератора.

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10) RESET

Вхід скидання. Якщо на цей вхід додати низький рівень тривалістю більш мінімально необхідною, буде генеровано скидання незалежно від роботи синхронізації. Мінімальна тривалість зовнішнього імпульсу скидання наведена у табл. 19. Дія імпульсу меншої тривалості не гарантує генерацію скидання.

11) XTAL1

Вхід інвертуючого підсилювача генератора та вхід зовнішньої синхронізації.

12) XTAL2

Вихід інвертуючого підсилювача генератора.

13) AV_{CC}

Вхід живлення порту F та аналогово-цифрового перетворювача. Він повинен бути зовні пов'язаний з VCC, навіть якщо АЦП не використовується. З використанням АЦП цей висновок пов'язані з VCC через фільтр низьких частот.

14) AREF

Вхід підключення джерела опорної напруги АЦП.

15) PEN

Вхід роздільної здатності програмування для режиму послідовного програмування через інтерфейс SPI. Якщо під час дії скидання при подачі живлення цей вхід подати низький рівень, то мікроконтролер перетворюється на режим послідовного програмування через SPI. У робочому режимі PEN не виконує жодних функцій [7].

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

РЕЖИМИ РОБОТИ ЗАРЯДНОГО ПРИСТРОЮ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Обладнання для обслуговування електромобілів (EVSE) сприяє безпечній подачі електроенергії до електромобілів із 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 ізолюваний допоміжний каскад AC/DC, за яким слідують перетворювачі та лінійні стабілізатори, керуючий інтерфейс на основі порівняння, який відповідає стандарту SAE J1772, ефективне реле та контакторний привод та ізолюваний датчик напруги в мережі на реле і контактор [8].

2.1 Опис системи

Електричні транспортні засоби (EVS), включаючи гібридні електромобілі (PHEV), отримують енергію від електричної мережі через обладнання для живлення електромобілів (EVSE), більш відоме як зарядні пристрої для електромобілів. Щоб полегшити подачу електроенергії до автомобіля, EVSE знаходиться між стабільним мережевим з'єднанням і транспортним засобом, як показано на рис. 2.1.

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

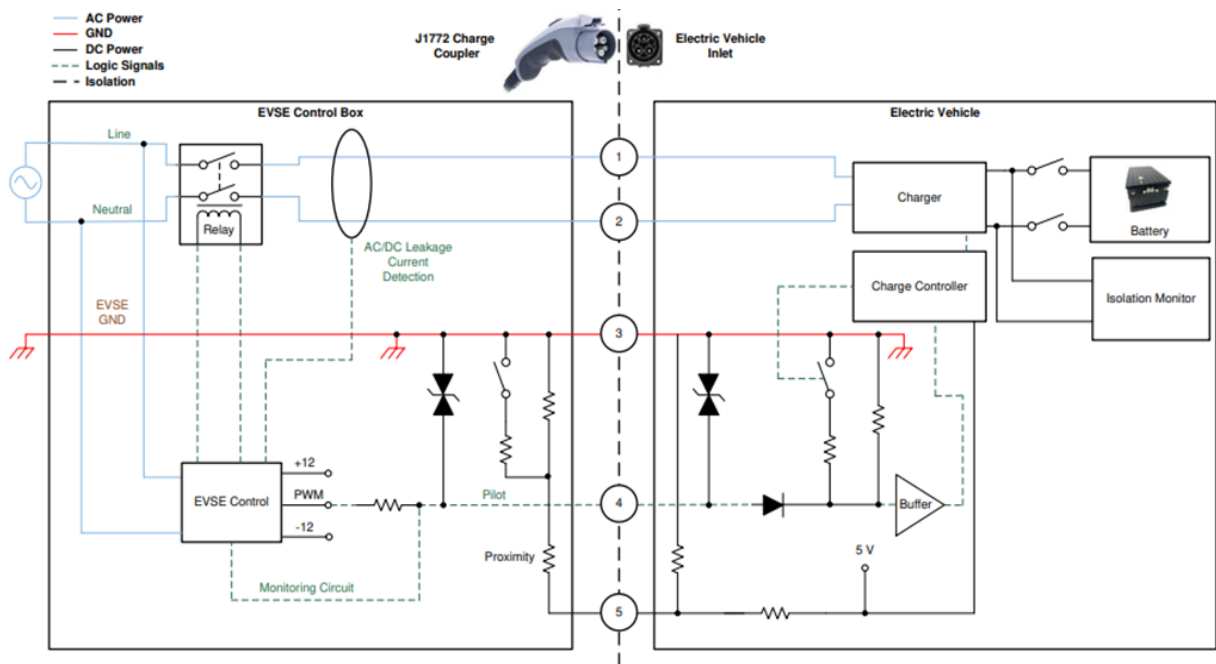


Рис. 2.1 – Конфігурація системи AC рівень 1 і рівень 2

Основні функції EVSE включають:

- регульований електричний струм: гарантує, що оптимальний струм забезпечується і знаходиться в межах максимального струму, який може витримати електрокар;
- виявлення залишкового струму змінного/постійного струму (RCD);
- реле та контакторний привод та виявлення контактів із замком;
- вимірювання енергії;
- автоматичне відключення: при виявленні апаратної несправності живлення вимикається, щоб уникнути таких ризиків, як пошкодження акумулятора, коротке замикання або вогонь;
- функція безпечного блокування: запобігає протіканню струму, коли зарядний пристрій не підключено до електромобіля.

SAE J1772 або еквівалентні стандартні зарядні станції для електромобілів. 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 керуючу схему на транспортному засобі та виконує такі функції:

- перевіряє наявність транспортного засобу та його підключення;
- дозволяє підключення та знеструмлення джерела живлення;
- передає обладнання живлення поточний рейтинг автомобіля;
- відстежує наявність заземлення обладнання;
- встановлює вимоги до вентиляції автомобіля.

Таблиця 2.1. Параметри генератора пілотного сигналу управління відповідно до SAE J1772

Параметр (1)	Мін.	Ном.	Макс.	Одиниця
Висока напруга, обрив кола	11,	12,		В
Низька напруга, обрив кола	-	-		В
Частота	—	10	—	Гц
Ширина імпульсу (2)	—	5	—	мкс
Ширина імпульсу (3)	—	2	—	мкс
Час падіння (3)	—	2	—	мкс
Час встановлення (4)	—	3	—	мкс

Пояснення до табл. 2.1:

(1) Допуски, які необхідно підтримувати протягом умов навколишнього середовища та терміну служби, як зазначено виробником.

(2) Виміряно на 50% точок повного переходу від негативного до позитивного або від позитивного до негативного.

(3) Від 10% до 90% повний перехід від негативного до позитивного або від 90% до 10% повного переходу з позитивного в негативний, виміряний між виходом генератора імпульсів і R1. Термін «генератор» відноситься до схеми EVSE, що передує і керує вихідним резистором 1 кОм за допомогою ± 12 В. Ця схема повинна мати час наростання/спаду швидше ніж 2 мкс. Повільніший час наростання/спаду почнуть помітно додавати до часу наростання/спаду вихідного сигналу, продиктованого резистором 1 кОм і всією ємністю піотної лінії.

(4) До 95% усталеного значення, виміряного з початку переходу.

Витоки змінного та постійного струму, виявлення залишкового струму (RCD). Основною вимогою для забезпечення захисту під час зарядки електромобіля є здатність виявляти залишкові струми змінного та постійного струму і таким чином зменшувати ризик ураження електричним струмом або пожежі.

Низький рівень очікування EVSE для сертифікації ENERGY STAR: 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 зарядний пристрій, який на в середньому споживає на 40% менше енергії, ніж стандартний зарядний пристрій для електромобілів, коли зарядний пристрій перебуває в режимі очікування (тобто не заряджає автомобіль активно).

Ефективний привод реле та контактора у звичайних випадках використання сильнотрумового реле або контактори зазвичай можуть споживати від 10 до 100 міліампер як індуктивного навантаження, що вимагає певної архітектури приводу. Через те, що реле або контактор потребує часу, щоб залишатися на живленні, ефективне рішення для приводу є кращим, щоб уникнути теплових проблем.

Виявлення контактного зварювання: 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, це перевірка щоразу, коли реле відкривається.

Цей еталонний дизайн демонструє наднизький резервний ізольований каскад допоміжної потужності змінного/постійного струму, за яким слідує наднизький I_Q , а також оптимізовані за ціною перетворювачі та лінійні стабілізатори, пілот-інтерфейс на основі компаратора, що відповідає стандарту SAE J1772, ефективне рішення драйвера реле та контактора і

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цифровий ізолятор на основі лінійної напруги для виявлення плавлення контактів реле та контактора через дугу [8].

2.1.2 Вибір основної потужності перемикання MOSFET

Середньоквадратичний струм від стоку до джерела, через перемикаючий FET розраховується за допомогою рівняння (2.1):

$$I_{DS_RMS} = I_{pp(max)} \cdot \sqrt{\frac{D_{MAX}}{3}}, \quad (2.1)$$

$$I_{DS_RMS} = 0,81 \cdot \sqrt{\frac{0,485}{3}} = 0,325 \text{ A.}$$

Вибрали MOSFET з п'ятикратним обчисленням I_{DS_RMS} . Максимальну напругу на FET можна оцінити за допомогою рівняння (2.2):

$$V_{DSPK} = (V_{IN(max)} \cdot \sqrt{2}) + (V_{OCV} + V_F) \cdot N_{PS} + V_{LK}, \quad (2.2)$$

$$V_{DSPK} = (265 \cdot \sqrt{2}) + (13 + 0,6) \cdot 11 + 150 = 624,31 \text{ В.}$$

Згідно розрахунків номінальна напруга MOSFET має становити близько 700 В постійного струму [8].

2.1.3 Вибір випрямного діода

Розраховували потрібну зворотну напругу або блокуючу напругу на вторинному вихідному діоді або синхронному випрямлячі FET ($V_{DIODE_BLOCKING}$) розраховували за допомогою рівняння (2.3):

$$V_{DIODE_BLOCKING} = \frac{V_{IN_DC(max)}}{N_{PS}} + V_{OCV} + V_{OCBC}, \quad (2.3)$$

$$V_{DIODE_BLOCKING} = \frac{375}{11} + 13 = 47,1.$$

Для цієї еталонної конструкції вибрано діод Шоттки з напругою 60 В і прямим струмом 1 А [8].

2.1.4 Вибір вихідного конденсатора

Для цієї еталонної конструкції вихідний конденсатор (COUT) для виходу вибирається так, щоб запобігти падінню V_{OUT} ($= 13 \text{ В}$) нижче мінімальної

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вихідної напруги (V_{OTRM}) під час перехідних процесів до 0,1 В і пульсацій напруги менше 100 мВ, визначається за рівнянням (2.4), (2.5):

$$C_{OUT} \geq \frac{\frac{I_{OCC}}{2} \cdot (t)}{V_{OCV} - V_{OTRM}}. \quad (2.4)$$

Взяли $V_{OTRM} = 12,9$ В.

$$C_{OUT} \geq \frac{\frac{1,1}{2} \cdot (50)}{13 - 12,9} \geq 275 \text{ мкФ}. \quad (2.5)$$

Враховуючи допустиму вихідну напругу пульсацій 100 мВ (5%), ESR і RMS струм конденсатора розраховується за рівнянням (2.6), (2.7):

$$ESR = \frac{V_{OUT_RIPPLE}}{I_{SEC(max)}}, \quad (2.6)$$

$$ESR = \frac{100}{8,91} = 11,22 \text{ кОм}.$$

$$I_{COUT_RMS} = \sqrt{(I_{SEC_RMS})^2 - (I_{OCC})^2}, \quad (2.7)$$

$$I_{COUT_RMS} = \sqrt{(3,58)^2 - (1,1)^2} = 3,4 \text{ А}.$$

На виході згідно розрахунків був обраний один конденсатор ємністю 680 мкФ [8].

2.1.5 Ємність на контакті VDD

Ємність VDD повинна забезпечувати робочий струм пристрою, поки вихід перетворювача не досягне цільової мінімальної робочої напруги в регулюванні СС. Ємність VDD повинна забезпечувати робочий струм первинної сторони, який використовується під час запуску та між низькочастотними імпульсами перемикавання. Найбільший результат двох незалежних обчислень, позначених у рівнянні (2.8), визначає значення C_{VDD} .

Під час запуску, коли $V_{VDD(on)}$ досягається, C_{VDD} лише подає робочий струм пристрою та струм затвора MOSFET, поки вихід перетворювача не досягне цільової мінімальної робочої напруги в регулюванні СС, V_{OCC} .

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепер допоміжна обмотка підтримує VDD для пристрою UCC28740 вище UVLO. Загальний вихідний струм, доступний для навантаження та для зарядки вихідних конденсаторів, є цільовим значенням регулювання CC, I_{OCC} . Рівняння (2.8) передбачає, що весь вихідний струм перетворювача доступний для зарядки вихідної ємності, поки не буде досягнуто V_{OCC} . Для типових застосувань рівняння (2.9) включає оцінку $q_G \cdot f_{SW(max)}$ середнього струму приводу затвора та запас 1 В, доданий до V_{VDD} .

$$C_{VDD} \geq \frac{(I_{RUN} + q_G f_{SW(max)}) \cdot \frac{C_{OUT} \cdot V_{OCC}}{I_{OCC}}}{V_{DD(on)} - (V_{DD(off)} + 1V)}, \quad (2.8)$$

$$C_{VDD} \geq \frac{(2 + 9,9 \cdot 80) \cdot \frac{680 \cdot 13,5}{1,1}}{21 - (8,5 + 1V)} \geq 1,85 \text{ мкФ}. \quad (2.9)$$

Поточна конструкція використовує конденсатори ємністю 10 мкФ і 2,2 мкФ [8].

2.1.6 Регулювання напруги в розімкнутому контурі проти ділянки резистора, лінійного компенсаційного резистора

Резисторний діляник на виводі VS визначає точку регулювання вихідної напруги зворотного перетворювача. Крім того, резистор діляника 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 та бажаного робочого порога вхідної напруги.

$$R_{S1} = \frac{V_{IN(run)} \cdot \sqrt{2}}{N_{PA} \cdot I_{VSL(min)}}, \quad (2.10)$$

де N_{PA} – відношення первинного та допоміжного витків трансформатора;

$V_{IN(run)}$ – напруга ACRMS, що дозволяє включити контролер (пробіг) у разі входу постійного струму, не включаючи член $\sqrt{2}$ у рівнянні;

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$V_{SL(run)}$ — порогове значення для струму, що витягується з контакту VS під час увімкнення.

$$R_{S1} = \frac{80 \cdot \sqrt{2}}{9,78 \cdot 275} = 42,05 \text{ кОм.}$$

Штифтовий резистор VS низької сторони вибирається на основі бажаної напруги регулювання V_{OUT} в умовах розімкнутого контуру і встановлює максимально допустиму напругу в умовах розімкнутого контуру.

$$R_{S2} = \frac{R_{S1} \cdot V_{OVPTH}}{N_{AS} \cdot (V_{OV} - V_F) - V_{OVPTH}}, \quad (2.11)$$

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

V_F – пряме падіння випрямляча на виході при нульовому струмі;

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

V_{OVPTH} – поріг виявлення перенапруги на вході VS.

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

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

$$R_{LC} = \frac{K_{LC} \cdot R_{S1} \cdot R_{CS} \cdot t_D \cdot N_{PA}}{L_p}, \quad (2.12)$$

$$R_{LC} = \frac{28,6 \cdot 42,05 \cdot 1 \cdot (46 + 50) \cdot 9,78}{680} = 1,6 \text{ кОм.}$$

де t_D – затримка вимірювання струму, включаючи затримку вимкнення МОП-транзистора;

K_{LC} – константа масштабування струму [8].

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Елементи зворотного зв'язку

Вихідна напруга встановлюється через резистори чутливої мережі R_{FB1} і R_{FB2} . Вибрали значення резистора зворотного зв'язку на основі бажаної вихідної напруги за допомогою рівняння (2.13):

$$V_{th} = \frac{V_{OCV} \cdot R_{FB2}}{R_{FB1} + R_{FB2}}, \quad (2.13)$$

де:

$V_{th} = 2,5$ В, це стандартне значення опорного пілот сигналу.

Компенсаційна мережа операційного підсилювача, Z_{FB} , визначається з використанням усталених методів проектування для стабільності контуру керування. Як правило, використовується компенсаційна мережа типу II [8].

2.2.2 Інтерфейс пілотного сигналу керування

Контрольна схема управління є основним засобом керування для забезпечення належної роботи під час підключення 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 на транспортний засіб через зарядний шнур. Потім транспортний засіб може реагувати, поміщаючи різні навантаження на лінію, впливаючи на її напругу, яку вимірює EVSE [8].

2.2.3 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.

Зв'язок між робочим циклом і струмом визначається двома різними рівняннями залежно від заданого діапазону струму; для послуги 6-51-A, це:

$$\text{Робочий цикл} = \frac{\text{Amps}}{2,5}. \quad (2.14)$$

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для більш високого рівня обслуговування в діапазоні від 51 до 80 А це:

$$\text{Робочий цикл} = \frac{Amps}{2,5} + 64. \quad (2.15)$$

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

Таблиця 2.2. 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 зазвичай можна встановити як постійне значення у мікропрограмі, оскільки він так тісно пов'язаний із зовнішнім апаратним забезпеченням. Удосконалені EVSE з інтерфейсом людини-машини (HMI) можуть дозволити зменшити струм, якщо сервісна лінія не може забезпечити достатній струм зі стабільною напругою. Значне падіння напруги в результаті втрат проводів можливе в цих застосуваннях із високим струмом [8].

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

За допомогою програми EasyEDA розроблено принципову схему блока живлення та підключення мікропроцесора [9].

На рис. 3.1 показана принципова схема блока живлення.

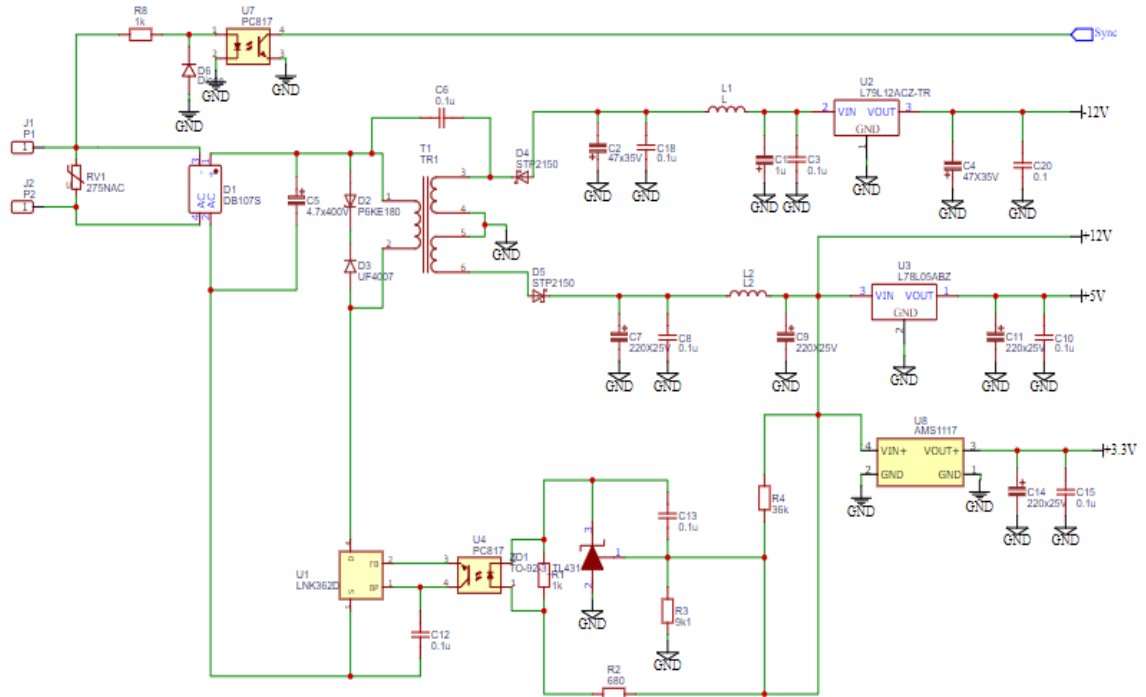


Рис. 3.1 – Принципова схема блока живлення

На рис. 3.2 показана принципова схема підключення мікропроцесора.

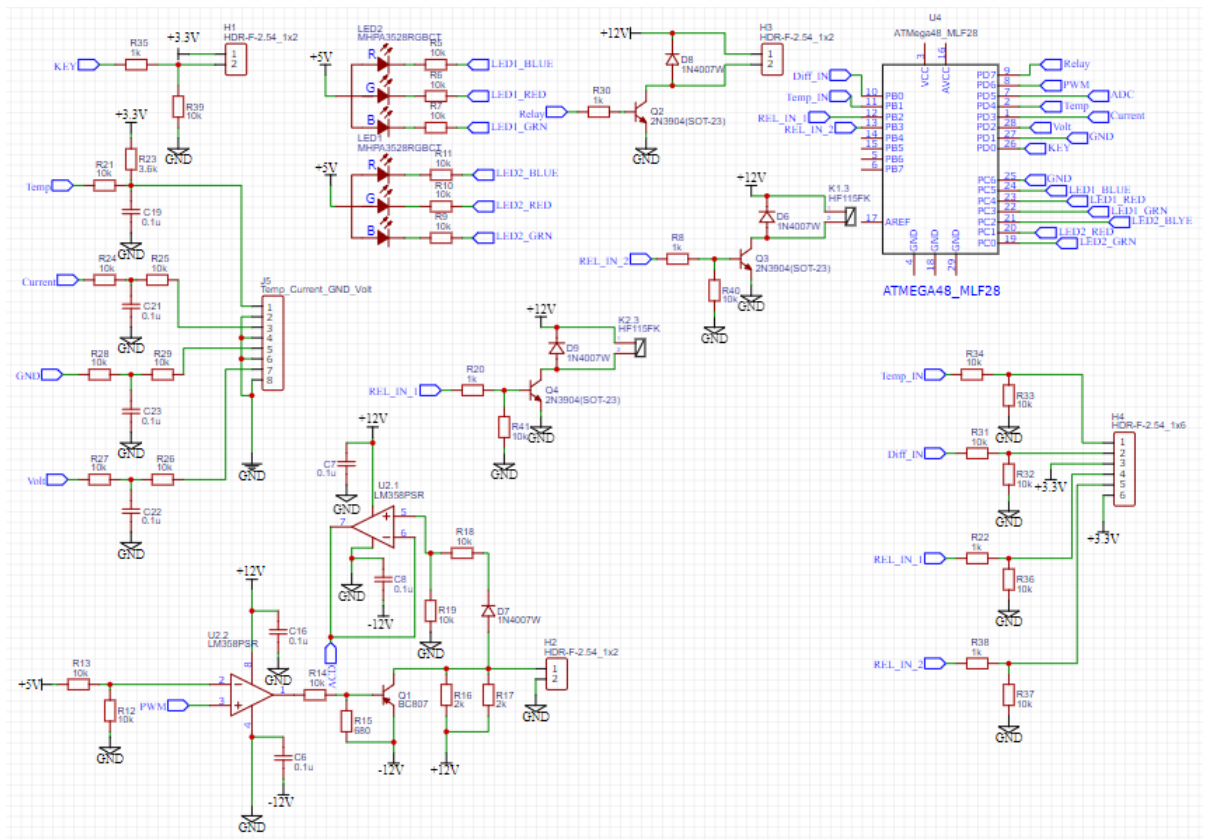


Рис. 3.2 – Принципова схема підключення мікропроцесора

РОЗДІЛ 4

РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ

За допомогою програмного забезпечення SolidWorks2014 розроблено конструкцію, 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 перемикання режимів роботи схеми [10].

На рис. 4.1 показано 3D модель розробленої конструкції.

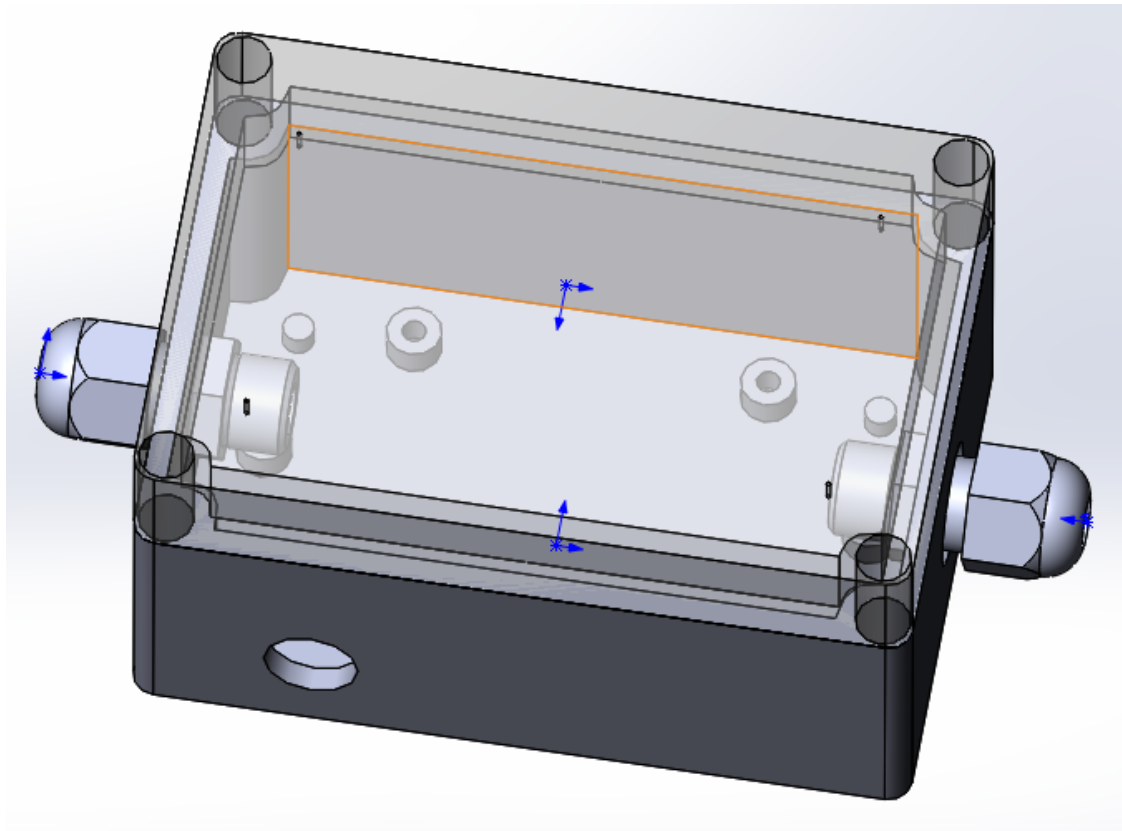


Рис. 4.1 – 3D модель конструкції

На рис. 4.2 показаний вид збоку 3D моделі

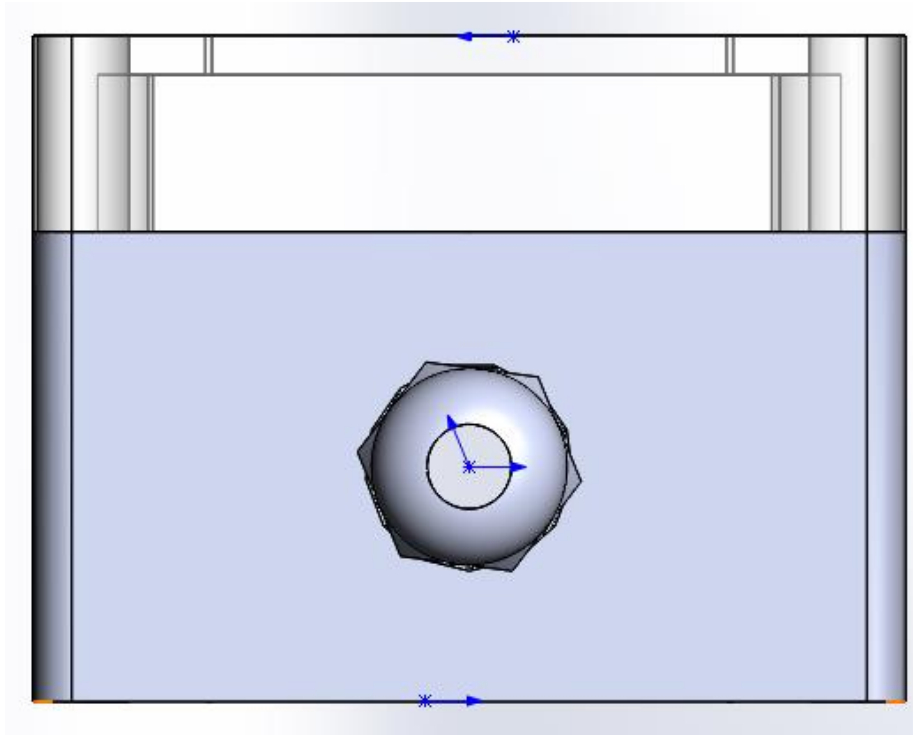


Рис. 4.3 – 3D модель конструкції (вид збоку)

На рис. 4.2 показаний вид зверху 3D моделі

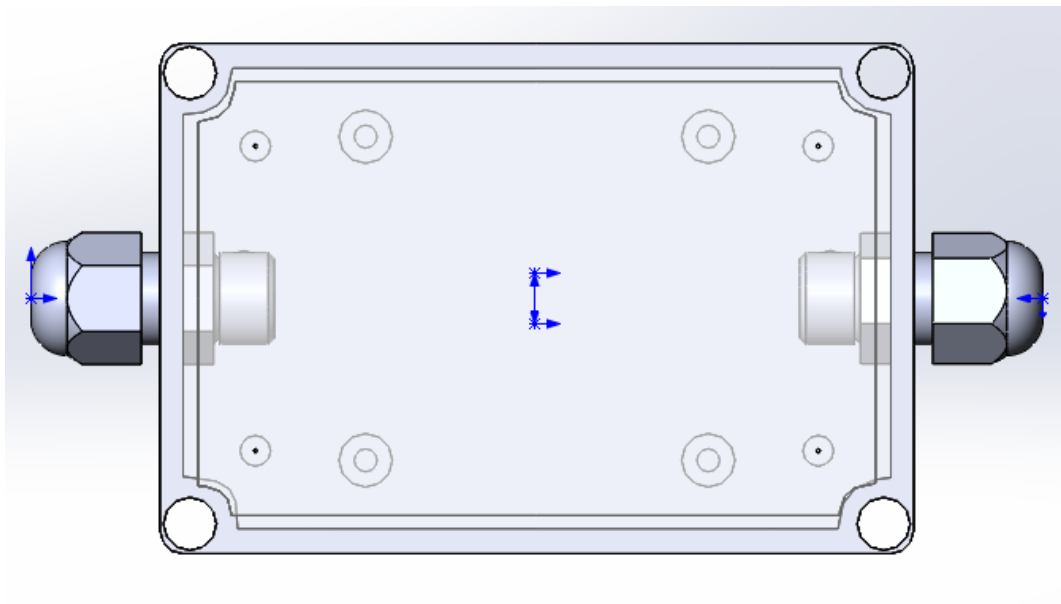


Рис. 4.2 – 3D модель конструкції (вид зверху)

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рис. 4.4 показаний вид спереду 3D моделі

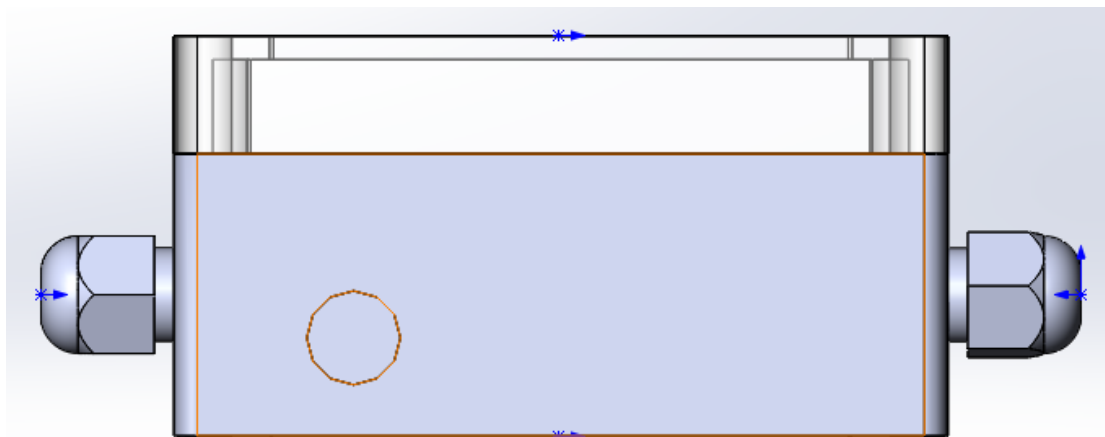


Рис. 4.4 – 3D модель конструкції (вид спереду)

Конструкція була виготовлена з АБС-пластика. Завдяки цьому матеріалу, конструкція захищена від високих температур та має властивості ударостійкості та пружності [11].

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

РОЗДІЛ 5

ІНСТРУКЦІЯ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ДЛЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

5.1 Проведення випробувань обладнання. Вимірювання

Проведення випробувань з подачею підвищеної напруги від стороннього джерела струму.

Забороняється проведення електричних випробувань обладнання і електричних вимірювань випробувальними електроустановами і електротехнічними лабораторіями, які не мають відповідного дозволу.

Випробування проводяться бригадами у складі не менше двох працівників, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, а інші – групу III.

Проведення випробувань можуть виконувати тільки працівники, які пройшли спеціальну підготовку і перевірку знань схем випробувань і правил в обсязі даного розділу та мають практичний досвід проведення випробувань в умовах діючих електроустановок, одержаний в період стажування тривалістю не менше 1 місяця під контролем досвідченого працівника з групою III. Вказана перевірка провадиться одночасно з загальною перевіркою знань цих правил безпеки в ті ж терміни і тією ж комісією з включенням до її складу спеціаліста з випробування устаткування, який має V групу з електробезпеки, під час перевірки знань працівників, які проводять випробування в електроустановках напругою понад 1000 В, і групу IV - під час перевірки знань працівників, які проводять випробування в електроустановках напругою до 1000 В, про що робиться відповідний запис в посвідченні і в журналі.

Працівники підприємств, міністерств і відомств, які мають свої галузеві правила безпеки під час експлуатації електроустановок, що проводять випробування електроустановок споживачів, повинні проходити перевірку знань цих правил.

Випробування в електроустановках напругою понад 1000 В проводиться за нарядом. Випробування електродвигунів напругою понад

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1000 В, від яких від'єднанні кабелі живлення і кінці їх заземлені, можуть виконуватись за розпорядженням.

Допуск за нарядом, що виданий на проведення випробувань, або на проведення, крім випробувань, підготовчих і ремонтних робіт, може бути проведений тільки після виводу з робочих місць інших бригад, які працюють на обладнанні, що підлягає випробуванню, і здачі ними нарядів.

У склад бригади, що проводить випробування, можуть бути включені ремонтні працівники з групою II для виконання підготовчих робіт, для охорони устаткування, що випробовується, а також для виконання роз'єднання і з'єднання шин.

5.2 Інструкція персоналу

До початку випробувань керівник робіт має проінструктувати цих працівників про заходи безпеки, необхідні під час проведення випробувань.

В склад бригади, яка виконує ремонт або монтаж устаткування, в свою чергу можуть бути включені працівники налагоджувальних організацій або електролабораторій для проведення необхідних випробувань.

У цьому разі відповідальність за безпеку проведення випробувань покладається на керівника робіт, чи за його вказівкою, на старшого з працівників лабораторії або налагоджувальної організації з групою IV.

У цьому випадку про керівника проведення випробувань в процесі монтажу або ремонту робиться відповідна позначка в наряді в рядку «Доручається». Вказівки цих осіб обов'язкові для всіх членів бригади.

Оформлення роботи нарядом, зняття напруги, вивішування плакатів, огороження робочого місця, перевірка відсутності напруги, встановлення заземлення, допуск до робіт тощо здійснюються згідно з цими Правилами.

Одночасне виконання випробувань та ремонтних робіт різними бригадами в межах одного приєднання не допускається.

Масові випробування ізоляційних матеріалів і виробів (засобів захисту, різних ізоляційних деталей тощо), що проводяться поза електроустановкою напругою понад 1000 В з використанням стендів, у яких струмовиводні

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

частини закриті суцільними або сітчастими огороженнями, а двері забезпечені блокуванням, може виконувати особа з групою IV одноосібно в порядку поточної експлуатації.

Блокування повинне забезпечувати повне зняття напруги під час відкривання дверей і унеможливлювати її подання на стенд за умови, що двері відчинені.

Під час збирання випробувальної схеми передусім виконуються захисне і робоче заземлення випробувальної установки і якщо вимагається захисне заземлення корпусу обладнання, що випробовується.

Проведення випробувань пересувною установкою із заземленням її корпусу тільки за допомогою робочої схеми забороняється. Корпус пересувної випробувальної установки має бути заземлений окремим заземлювальним провідником з гнучкого мідного проводу перерізом не менше 10 кв.мм.

Перед випробуванням необхідно перевірити надійність заземлення корпусу. Перед приєднанням випробувальної установки до мережі 380/220 В вивід високої напруги установки має бути заземлений. Переріз мідного проводу, що використовується в випробувальних схемах для заземлення, повинен бути не менше 4 кв.мм. Зібрання кола випробування обладнання проводить працівник бригади, яка проводить випробування.

Перед початком випробувань правильність зібрання кола та надійність робочих і захисних заземлень перевіряє виконавець робіт [12].

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Використовуючи середовище EasyEDA були розроблені: принципова схема підключення мікропроцесора та принципова схема блока живлення.

За допомогою середовища SolidWorks2014 був розроблений корпус для плати з трьома отворами: два отвори на кабельні затискачі та один на вивід кнопки. Дана конструкція виготовлена з АБС-пластика. Матеріал з АБС-пластика має стійкість до ударів та високих перепадів температури.

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						45
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-planu-povna-elektryfikatsiia-ukrainy-z-2030-roku/>
3. Асинхронний приймач-передавач UART. [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/UART>
4. Мікроконтролер ATmega328. [Електрон. ресурс] / Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno
5. Стандарт роз'ємів USB. [Електрон. Ресурс] / Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/USB>
6. Інтерфейс JTAG. [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/JTAG>
7. Опис ATmega328. [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <http://usbsergdev.narod.ru/DOC/ATmega128rus.pdf>
8. Режим роботи зарядного пристрою електромобіля. [Електрон. ресурс] / Режим доступу: https://www.ti.com/lit/ug/tiduer6/tiduer6.pdf?ts=1653816440421&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F
9. Онлайн-проектор друкованих плат EasyEDA. [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://easyeda.com/>
10. SolidWorks. [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://www.solidworks.com/>
11. 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>
12. Інструкція з охорони праці для електроустановок. [Електрон. ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0093-98#top>

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ

- 1) Розробка принципової схеми блока живлення.
- 2) Розробка принципової схеми підключення мікроконтролера.
- 3) Система з'єднання пристрою з електромобілем.
- 4) Розробка 3D конструкції.

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

КРЕСЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ

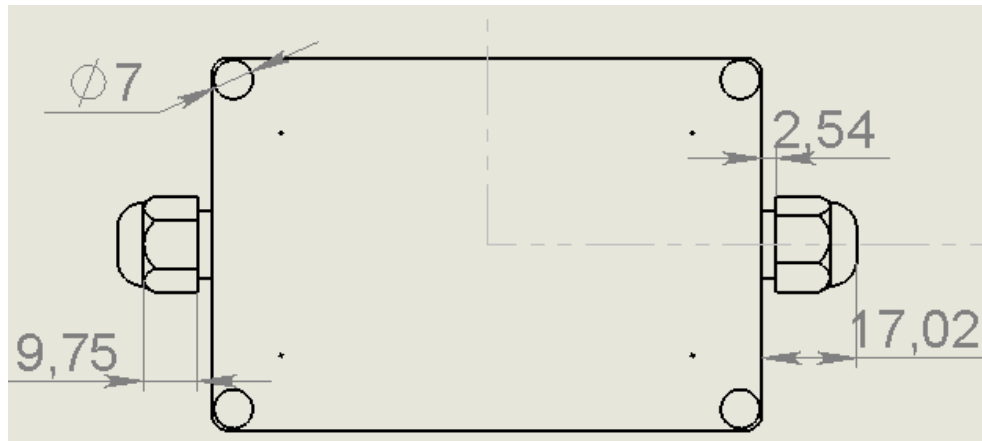


Рис. А. 1 – Креслення конструкції (вид знизу)

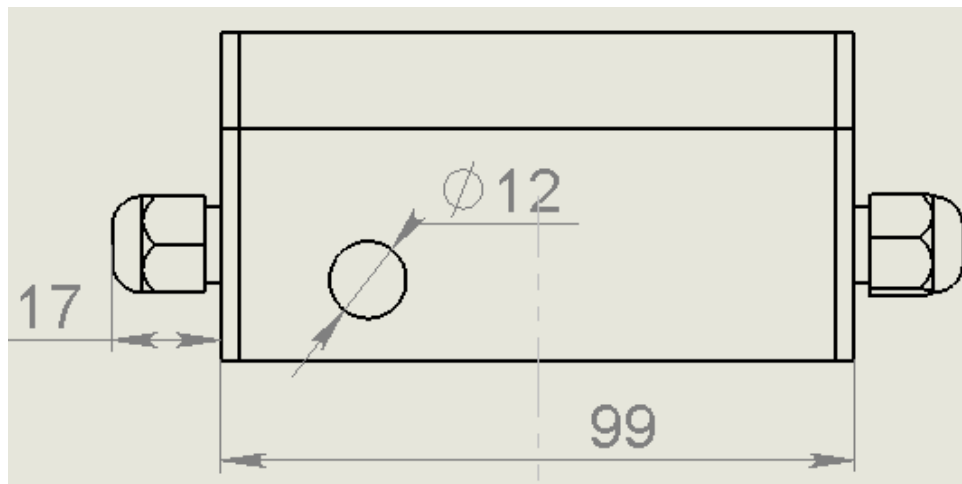


Рис. А. 2 – Креслення конструкції (вид збоку)

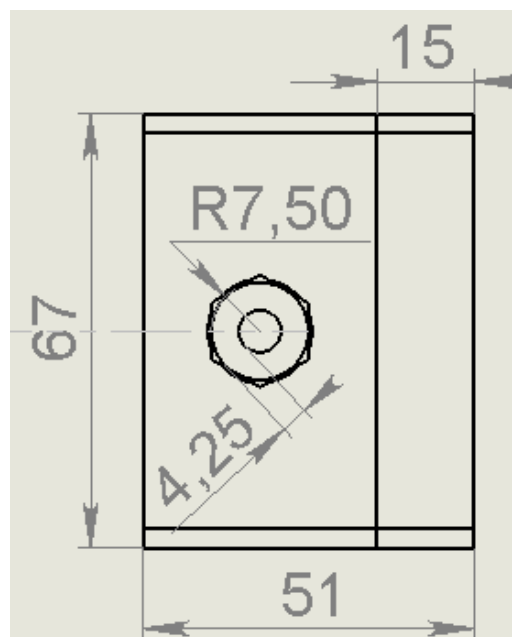


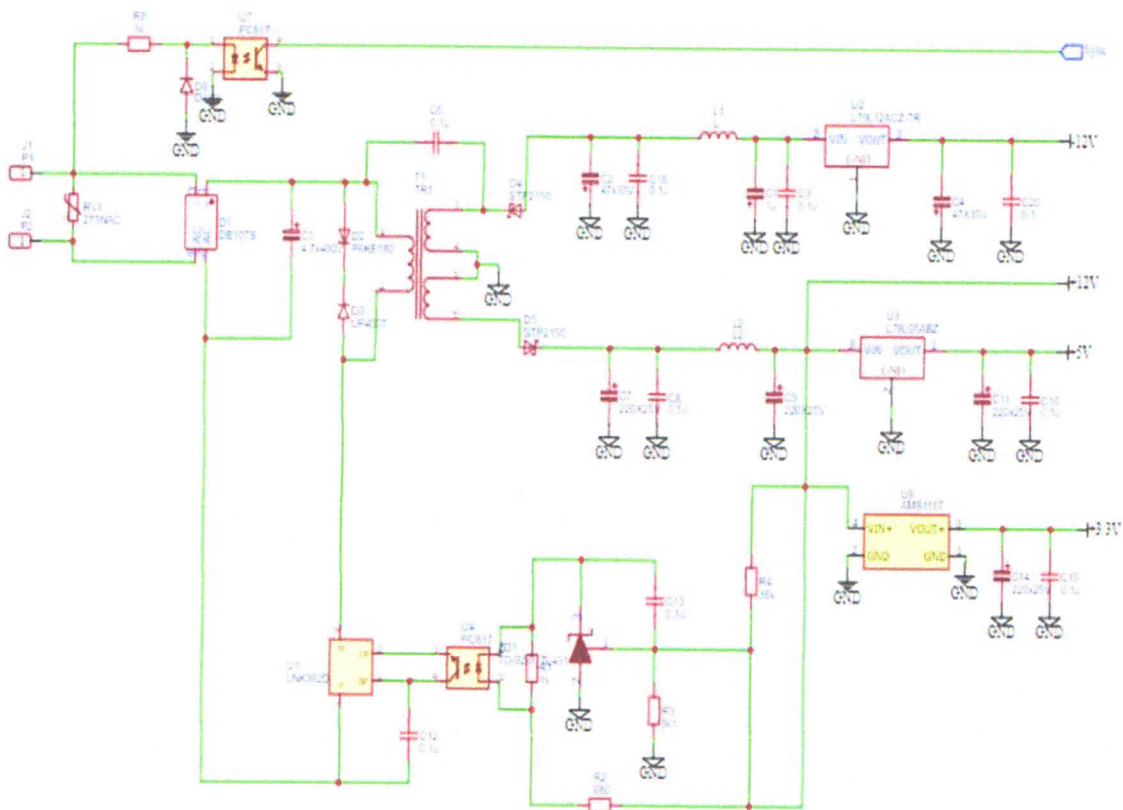
Рис. А. 3 – Креслення конструкції (вид збоку)

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

ДОДАТОК Б

					6.141.190034.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ БЛОКА ЖИВЛЕННЯ

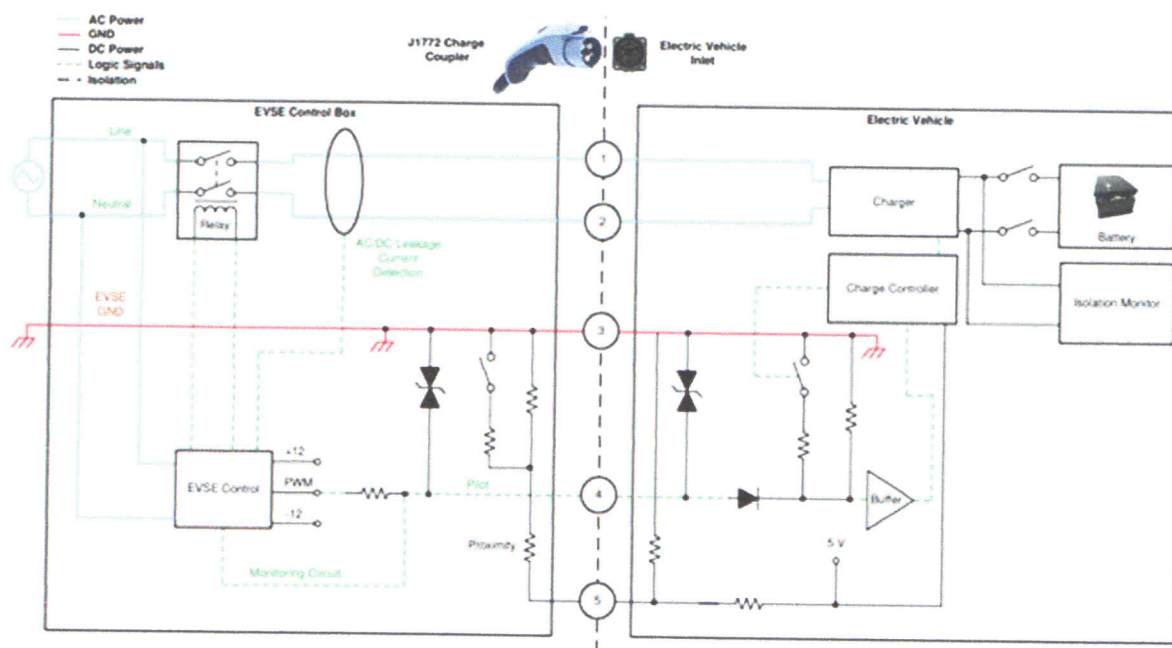


Принципова схема блока живлення

					Розробка принципової схеми блока живлення			
					Розробка комплексу контролю параметрів зарядження електромобіля на базі мікрокомп'ютера Arduino			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб	
Розроб.		Васильковський				1	1 : 1	
Перевір.		Муха.А.М.			Арк.	50	Аркушів	53
Т. Контр.					МОН України. УДУНТ Кафедра «ЕТЕМ» Група ЕП19120			
Реценз.								
Н. Контр.		Карзова О.О.						
Затверд.		Муха А.М.			6.141.190034.ПЗ			

						Розробка принципової схеми підключення мікроконтролера				
						Розробка комплексу контролю параметрів зарядження електромобіля на базі мікрокомп'ютера Arduino	Літ.		Маса	Масштаб
									1	1 : 1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Васильковський								
Перевір.		Муха А.М.								
Т. Контр.						Арк.	51	Аркушів	53	
Реценз.						МОН України. УДУНТ Кафедра «ЕТЕМ» Група ЕП19120				
Н. Контр.		Карзова О.О.								
Затверд.		Муха А.М.								
						6.141.190034.ПЗ				

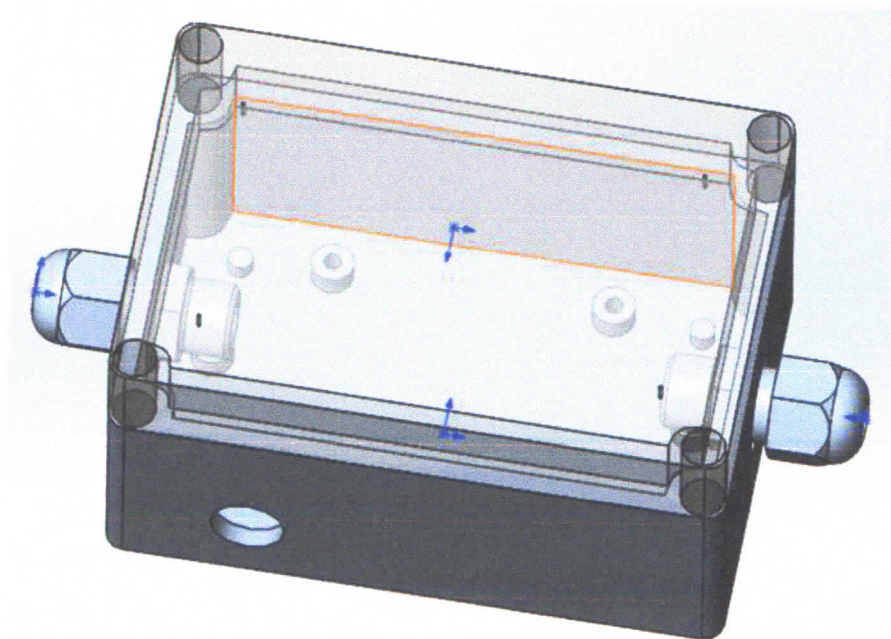
СИСТЕМА З'ЄДНАННЯ ПРИСТРОЮ З ЕЛЕКТРОМОБІЛЕМ



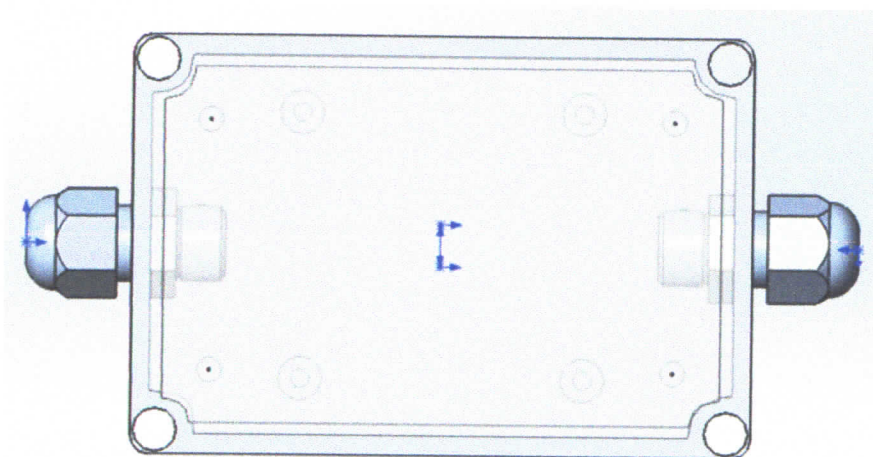
Конфігурація системи АС рівень 1 і рівень 2

					Система з'єднання пристрою з електромобілем						
					Розробка комплексу контролю параметрів зарядження електромобіля на базі мікрокомп'ютера Arduino	Літ.		Маса	Масштаб		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					1	1 : 1	
Розроб.		Васильковський									
Перевір.		Муха.А.М.									
Т. Контр.											
Реценз.					6.141.190034.ПЗ	Арк.	52	Аркушів		53	
Н. Контр.		Карзова О.О.				МОН України. УДУНТ Кафедра «ЕТЕМ» Група ЕП19120					
Затверд.		Муха А.М.									

РОЗРОБКА 3D КОНСТРУКЦІЇ



3D модель конструкції



3D модель конструкції (вид зверху)

					Розробка 3D конструкції			
					Розробка комплексу контролю параметрів зарядження електромобіля на базі мікрокомп'ютера Arduino	Літ.	Маса	Масштаб
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			1	1 : 1
Розроб.		Васильковський	<i>[Signature]</i>					
Перевір.		Муха.А.М.	<i>[Signature]</i>			Арк.	53	Аркушів 53
Т. Контр.								
Реценз.					6.141.190034.ПЗ	МОН України. УДУНТ Кафедра «ЕТЕМ» Група ЕП19120		
Н. Контр.		Карзова О.О.	<i>[Signature]</i>					
Затверд.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>					