

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

Факультет інформатики та обчислювальної техніки

Кафедра інформаційних систем та технологій

До захисату допущено:

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«__» _____ 20__ р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інтегровані інформаційні системи»
спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології»**

на тему: «Автоматизована система обліку показань лічильників»

Виконав:

студент IV курсу, групи ІА-93

Тимошок Дмитро Вячеславович

Керівник:

асистент кафедри ІСТ

Бердник Юрій Михайлович

Рецензент:

ст. вик. каф. ОТ, доктор філософії

Таран Владислав Ігорович

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент

Київ – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет інформатики та обчислювальної техніки
Кафедра інформаційних систем та технологій

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 126 «Інформаційні системи та технології»

Освітньо-професійна програма «Інтегровані інформаційні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр РОЛІК

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Тимошку Дмитру Вячеславовичу

1. Тема проєкту «Автоматизована система обліку показань лічильників», керівник проєкту Бердник Юрій Михайлович, ас., затверджені наказом по університету від «31» травня 2023 р. №_2102-с_____

2. Термін подання студентом проєкту 12.06.2023

3. Вихідні дані до проєкту: можливість віддаленого зняття показань лічильника зі смартфона користувача; робота від акумулятора; зв'язок з сервером через мережу Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки: огляд предметної області та існуючих рішень, розроблення структурної та функціональної схеми, вибір окремих компонентів системи, розроблення принципової схема, розробка архітектури системи та алгоритмів, розроблення робочого макету системи.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): структурна схема, функціональна схема, схема електрична принципова, блоке-схема алгоритмів .

6. Дата видачі завдання: 21.05.2023

Календарний план

з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Огляд предметної області та існуючих рішень	17.04 – 24.04	
2	Розроблення структурної схеми	24.04 – 28.04	
3	Розроблення функціональної схеми	28.04 – 1.05	
4	Вибір окремих компонентів системи	1.05 – 05.05	
5	Розроблення принципової схема	5.05 – 12.05	
6	Розробка архітектури системи та алгоритмів	12.05 – 20.05	
7	Розроблення робочого макету системи	20.05 – 25.05	
8	Передзахист дипломного проєкту	25.05 – 29.05	
9	Доопрацювання пояснювальної записки	9.06 – 12.06	
10	Захист дипломного проєкту	19.06 – 23.06	

Студент

Дмитро ТИМОШОК

Керівник

Юрій БЕРДНИК

АНОТАЦІЯ

Тимошок Д.В. Автоматизована система обліку показань лічильників. КПП ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2023.

Проект містить 63 сторінки тексту, 25 рисунки, 2 таблиці, 47 посилань на літературні джерела та 4 конструкторські документи.

Ключові слова: мікроконтролер, автоматизована система, зняття показників, лічильник.

Об'єктом розробки є облік показань лічильників, предметом – автоматизована система обліку показань лічильників.

Мета роботи: спростити процес обліку показань лічильника.

У дипломному проєкті на тему "Автоматизована система обліку показань лічильників" було розроблено систему для спрощення процесу обліку показань та спеціальний корпус для встановлення на лічильник. Дана система призначена для зчитування показань з лічильника та передачі їх в месенджер «Telegram». Такий підхід спрощує процес зняття показників лічильника та забезпечує більш зручний та швидкий спосіб отримання цих даних. Одним з переваг розробленої системи є простий інтерфейс для користувача.

Дослідження та розробка моделі для автоматизованої системи обліку показників лічильників можуть бути застосовані на гуртку «ES&IoT – Вбудовані системи та Інтернет речей», який створений на базі кафедри ICT.

SUMMARY

Tymoshok D.V. Automated system of meter readings accounting. Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute. Kyiv, 2023.

The project contains 63 pages of text, 25 figures, 2 tables, 47 references to literature sources and 4 design documents.

Keywords: microcontroller, automated system, reading, meter.

The object of development is the accounting of meter readings, the subject is an automated system for accounting of meter readings.

Purpose: to simplify the process of meter reading accounting.

In the diploma project on the topic "Automated Meter Reading Metering System", a system was developed to simplify the process of meter reading and a special housing for installation on the meter. This system is designed to read readings from the meter and transfer them to the Telegram messenger. This approach simplifies the process of taking meter readings and provides a more convenient and faster way to obtain this data. One of the advantages of the developed system is a simple user interface.

The research and development of the model for the automated meter reading system can be applied at the ES&IoT - Embedded Systems and Internet of Things circle, which was created on the basis of the ICT Department.

Номер рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. арк.	Номер екзем.	Примітка	
1			Документація загальна				
2							
3			Знову зроблена				
4							
5	A4	IA93.240БАК.004 ПЗ	Пояснювальна записка	63			
6	A3	IA93.240БАК.004 Э1	Структурна схема	1			
7							
8	A3	IA93.240БАК.004 Э2	Функціональна схема	1			
9	A3						
10	A3	IA93.240БАК.004 ЭЗ	Схема електрично принципова	1			
11							
12	A3	IA93.240БАК.004 Д1	Блок-схема алгоритмів	1			
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
			IA93.240БАК.004 ТП				
Арку	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Тимошок Д.В			Літ.	Аркуш	Аркушів
Керівн.		Бердник Ю.М.			Т	1	1
Реценз					КПІ ім. Ігоря Сікорського		
Н. Контр.					ФІОТ група ІА-93		
Затв.							

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Автоматизована система обліку показань
лічильників»**

Київ – 2023 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ.....	5
ВСТУП.....	6
1 ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ	8
1.1 Аналіз методів та засобів обробки показів лічильників	8
1.2 Аналіз представлених на ринку лічильників	10
1.2.1 Розумні лічильники.....	10
1.2.1.1 Лічильник «Smart-Mac D105-10»	10
1.2.1.2 Лічильник E-Link SMT2 SMART	12
1.2.1.3 Лічильник EM-129	15
1.3 Пристрій дистанційного передавання даних 104UA SMART	17
1.4 Модуль розширення Neptun Smart	18
1.5 Технології для автоматизації систем обліку показань лічильника	19
1.5.1 Технологія Інтернету речей	19
1.5.2 Мережі зв'язку.....	20
Висновки до розділу 1	21
2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ.....	22
2.1 Опис структурної схеми	22
2.2 Опис функціональної схеми.....	22
2.2.1 Підсистема логіки клієнт-сервер	23
2.2.2 Підсистема логіки мікроконтролера	23
2.2.3 Блок живлення системи	25
2.2.4 Блок зняття показань лічильника	25
Висновки до розділу 2	26
3 ВИБІР ОКРЕМИХ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ.....	27

					ІА93.240БАК.004			
Зм	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Тимошок Д.В			Автоматизована система обліку показань лічильника. Пояснювальна записка		Аркуш	Аркушів
Перевір		Бердник Ю.М.					2	63
						КПІ ім. Ігоря Сікорського ФІОТ група ІА-93		
Затв.								

3.1	Вибір мікроконтролера.....	27
3.1.1	Мікроконтролер Arduino Nano V3	27
3.1.2	Мікроконтролер ESP8266.....	28
3.1.3	Мікроконтролер ESP32-CAM.....	28
3.1.4	Мікроконтролер STM32	29
3.1.5	Остаточний вибір мікроконтролера	29
3.2	Вибір відеокамери	30
3.3	Вибір USB-UART перехідника.....	31
3.3.1	USB 2.0 - UART TTL	31
3.3.2	USB-UARt ch-340	32
3.3.3	Остаточний вибір перехідника	32
3.4	Вибір живлення	33
3.4.1	Акумулятор Li-Po.....	33
3.4.2	Портативний зарядний пристрій Powerbank	33
3.4.3	Остаточний вибір акумулятора	33
3.5	Перетворювач напруги XL6009	34
3.6	Контролер заряду TP4056.....	35
	Висновки до розділу 3	36
4	РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ	37
4.1	Взаємодія камери та мікроконтролера.....	37
4.2	Блок живлення	39
	Висновки до розділу 4	40
5	РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ТА АЛГОРИТМІВ	41
5.1	Вибір середовища програмування.....	41
5.2	Вибір мови програмування	41
5.3	Розробка Telegram Bot	42
5.3.1	Опис програмного коду для Telegram Bot.....	42
5.4	Опис блок-схеми алгоритмів	44
5.5	Візуальне розпізнавання показань лічильника	45

5.5.1 Процедура розпізнавання показників	45
5.5.2 Процес виявлення області показань лічильника.....	45
5.5.3 Процес розпізнавання цифр показників	49
5.5.3.1 Архітектура нейронної мережі	50
5.5.3.2 Процес навчання нейронної мережі.....	51
Висновки до розділу 5	52
6 РОЗРОБЛЕННЯ РОБОЧОГО МАКЕТУ СИСТЕМИ	53
6.1 Розробка прототипу систему.....	53
6.2 Розробка корпусу для системи.....	54
6.3 Виготовлення корпусу	56
6.4 Система зчитування даних з лічильника в зібраному стані	57
Висновки до розділу 6	58
ВИСНОВКИ.....	59
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
ДОДАТОК А.....	64

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

WI-FI (Wireless Fidelity) представляє собою набір стандартів IEEE 802.11 для бездротового підключення пристроїв та забезпечення комунікації між ними.

SSL (Secure Sockets Layer) – це криптографічний протокол, що гарантує створення захищеного зв'язку між клієнтом і сервером.

AES (Advanced Encryption Standard) – це симетричний алгоритм блочного шифрування.

GPRS (General Packet Radio Service) – це стандарт передачі інформації, який використовує невикористану голосовим зв'язком смугу частот для передачі даних.

IoT (Internet of Things) – відноситься до ідеї мережі пристроїв, які взаємодіють між собою та здатні передавати дані без необхідності активної участі людей.

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) – це набір протоколів, що використовуються для забезпечення комунікації та обміну даними в комп'ютерних мережах.

I2C – протокол передачі даних для з'єднання та комунікації електронних пристроїв з мінімальною кількістю проводів.

API (Application Programming Interface) – опис способів взаємодії однієї комп'ютерної програми з іншими.

HTTPS (HyperText Transfer Protocol Secure) – розширення протоколу HTTP для підтримки шифрування з метою підвищення безпеки.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В сучасному світі, де ефективне використання ресурсів є невід'ємною складовою, важливим питанням також є автоматизація процесу обліку показань лічильників. Автоматизована система обліку даних лічильника дозволяє забезпечити точність, ефективність та надійність процесу збору даних про споживання ресурсів, таких як електроенергія, вода, газ тощо.

На сьогоднішній день на ринку представлено розумні лічильники та пристрої розширення для передачі показників. Проте, ці пристрої мають недоліки, зокрема, вимагають повної заміни старих лічильників на нові, причому їхня ціна набагато більше за звичайні лічильники. Також, що не менш важливо, по ціні система має бути доступнішою за аналоги.

Метою даного дипломного проекту є спрощення процесу обліку показань лічильників, яка забезпечує точне зчитування показань без необхідності ручного обліку. Також розробка інтуїтивно зрозумілого та зручного інтерфейсу, що дозволяє користувачам легко взаємодіяти з системою.

Об'єктом розробки є розробка системи обліку показань лічильника, яка забезпечує збір, обробку та зберігання даних лічильника та не потребує заміни старих лічильників на нові.

Предметом дослідження є облік показань лічильників.

Цей дипломний проект спрямований на розробку автоматизованої системи обліку даних лічильника, яка відповідає потребам сучасного ринку та сприяє оптимізації використання ресурсів.

Для досягнення мети будуть проведені аналіз предметної області та існуючих рішень, огляд методів обробки показань лічильників та опис різних пристроїв та технологій, що використовуються в системах зняття показань лічильника. Буде розглянута структурна та функціональна схема системи, а також проведено вибір окремих компонентів, необхідних для реалізації системи.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Після вибору компонентів системи буде розроблено електрична принципову схему, щоб забезпечити правильну взаємодію вибраних компонентів. Далі спроектовано робочий макет системи, що включатиме створення прототипу системи та розробку корпусу для зберігання та захисту компонентів. Потім буде створено програмне забезпечення для автоматизованої системи. На заключному етапі проекту буде зібрана та перевірена система зчитування даних з лічильника.

Очікується, що реалізація цього дипломного проекту приведе до покращення точності та ефективності обліку лічильника, сприятиме оптимізації використання ресурсів та забезпечить зручний та автоматизований процес збору та аналізу даних.

Цей дипломний проект є важливим кроком у напрямку розвитку автоматизованих систем обліку даних лічильників і внесе свій внесок в покращення ефективності використання ресурсів.

Даний проект було реалізовано на гуртку «ES&IoT – Вбудовані системи та Інтернет речей» на базі кафедри ІСТ.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ОГЛЯД ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ

1.1 Аналіз методів та засобів обробки показів лічильників

Рахунки за електроенергію складаються з двох основних складових: показання лічильника та тарифів на електроенергію. Ці елементи взаємодіють, визначаючи загальну суму, яку громадянин повинен сплатити за своє електроенергетичне споживання. Передача показань лічильника постачальнику є невід'ємною частиною процесу розрахунку. Це важливо, оскільки вона дозволяє бути впевненими, що платіж відбувається лише за фактично використану електроенергію. Без цих показань, постачальник електроенергії буде виходити з припущень щодо споживання та виставлятиме рахунок на підставі цих оцінок. Це може призвести до недостовірних розрахунків та переплат. Також, важливо зазначити, що на рахунок впливають тарифи на електроенергію, які встановлені постачальником. Різні тарифи можуть застосовуватися для різних годин доби, днів тижня або сезонів, що впливає на загальну суму рахунку. Деякі тарифи можуть бути низькими в певні години або вихідні дні, що спонукає користувачів електроенергії споживати її в ці періоди для зниження витрат. Враховуючи ці фактори, важливо регулярно передавати показання лічильника постачальнику, щоб забезпечити точний розрахунок рахунку та контролювати свої витрати на електроенергію [1].

Традиційні методи зняття показань лічильників завжди були пов'язані з низкою проблем, включаючи ручне введення даних та використання паперових звітів. По-перше, існує ризик того, що показання лічильників вводяться та реєструються неправильно. Це може призвести до неточних вимірювань енергоспоживання та звітів. Крім того, ручний процес збору та введення даних займає багато часу та праці. Для зняття показників лічильників, збору та обробки даних необхідно викликати менеджерів або наймати спеціалістів. Це може затримати збір та аналіз інформації. Крім того, паперові звіти можуть бути втрачені, пошкоджені або випадково видалені, що призводить до втрати важливої інформації. Це може ускладнити процес моніторингу та аналізу споживання

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

енергії. Крім того, традиційні методи виставлення рахунків не забезпечують негайного доступу до актуальних даних про енергоспоживання. Інформація застаріває і стає недоступною в режимі реального часу, що ускладнює контроль та оптимізацію енергоспоживання. З огляду на ці виклики, існує очевидна потреба в модернізації традиційних методів зняття показань лічильників та використанні нових технологій для підвищення ефективності та точності збору, зберігання та аналізу даних [2].

На даний момент облік даних вручну втрачає актуальність. Більшість клієнтів все ще використовують традиційні електронні або аналогові лічильники електроенергії без інтелектуальних функцій. Внаслідок цього постачальникам доводиться здійснювати ручний облік даних, залучати контролерів та отримувати показники від користувачів за допомогою телефону чи Інтернету. Це призводить до низки проблем для постачальників:

- пізнє надходження показників: Користувачі забувають надсилати показники у встановлений день.

- обмежений доступ до лічильників: Користувачі можуть бути відсутні в момент прибуття контролера або відмовити йому в доступі до своєї оселі.

- помилки: Іноді споживачі надсилають неправильні дані, а оператори припускається помилок при внесенні показників до бази даних.

- неточність: Старі лічильники з класом точності "2" (особливо індукційні лічильники) менш чутливі до невеликих струмів, таких як заряджання телефону або режим очікування електроприладу. Тому такі лічильники можуть передавати занижені дані про споживання, що призводить до недостатньої оплати ресурсів постачальником.

- маніпулювання: Деякі моделі лічильників можуть бути уповільнені, зупинені чи навіть налаштовані на зворотний режим роботи.

Завдяки впровадженню розумних лічильників, ресурсні компанії можуть уникнути цих проблем та отримати додаткові можливості [3].

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз представлених на ринку лічильників

На ринку існує кілька різних типів систем обліку показань лічильників, які пропонуються споживачам. Деякі з них використовують технології "розумного" виміру, що дозволяють збирати дані про споживання електроенергії в більш автоматизований спосіб. Далі буде наведено декілька прикладів лічильників:

1.2.1 Розумні лічильники

Розумні лічильники, також відомі як інтелектуальні лічильники або «сма́рт» лічильники, складаються з електронних компонентів і не мають рухомих механічних деталей. Вони відрізняються від звичайних лічильників тим, що мають розширені функціональні можливості. Крім вимірювання кількості спожитої електроенергії, вони також можуть виконувати такі функції [4]:

- передавати показники електроенергії безпосередньо до постачальників;
- рахувати споживання електроенергії в різних зонах доби;
- вимірювати параметри мережі, наприклад, напругу;
- захищати від критичних коливань напруги;
- повідомляти енергетичні компанії про аварійні ситуації в мережі;
- виводити на екран інформацію про заборгованість та інші дані;
- зберігати в пам'яті лічильника інформацію тривалий час для подальшої обробки та аналізу.

1.2.1.1 Лічильник «Smart-Mac D105-10»

Розумний лічильник Smart-MAC D105-10 (рис. 1.1) є не тільки технологічною новинкою, але й важливим кроком у напрямку енергоефективності та оптимізації споживання ресурсів. Цей лічильник забезпечує економію

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

електроенергії, зручність у користуванні та зменшення негативного впливу на довкілля.



Рисунок 1.1 – Лічильник Smart-Mac D105-10 [5]

Завдяки передаванню показників безпосередньо до постачальників, лічильник дозволяє уникнути проблеми з несвоєчасним надходженням показників та забезпечує точність обліку споживання електроенергії. Це сприяє уникненню спорів та непорозумінь між споживачами та постачальниками. Розумний лічильник також забезпечує безпеку та надійність електричних мереж. Він може виявляти критичні коливання напруги та аварійні ситуації, що сприяє запобіганню можливим пошкодженням обладнання та забезпечує безпеку споживачів. Також він може аналізувати температуру, вологість, тиск, CO₂, TDS, pH та інші ресурси та події. Для аналізу та візуалізації даних доступний хмарний веб-застосунок smart-MAIC Dashboard(рис. 1.2), який можна використовувати з будь-якого пристрою, такого як смартфон, планшет або комп'ютер, незалежно від операційної системи (Windows, Android або iOS).



Рисунок 1.1 – Застосунок Smart-Mac D105-10 [5]

Користувач може налаштувати віджети, індикатори та графіки за своїми потребами, а також використовувати різноманітні інформаційні панелі та підключати пристрої до одного облікового запису. Усі зібрані дані зберігаються на хмарному сервері з докладним рівнем деталізації. Показники з лічильників оновлюються в режимі реального часу з інтервалом 5 секунд, що дозволяє оперативно отримувати актуальну інформацію. Використання цього хмарного WEB-додатка smart-MAIC Dashboard надає зручність та широкі можливості для аналізу та контролю даних, забезпечуючи гнучкість налаштувань та швидке оновлення показників. Завдяки цим функціям користувачі можуть легко керувати своїм споживанням і розуміти наскільки ефективно використовуються їхні ресурси. Ціна на розумний лічильник «Smart-Mac» залежить від моделі та функціоналу та може варіюватись від 1450 до 12950 грн [5].

1.2.1.2 Лічильник E-Link SMT2 SMART

Розумний лічильник E-Link SMT2 Smart (рис 1.3) - це пристрій, який дозволяє контролювати споживання електроенергії та дистанційно керувати її

подачею. Він поєднує в собі функції лічильника електроенергії, автоматичного вимикача, стабілізатора напруги та диференціального вимикача струму [6].



Рисунок 1.3 – Застосунок E-Link SMT2 Smart [6]

Пристрій має захист від перевантаження, перенапруги та надмірного струму. Завдяки додатку APP TUYA (рис 1.4) та підтримці Amazon Alexa і Google Assistant, пристроєм можна керувати як за допомогою мобільного пристрою, так і за допомогою голосу [6].

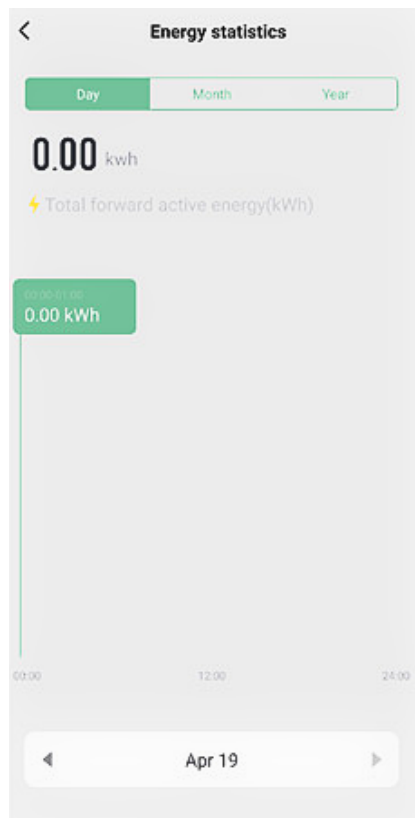


Рисунок 1.4 – Застосунок APP TUYA [6]

Підключення до мережі WI-FI є обов'язковим, оскільки дані передаються через Інтернет. Прилад може бачити всі підключені пристрої та взаємодіяти з ними через застосунок для створення сценаріїв автоматичного керування. Лічильник електроенергії компактний і монтується на DIN-рейку. На передній панелі є дисплей, кнопки керування та індикатори стану. Максимальний струм - 63 А, напруга - 220 В. Він підходить для використання в різних установах, таких як квартири, котеджі, офіси та склади. Серед інших функцій - захист від витoku струму, функція таймера, який автоматично вмикає та вимикає електрообладнання, а також автоматичне вимкнення при досягненні заданих параметрів потужності, струму та напруги. Загалом, розумний лічильник E-Link SMT2 - це простий у використанні пристрій, який забезпечує контроль за споживанням електроенергії та дозволяє дистанційно керувати електрообладнанням у домі. Ціна розумного лічильника на момент написання диплому складає 3150 грн. [6].

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.1.3 Лічильник ЕМ-129

ЕМ-129 – це WI-FI лічильник (рис 1.5), призначений для некомерційного обліку електроенергії. Він має такі функції, як можливість вмикати та вимикати електрообладнання (наприклад, холодильники, кондиціонери, пральні машини, телевізори тощо) програмно або вручну [7].



Рисунок 1.5 – Лічильник ЕМ-129 [7]

Він також забезпечує захист від перевантажень живлення та різних подій, пов'язаних з напругою та частотою. Лічильник також має захист від перегріву і може комутувати навантаження до 14 кВт. ЕМ-129 зберігає у внутрішній пам'яті журнал роботи і дані про енергоспоживання за останній місяць. Тижневий таймер можна використовувати для того, щоб заздалегідь планувати використання опалювальних і вентиляційних приладів з метою зниження енергоспоживання і економії коштів. Основні функції ЕМ-129 включають в себе вимірювання енергоспоживання, напруги, частоти, струму і потужності, а також аварійної

напруги, перевантаження по струму, перевантаження по потужності і перегріву внутрішніх елементів. EM-129 також оснащений захистом навантаження від аварійної напруги, перевантаження по струму, перевантаження по потужності і перегріву внутрішніх елементів. Крім того, він оснащений годинником реального часу з запасом живлення до п'яти днів на випадок відключення електроенергії та автоматичною синхронізацією часу з сервером точного часу (NTP).

В застосунку «Oversis» (рис. 1.6) користувачі можуть налаштувати автоматичне керування навантаженням за попередньо визначеною програмою, обмежити час роботи навантаження або використовувати ручне керування навантаженням з передньої панелі. Деякі функції, такі як ручне керування, можуть бути заблоковані через певний проміжок часу [7].

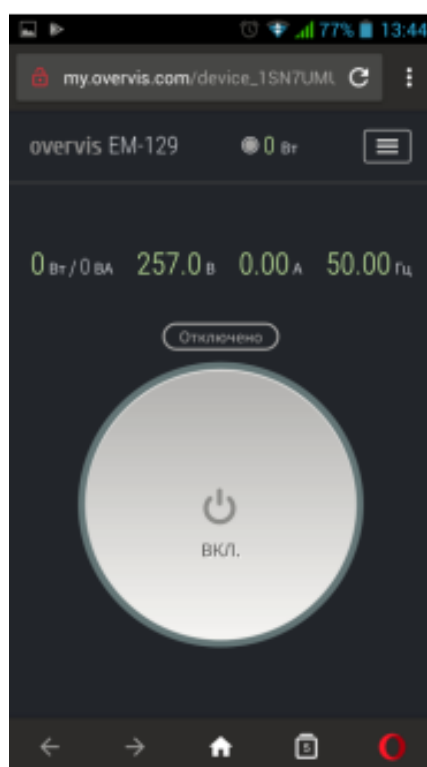


Рисунок 1.6 –Застосунок Oversis [7]

1.3 Пристрій дистанційного передавання даних 104UA SMART

104UA SMART (рис. 1.7) є надійним та універсальним пристроєм для дистанційного передавання даних. Він забезпечує ефективну передачу і збереження інформації на віддалені сервери або системи збереження даних. Продукт пропонує надійний зв'язок через різні комунікаційні канали, такі як Ethernet, WI-FI або GSM/GPRS [8].



Рисунок 1.7 – Пристрій 104UA SMART [8]

Пристрій здатний збирати дані з різних джерел, таких як лічильники, датчики або прилади, та передавати їх на віддалений сервер. Цей пристрій має вбудований мікропроцесор та оптимізоване програмне забезпечення для оптимальної обробки та передачі даних. Також пристрій забезпечує захист переданих даних, використовуючи протоколи шифрування, такі як SSL або AES, що забезпечують конфіденційність та цілісність інформації під час передачі. Крім передачі даних,

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

104UA SMART надає функції контролю та керування. Він може відстежувати роботу підключених пристроїв, надсилати сповіщення про події та забезпечувати дистанційне керування за допомогою спеціального програмного забезпечення або мобільного застосунку. 104UA SMART отримує імпульсні сигнали від лічильника та зберігає дані про об'єм спожитого газу. Він також реєструє аварійні ситуації та спроби впливу магнітного поля, які можуть спотворити покази лічильника. Зібрані дані передаються на сервер диспетчерської по каналу GPRS-зв'язку. Крім того, існує можливість дистанційного налаштування графіку виходу на зв'язок та обсягу інформації, що передається на сервер диспетчерської. Ціна пристрою на момент написання диплому складає буде 2800 грн [8].

Загалом, 104UA SMART є надійним та універсальним пристроєм, який забезпечує ефективну, безпечну та зручну передачу та збереження даних на віддалені сервери або системи збереження даних.

1.4 Модуль розширення Neptun Smart

Модуль розширення Neptun Smart (рис 1.8) для лічильників води призначений для зчитування показань лічильників води. Модуль дозволяє зручно і точно збирати та зберігати дані про споживання води у внутрішній пам'яті.

Модуль підтримує підключення до двох лічильників води, забезпечуючи більш гнучкі можливості вимірювання споживання води. Також він сумісний з лічильниками води стандарту NAMUR і налаштовується за допомогою спеціального програмного додатку; модуль розширення Neptun Smart можна налаштовувати і контролювати за допомогою SST. Він налаштовується і контролюється за допомогою хмарного застосунку. Застосунок дозволяє користувачам легко налаштовувати параметри модуля та отримувати оновлені дані з лічильника води кожні 10 хвилин. З модулем розширення лічильника води Neptun Smart користувачі можуть отримувати точні та автоматизовані вимірювання

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

споживання води. Модуль спрощує процес збору та моніторингу даних про споживання води, роблячи його більш ефективним та зручним [9].



Рисунок 1.8 – Модуль розширення 104UA SMART [9]

1.5 Технології для автоматизації систем обліку показань лічильника

1.5.1 Технологія Інтернету речей

Інтернет речей (IoT) став ключовим компонентом сучасних систем зняття показань лічильників, забезпечуючи автоматизацію та ефективність. IoT дозволяє точно і швидко розраховувати споживання різних ресурсів, таких як електроенергія, вода і газ, шляхом збору, передачі та аналізу даних з лічильників в режимі реального часу. Основна концепція IoT полягає у створенні зв'язку між різними пристроями та об'єктами, які можуть бути підключені до Інтернету. У випадку з системами вимірювання лічильників, ці пристрої включають сам лічильник ресурсів і модуль збору даних, який відповідає за зчитування і передачу цих даних; з Інтернетом речей дані лічильника передаються безпосередньо на віддалений сервер або систему зберігання даних, де вони зберігаються і обробляються. Така швидка передача даних у режимі реального часу відкриває нові

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

можливості для ефективного управління та моніторингу споживання ресурсів. Наприклад, оператори можуть швидко отримувати та аналізувати дані про споживання, виявляти аномалії, прогнозувати тенденції та приймати рішення щодо оптимізації використання ресурсів. Крім того, окремі споживачі також можуть сприяти більш свідомому та ефективному використанню ресурсів, маючи доступ до власних даних про споживання [10].

1.5.2 Мережі зв'язку

Комунікаційні мережі в контексті автоматизації лічильників можуть використовувати різні мережеві технології для забезпечення ефективного зв'язку між лічильником та системою збору даних. Прикладами таких технологій є [11]:

- wi-fi: технологія передачі даних через бездротову мережу зв'язку, що відповідає стандарту WI-FI; лічильники, оснащені модулями WI-FI, можуть підключатися безпосередньо до існуючої мережі WI-FI або створювати власну мережу для передачі даних до централізованої системи;

- zigbee: протокол бездротового зв'язку, що використовується для зв'язку між різними пристроями в мережі; лічильники з модулями Zigbee можуть взаємодіяти з іншими пристроями з підтримкою Zigbee, утворюючи мережу для передачі даних;

- z-wave: ще один радіопротокол, який використовується для зв'язку між різними пристроями в системі, мережі Z-Wave використовуються для передачі даних від лічильника до центральної системи, де дані зберігаються та аналізуються;

- lorawan: ця мережева технологія зв'язку базується на радіо протоколах дальнього радіусу дії LoRa і дозволяє передавати дані на великі відстані з низьким споживанням енергії Лічильники, оснащені модулями LoRaWAN, використовують мережу LoRa для передачі даних на базову станцію або шлюз LoRaWAN, звідки вони можуть бути перенаправлені до систем збору даних.

Це лише кілька прикладів мережевих технологій, які можна використовувати для автоматизації систем зняття показників лічильників. Вибір конкретної

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

технології може залежати від системних вимог, вартості, доступності та інших факторів.

Висновки до розділу 1

Під час огляду предметної області та аналізу існуючих рішень було отримано важливі висновки щодо автоматизованої системи обліку даних лічильника. Виявлено різноманітні методи та засоби обробки показів лічильників, що дозволяє використовувати різні підходи до збору та аналізу даних у системі. Проведений аналіз ринку показав наявність рішень, таких як розумні лічильники та лічильники, що вже впроваджують автоматизацію процесу обліку показань. Проаналізовано також пристрій дистанційного передавання даних 104UA SMART, який дозволяє передавати дані з лічильників на віддалений сервер. Це важливо для забезпечення моніторингу та керування системою з віддаленої локації. Оглянуті технології, зокрема Інтернет речей (IoT) та мережі зв'язку, надають сучасні інструменти та рішення для ефективної автоматизації системи. Отримані висновки стануть основою для подальшого розроблення та реалізації автоматизованої системи обліку даних лічильник.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБЛЕННЯ СТРУКТУРНОЇ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ

2.1 Опис структурної схеми

На початкових етапах проектування формується структурна схема, яка передуює функціональній схемі. Ця схема визначає основні компоненти, їх призначення та взаємозв'язок, що відповідають за функції устаткування. Окрім того, вона має наглядно показувати, з яких елементів складається система. Структурна схема відображається у вигляді прямокутників, які з'єднані між собою, щоб показати взаємозв'язок між елементами. У кожному прямокутнику міститься назва блоку, яка пояснює його функціональне призначення.

Процес розробки структурної схеми використовувався для опису та відображення принципу дії автоматизованої системи обліку показань лічильника.

На кресленні з позначенням ІА93.240БАК.004 Э1 наведено структурну схему системи, яка використовується для обліку показань лічильника. Система складається з таких компонентів:

- мікроконтролер з можливістю підключення до інтернету для відправки даних на віддалений сервер;
- блок з'єднання, що забезпечує передачу та отримання налаштувань з мережі;
- блок для зчитування даних з лічильника, відповідальна за зчитування показників.

Розроблювана система обліку даних з лічильника зв'язується з сервером, що є частиною підсистеми логіки сервер-клієнт, також система відповідає за отримання команд, які надсилає користувач, а також за отримання даних.

2.2 Опис функціональної схеми

На кресленнику з позначенням ІА93.240БАК.004 Є2 наведено функціональну схему системи, яка використовується для обліку показань лічильника. На

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

кресленнику більш детально розкрито склад підсистем системи, і їх опис наведений нижче. На схемі пристуні такі блоки як підсистема взаємодії клієнт-сервер, підсистема взаємодії, підсистема логіки мікроконтролера та інтерфейс користувача .

2.2.1 Підсистема логіки клієнт-сервер

Підсистема взаємодії з користувачем складається з блоків пристрій користувача та telegram bot.

Блок пристрій користувача взаємодіє з користувачем і дозволяє йому взаємодіяти з системою. Це може бути мобільний телефон, планшет, комп'ютер або будь-який інший пристрій, який користувач використовує для комунікації з системою. Пристрій користувача надає інтерфейс, через який користувач може вводити команди, отримувати інформацію, переглядати статуси та виконувати різноманітні дії відповідно до функціональності системи.

Блок Telegram Bot взаємодіє з користувачем через популярну платформу Telegram. Цей блок забезпечує комунікацію з користувачем за допомогою текстових повідомлень, команд, кнопок та інших елементів, які надаються платформою Telegram. Telegram Bot дозволяє користувачеві взаємодіяти з системою через зручний та зрозумілий інтерфейс месенджера, надаючи можливість отримувати сповіщення, керувати системою та отримувати необхідну інформацію.

2.2.2 Підсистема логіки мікроконтролера

Підсистема логіки мікроконтролера реалізує алгоритми аналізу та керування усіма іншими підсистемами. Дана підсистема складається з таких підсистем: зв'язку з мережею, обробки даних та конфігурації

Виходячи зі схеми можна побачити, що блок з'єднання під'єднано до роутеру, що надає йому можливість під'єднуватись до мережі Інтернет. Для того, щоб

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроконтролер міг взаємодіяти з сервером. Основна мета блоку полягає у забезпеченні зв'язку між мікроконтролером та сервером. Його завданням є використання стеку мережевих протоколів, наприклад TCP/IP, для передачі та отримання даних через Інтернет. Використання стеку TCP/IP забезпечує надійну та стабільну передачу даних, а підсистема зв'язку відповідає за управління цим процесом, забезпечуючи зручний та ефективний інтерфейс для мікроконтролера. Підсистема зв'язку включає в себе функції, пов'язані з підключенням до точки доступу, встановленням з'єднання та обробкою повідомлень про помилки. Це дозволяє мікроконтролеру працювати на вищому рівні абстракції, не займаючись деталями реалізації комунікації з веб-сервером.

Після підключення до мережі, підсистема обробки даних з блоками збору даних, керування та зчитування показників виконує кілька функцій.

Блок збору даних здійснює збір різноманітних даних з підключених блоків збору даних, які можуть бути збережені в пам'яті або надіслані на сервер для подальшої обробки. Це можуть бути показники лічильників, датчиків або інші параметри, які необхідно збирати.

Блок керування дозволяє відправляти команди та виконувати дії на підключених пристроях або блоках. Наприклад, можна відправити команду в telegram bot для включення або вимкнення освітлення пристрою, відправки фотографії з освітленням чи без.

Блок зчитування показників забезпечує зчитування показників з підключених блоків або пристроїв. Це може включати отримання актуальних значень лічильників. Після отримання даних, підсистема може обробляти їх. Отримані результати можуть бути використані для подальшого звітування, візуалізації або взаємодії з іншими компонентами системи.

У мікроконтролері є енергонезалежна пам'ять, яка не потребує живлення і зберігає різні типи інформації, такі як поточні налаштування, статистичні дані, виміри з датчиків і службову інформацію. Це означає, що навіть при відключенні від джерела живлення система збереже ці дані. При перезапуску або підключенні

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

до живлення система може використовувати збережені дані для відновлення налаштувань. Для отримання доступу до цієї пам'яті використовується блок, який дозволяє зчитувати та записувати дані у цю енергонезалежну пам'ять.

Рівень інтерфейсів мікроконтролера забезпечує можливість низькорівневого доступу до шин даних або фізичних виводів через свої інтерфейси. Цей рівень можна також назвати рівнем драйверів, оскільки він відповідає за керування функціями і передачею сигналів на ці інтерфейси.

2.2.3 Блок живлення системи

Система зняття показників з лічильника не має постійного джерела, у зв'язку з розташуванням лічильника в складно доступному місці. Тому акумулятор відповідає за забезпечення електричного живлення системи, він забезпечує неперервну роботу система.

Блок захисту від перевантаження/перезарядження виконує функцію контролю та регулювання потужності, яка надходить до системи. Він захищає систему від можливого пошкодження, що може виникнути внаслідок перевантаження або неправильного заряджання акумулятора. Блок захисту може контролювати струм та напругу, регулювати заряд або розряд акумулятора, а також застосовувати захисні механізми для запобігання можливим пошкодженням.

2.2.4 Блок зняття показань лічильника

Блок камера використовується для зняття фотографій показань лічильника. Даний блок складається з окремої камери з'єднаною з системою. Камера дозволяє зручно та точно зняти показання лічильника без необхідності ручного запису або потенційних помилок.

Блок освітлення відповідає за освітлення простору, де розташований лічильник. Для досягнення цієї мети використовується світлодіод, який вбудований

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

безпосередньо на платі. Світлодіод забезпечує достатньо яскраве освітлення, щоб забезпечити зручність і точність при знятті показань лічильника.

Висновки до розділу 2

У розділі, присвяченому розробленню структурної та функціональної схеми, проведено детальний опис компонентів автоматизованої системи обліку даних лічильника. В підрозділі, що стосується структурної схеми, надано важливі відомості про розташування та зв'язки компонентів системи. Це дозволило визначити оптимальну організацію компонентів і створити зручну та функціональну архітектуру системи. Опис функціональної схеми, який був наданий в іншому підрозділі, детально розглядає функції кожного компонента.

Отже, результати цього розділу є важливою основою для подальшого розвитку та реалізації автоматизованої системи обліку даних лічильника. Вони сприятимуть ефективній роботі системи та точному обліку показань лічильника.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР ОКРЕМИХ КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ

У цьому розділі описано основні компоненти, що використовуються при розробці системи автоматичного зняття показань лічильників. Автоматизація системи зняття показників лічильників дозволяє забезпечити комфортність, точність та ефективність у вимірюванні та зборі даних щодо різних ресурсів, таких як електроенергія, вода та газ.

Вибір правильних компонентів для таких систем є важливим для забезпечення надійності та точності отриманих даних. Від якості лічильника до системи зчитування та комунікаційної інфраструктури – кожен компонент відіграє важливу роль у забезпеченні ефективної роботи системи.

3.1 Вибір мікроконтролера

Мікроконтролер – це електронний пристрій, спеціально розроблений для використання у системах керування, передачі даних та управління технологічними процесами. Він має програмований характер і виконує функції керування та обробки даних, дозволяючи забезпечити оптимальну роботу різних пристроїв і систем [12].

Важливим компонентом системи є мікроконтролер, який відіграє важливу роль у забезпеченні функціональності та зв'язку. Вибір мікроконтролера залежить від конкретних потреб і вимог системи. Було проаналізовано декілька мікроконтролерів, а саме Arduino Nano V3, ESP8266,

3.1.1 Мікроконтролер Arduino Nano V3

Дана плата побудована на мікроконтролері ATmega328. ATmega328 не вважається потужним мікроконтролером. Він має 8-бітне ядро і обмежену швидкодію, що робить його менш потужним у порівнянні з 32-бітними

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

мікроконтролерами, такими як ESP32 та STM32. Одним із головних недоліків є обмежені можливості розширення. У порівнянні з іншими моделями Arduino Nano V3 має менше кількість вводу-виводу(GPIO) та внутрішню пам'ять. Це може обмежувати можливості підключення до більшої кількості пристроїв або розширення функціональності системи [13].

3.1.2 Мікроконтролер ESP8266

Даний мікроконтролер на ESP8266 має декілька переваг. Переваги включають простоту використання, інтегровану підтримку WI-FI для з'єднання з мережами, підтримку Arduino IDE, доступність розширених модулів Crowtail для легкого підключення додаткових пристроїв. Найбільшим недоліком мікроконтролера ESP8266 є наявність лише одного аналогового виводу. Якщо потрібно мати справу з двома або більше аналоговими входами, це стає неможливим. Однак, можна використовувати аналоговий вивід як цифровий, але не навпаки. [14].

3.1.3 Мікроконтролер ESP32-CAM

ESP32-CAM є платою на основі мікроконтролера ESP32 з інтегрованим модулем для камери. Його переваги включають високу продуктивність, підтримку WI-FI та Bluetooth, можливість зйомки та передачі зображень, розширені можливості вводу-виводу, підтримку різних протоколів зв'язку, велику спільноту розробників та широкий вибір бібліотек. Одним із головних недоліків ESP32-CAM є те, що він не має інтерфейсу USB-UART. Це означає, що змоги підключити ESP32-CAM безпосередньо до комп'ютера за допомогою кабелю USB немає [15].

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.4 Мікроконтролер STM32

Даний мікроконтролер розроблений на базі архітектури ARM. Даний вид мікроконтролеру має високу продуктивність та широку підтримку інтерфейсів та протоколів. STM32 використовує перевагу доступу до широкої екосистеми ARM, що надає широкий спектр ресурсів, інструментів та підтримки для розробки вбудованих систем. Головним недоліком ESP32 є мінімальний захист коду: контролер має обмежені функції, які можуть запропонувати захист кодом. Це може вплинути на безпеку програм, створених для цього чипа [16].

3.1.5 Остаточний вибір мікроконтролера

Зважаючи на потреби системи, ESP32-CAM є найкращим вибором для системи. Завдяки вбудованому модулю камери, можливості зв'язку WI-FI і Bluetooth, потужному процесору та розширюваності, ESP32-CAM забезпечує можливість здійснювати зйомку відео або фотографій, передавати їх на віддалений сервер або мобільний пристрій і виконувати розширену обробку даних, якщо потрібно .

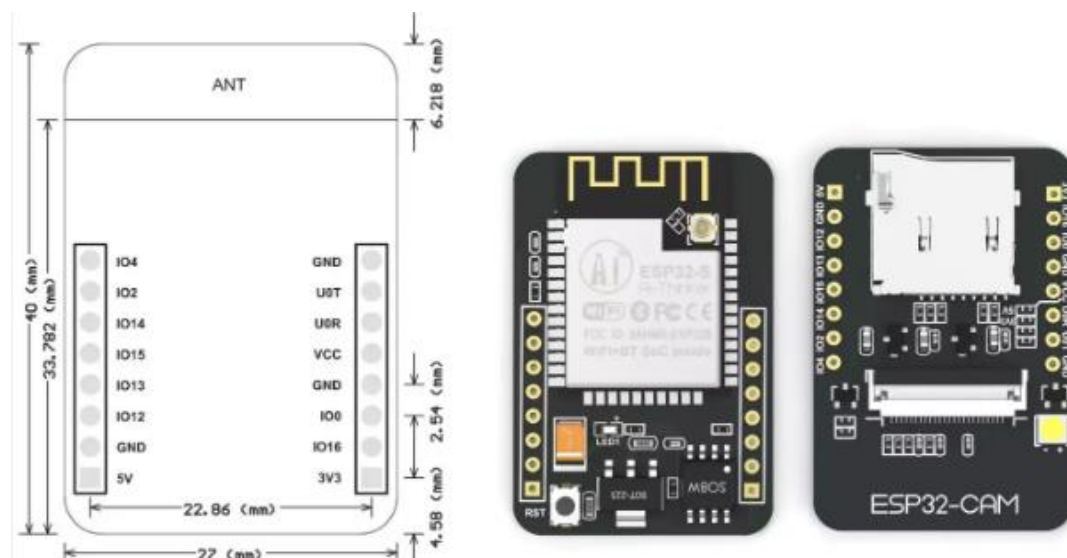


Рисунок 3.1 – Вигляд ESP32-CAM [15]

3.2 Вибір відеокамери

На даний момент на ринку для ESP32-CAM є тільки один модуль камери це – OV2640. Є можливість вибрати камеру для мікроконтролеру з різною довжиною шлейфа. Є дві довжини, 10 та 70мм. Для зручності у використанні вибрано шлейф з довжиною 10мм.

Модуль камери OV2640 2Mp/FOV120-NV(див. Рисунок 3.2) є незамінним компонентом ESP-CAM. Завдяки вбудованій камері з роздільною здатністю 2 мегапікселі та широким кутом огляду 120 градусів, модуль камери дозволяє здійснювати високоякісне захоплення зображень та відео з широким охопленням камери. Збільшена роздільна здатність 2 мегапікселі дозволяє отримувати більш детальні зображення, що важливо для точного обліку показань лічильника. Крім того, широкий кут огляду 120 градусів дозволяє охоплювати більшу площу та збирати більше інформації за один раз, що покращує ефективність процесу обліку. Модуль камери OV2640 2Mp/FOV120-NV інтегрований з ESP-CAM, що спрощує його використання та взаємодію з іншими компонентами системи. Він надає можливість отримувати високоякісні зображення та відео, які можуть бути використані для подальшого аналізу, обробки та збереження даних. Такий модуль камери відкриває широкі можливості для розробки розширених функцій, таких як візуалізація даних, виявлення аномалій та віддалений моніторинг системи обліку [17].

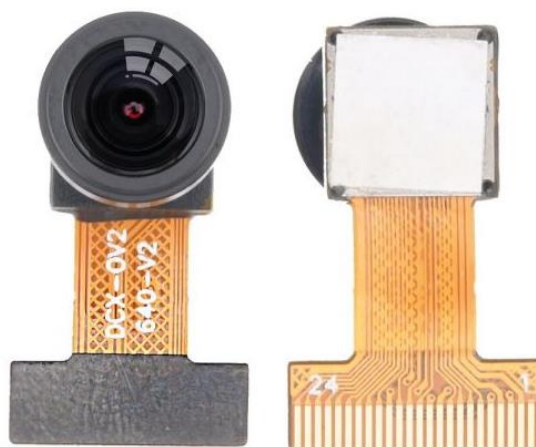


Рисунок 3.1 – Модуль камери OV2640 2Mp/FOV120-NV [17]

3.3 Вибір USB-UART перехідника

USB-UART є інтерфейсом, який забезпечує конвертацію сигналів між стандартом USB та асинхронним протоколом UART. Він дозволяє зв'язувати мікроконтролери або інші електронні пристрої з комп'ютером або іншими пристроями через USB-порт, щоб обмінюватися даними та керувати пристроями за допомогою комунікації UART. USB-UART часто використовується для програмування мікроконтролерів [18].

3.3.1 USB 2.0 – UART TTL

Даний перехідник є інтерфейсом, який забезпечує перетворення сигналів між USB 2.0 і UART TTL рівнями напруги 3.3В або 5В, які використовуються для зв'язку з мікроконтролерами або іншими електронними пристроями. Цей інтерфейс дозволяє зручно підключати та обмінюватися даними між комп'ютером та вбудованими пристроями, такими як ESP32, ESP8266, Arduino та інші, що підтримують UART комунікацію. Головним недоліком є складне підключення перехідника до системи через наявність драйвера чіпа PL2303 [19]. Даний перехідник має наступні характеристики:

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- захист від перевантаження по струму джерела живлення 5 В;
- світлодіодний індикатор стану;
- вихідні напруги 3.3 В і 5 В;
- рівні роботи логіки 5 В.

3.3.2 USB – UART ch-340

Даний перехідник дозволяє передавати дані між ESP32 та комп'ютером через USB-порт, що забезпечує зручний спосіб налаштування, завантаження програмного забезпечення. Головною перевагою перехідника є легке підключення до система за допомогою драйвера чіпу CH340, і ще можна перемикає напругу за допомогою перемички на самому перехіднику. Даний перехідник має наступні характеристики:

- напруга живлення 3,3 або 5;
- підтримка USB 2.0 [20].

3.3.3 Остаточний вибір перехідника

Для програмування мікроконтролера ESP32-CAM (рис. 3.3) було вибрано перехідник на основі чіпу CH-340, який виконує функції модуля USB-UART. Модуль USB-UART пропонує простий і зручний інтерфейс для програмування ESP-32.

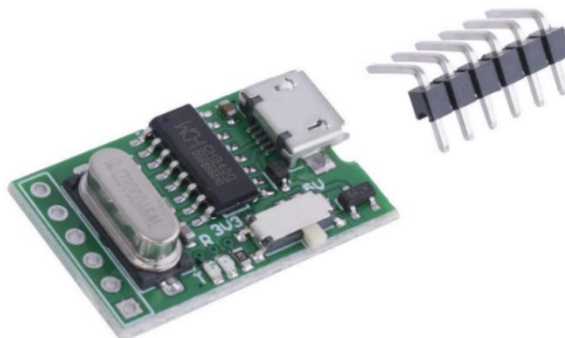


Рисунок 3.3 – USB-UART перехідник [20]

3.4 Вибір живлення

Для системи живлення є необхідним для забезпечення роботи її компонентів та виконання потрібних функцій. Важливо правильно вибрати та налаштувати живлення для системи, щоб забезпечити її надійну роботу і запобігти можливим проблемам, пов'язаним з недостатнім або нестабільним живленням.

3.4.1 Акумулятор Li-Po

Даний акумулятор з ємністю 350 мАг, номінальною напругою 3.7В (4.2В при повній зарядці) надає надійне та стабільне джерело енергії та має захист від перерозряду / перезарядження. Велика перевага цього акумулятора в легкому та тонкому дизайну. Недоліком є вразливість до перевантажень та перезарядок, але для цього в акумуляторі є захист [21].

3.4.2 Портативний зарядний пристрій Powerbank

Портативний зарядний пристрій використовує дві батареї типу 18650 для зарядки різних пристроїв через USB-порт. Його переваги включають портативність, можливість зарядки пристроїв у русі та збільшення тривалості роботи. Недоліки можуть включати обмежену ємність, тривалість зарядки батарей та він є великим і важким в порівнянні з іншими компактними або легкими варіантами [22].

3.4.3 Остаточний вибір акумулятора

Було вирішено використовувати Акумулятор Li-Po (рис. 3.4). Завдяки своїй компактності та легкості, акумулятор Li-ро є ідеальним вибором. Його висока

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ємність дозволяє забезпечити тривалий час роботи системи без необхідності часто заряджати акумулятор [21].



Рисунок 3.4 – Акумулятор Li-Po [21]

3.5 Перетворювач напруги XL6009

Для регулювання напруги в системі треба використати перетворювач. Після аналізу доступних варіантів перетворювачі вирішено використовувати XL6009 (рис. 3.5). Цей перетворювач може ефективно змінювати вихідну напругою. Перетворювач корисний в ситуаціях коли необхідно забезпечити стабільну напругу для роботи певних компонентів системи [23]. Даний перетворювач має наступні характеристики:

- вхідна напруга 3 – 32;
- вихідна напруга 5 – 35;
- частота перетворення 400 [23].



Рисунок 3.4 – Підвищуючий перетворювач напруги XL6009 [23]

3.6 Контролер заряду TP4056

Для вибраного акумулятору потрібен контролер для керування процесом зарядки акумулятора. Було вирішено використовувати контролер заряду TP4056. Даний контролер призначений для заряду Li-Ion акумуляторів струмом до 1А. Він має вбудовані механізми захисту, які дозволяють уникнути перевантаження та перегріву, забезпечуючи безпеку під час процесу зарядки. Даний контролер має наступні характеристики:

- струм зарядки 1А (з можливістю регулювання);
- вхідна напруга 4.5V-5.5V;
- напруга повного заряду 4,2 В;
- вхідний інтерфейс: micro USB.

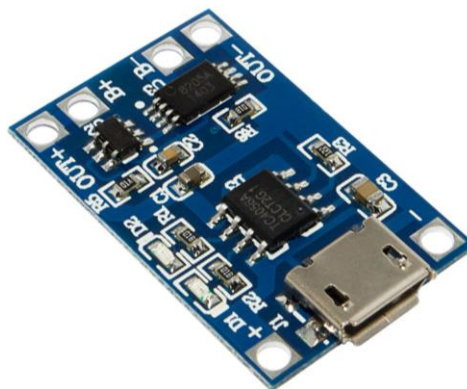


Рисунок 3.5 – Контролер заряду TP4056 [24]

Висновки до розділу 3

У цьому розділі ретельно досліджено та оцінено компоненти, що потрібні для створення автоматизованої системи обліку даних лічильника. Було розглянуто варіанти і проведено порівняльний аналіз їх характеристик. Обрано оптимальні варіанти для системи обліку даних лічильника.

Отже, результати даного розділу надали необхідну основу для вибору та інтеграції компонентів у систему обліку даних лічильника.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

4 РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ

На кресленику ІА93.024БАК.004 ЭЗ зображена електрична принципова схема. Після вибору компонентів та для розробки на фізичному рівні було розроблено електричну принципову схему. Продемонстровано спосіб підключення мікроконтролера до з'єднувача камери і живлення системи. У схемі використовуються наступні компоненти:

- ESP32-CAM (A2);
- Cam_Connector (A1);
- XC6206-2.8V (U1);
- XC6206-1.2V (U2);
- XL6009 (DA1);
- Micro USB (DA2);
- TP4056 (DA3);
- DW01A (DA4);
- діод Шотткі (D1, D2);
- конденсатори (C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8);
- резистори (R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8);
- котушка індуктивності (L1, L2, L3);

4.1 Взаємодія камери та мікроконтролера

Мікроконтролер виступає як основний керуючий пристрій в системі, він виконує кілька важливих функцій. По-перше, він забезпечує стабільне з'єднання з сервером та відправку накопичених даних на нього. По-друге, мікроконтролер виступає у ролі точки доступу, що дозволяє іншим пристроям з'єднуватись з системою. До того ж, мікроконтролер також відповідає за збір даних з камери у системі.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Мікроконтролеру з'єднаний з камерою за допомогою XC6206. XC6206 – це стабілізатор напруги. Він контролює та регулює вихідну напругу, забезпечуючи стабільне значення на виході. Стабілізатор забезпечує надійну та стабільну роботу пристроїв забезпечуючи їх потрібною напругою [25]. Це особливо важливо в системі, коли точна і стабільна напруга необхідна для правильної роботи камери.

Обмін інформації між камерою та мікроконтролер здійснюється за допомогою протоколу зв'язку I2C. I2C (Inter-Integrated-Circuit) є послідовним протоколом зв'язку, який вимагає лише двох сигнальних ліній [26]. В даній системі мікроконтролер виступає як головний пристрій на шині I2C, а камера виконує роль підпристрою. Мікроконтролер може відправляти команди та отримувати дані від камери за допомогою цього протоколу, який дозволяє керувати камерою та отримувати зображення для обробки або передачі на інші пристрої.

В таблиці 4.1 наведено піни для з'єднання камери OV25640 та ESP32-CAM.

Таблиця 4.1 – піни для з'єднання камери OV25640 та ESP32-CAM [27]

OV2640 CAMERA	ESP32
D0	GPIO 5
D1	GPIO 18
D2	GPIO 19
D3	GPIO 21
D4	GPIO 36
D5	GPIO 39
D6	GPIO 34
D7	GPIO 35
XCLK	GPIO 0
PCLK	GPIO 22
VSYN	GPIO 25

HREF	GPIO 23
SDA	GPIO 26
SCL	GPIO 27
POWER PIN	GPIO 32

4.2 Блок живлення

Для того щоб пристрій мав змогу працювати, навіть коли немає можливості під'єднати його до постійного джерела, було вирішено розробити живлення від акумулятора. В якості роз'єму для живлення використовується micro USB. Система живлення складається з таких компонентів, як інтегральний контролер зарядки TP4056, імпульсний перетворювач XL6009 та елемент FS8205A.

TP4056 це інтегральний модуль, для зарядки Li-Ion акумулятора, який використовується в системі. Даний контролер дозволяє безпечно та ефективно заряджати акумулятор. Модуль TP4056A включає в себе вбудовані захисні механізми, які запобігають пошкодженню акумулятора та забезпечують безпеку під час зарядки. Ці механізми включають захист від перевантаження, короткого замикання та перегріву [28].

Для забезпечення потрібної напруги був використаний імпульсний перетворювач XL6009. Він призначений для зміни значення вихідної напруги. Для мікроконтролеру потрібне зниження напруги до 3.3V. Перетворювач забезпечує постійну та стабільну вихідну напругу, яка слугує джерелом живлення для всієї системи [23].

Елементом для керування живлення та зарядок акумулятора є FS8205A. Він забезпечує ефективне та контрольоване живлення та зарядку акумулятора до потреб системи, що забезпечує безпеку використання акумулятора [29].

Висновки до розділу 4

У даному розділі було розглянута електрична принципова схема. Були розглянуті два важливі аспекти, а саме: взаємодія камери з мікроконтролером, а також система живлення. Результати роботи у даному розділі є важливими для подальшої реалізації проекту. Цей розділ дозволяє забезпечити правильну взаємодію між камерою та мікроконтролером, а також забезпечує надійну систему живлення для безперебійної роботи пристроїв. В результаті виконаної роботи отримано можливість створити прототип системи і налаштувати взаємозв'язки між компонентами системи.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ТА АЛГОРИТМІВ

5.1 Вибір середовища програмування

Було вибрано Arduino IDE як середовище розробки для системи, що базується на ESP32-CAM. Arduino IDE – це середовище програмування, яке використовує мову C++ і призначене для розробки програм для платформи Arduino. IDE (Integrated Development Environment) – це аббревіатура, яка означає інтегроване середовище розробки [30].

Arduino IDE є універсальним інструментом, який дозволяє швидко і легко розробляти програмне забезпечення для мікроконтролерів. Воно має простий інтерфейс, який допомагає швидко розпочати роботу та зосередитися на розробці функціональності. Завдяки широкому спектру доступних бібліотек і прикладів, можна ефективно використовувати функції ESP32-CAM.

Програми, що написані для Arduino, називаються "скетчами". Ці скетчі розробляються у текстовому редакторі, який має функції вирізання, вставки, пошуку та заміни тексту. У полі повідомлень відображається інформація під час збереження, експорту та при виникненні помилок. Консоль відображає текстовий вивід середовища Arduino, включаючи повні повідомлення про помилки та іншу інформацію. Панель кнопок надає можливість перевірити і завантажити програми, створити, відкрити та зберегти скетчі [31].

5.2 Вибір мови програмування

Для даної системи вирішено використовувати мову програмування C++. C++ є мовою програмування, яка призначена для використання в різних сферах і має підтримку кількох парадигм програмування [32]. Вона є однією з основних мов, яку використовують для програмування в середовищі Arduino IDE.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

C++ має велику кількість функцій і можливостей, що дозволяють розробникам створювати складні програми з багатьма функціональними можливостями.

Комбінація мови програмування C++ і Arduino IDE дозволяє розробникам створювати програми для ESP32-CAM з високою ефективністю, використовуючи широкий набір функцій та можливостей цих інструментів.

5.3 Розробка Telegram Bot

Telegram є мобільним застосунком, призначеним для зручного обміну повідомленнями. Телеграм можна використовувати для надсилання повідомлень, при підключенні до WI-FI або мобільного Інтернету [33]. Телеграм працює за допомогою хмарної технології, яка є спрощеною версією "cloud storage" і дозволяє зберігати дані на віддаленому сервері [34].

Телеграм використовує свій власний протокол шифрування MTProto. MTProto API використовується для зв'язку між вашим Телеграм-застосунком та сервером. Telegram API є повністю відкритим, що дозволяє розробникам створювати свої власні клієнти месенджера [35].

Для створення ботів було розроблено Telegram Bot API, який є надбудовою над Telegram API. Використання Bot API не вимагає глибокого розуміння протоколу шифрування MTProto, оскільки допоміжний сервер відповідає за всі шифрування та зв'язок з Telegram API. Ви можете з'єднатися з сервером за допомогою простого HTTPS-інтерфейсу, який надає спрощену версію Telegram API [35].

5.3.1 Опис програмного коду для Telegram Bot

Нижче приведено деякі функції там описано частину коду для створення Telegram Bot.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

У написаному кодї системи використовуються різні бібліотеки, такі як WiFi, WiFiClientSecure, UniversalTelegramBot і ArduinoJson. Для підключення до Wi-Fi мережі потрібно ввести свої дані (SSID і пароль) у відповідних змінних. Також потрібно вказати токен телеграм-бота в змінній BOTtoken і ідентифікатор телеграм чату в змінній CHAT_ID. Для керування світлодіодом при зйомці фотографії використовується пін GPIO 4. Змінна capturePhotoWithFlash вказує, чи потрібно включити спалах при зйомці фотографії.

Основна логіка програми полягає в обробці нових повідомлень, які надходять з телеграм-чату. Кожне повідомлення перевіряється на команди, такі як "/start" або "/capture_photo_with_LEDFlash". Залежно від команди виконуються відповідні дії, такі як відправлення вітального повідомлення або зйомка фотографії з використанням спалаху.

Функція handleNewMessages перевіряє кількість нових повідомлень і обробляє їх. Для кожного нового повідомлення перевіряється ідентифікатор чату, щоб забезпечити, що повідомлення надійшло від авторизованого користувача. За допомогою функції bot.sendMessage відправляються відповідні повідомлення у телеграм-чат.

Функція sendPhotoTelegram відповідає за процес зйомки фотографії та відправлення її в телеграм-чат. Спочатку налаштовується з'єднання з сервером Telegram за допомогою клієнта WiFiClientSecure. Далі використовується функція esp_camera_fb_get для отримання фреймбуфера з камери. Отриманий знімок перетворюється в формат JPEG та відправляється за допомогою функції bot.sendPhoto. Після відправлення знімку, фреймбуфер звільняється для економії пам'яті. Цикл loop() перевіряє наявність нових повідомлень у телеграм-чаті та обробляє їх. Також перевіряється команда "/capture_photo_with_LEDFlash", якщо отримано цю команду, спалах LED вмикається, і запускається процес зйомки фотографії.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Код продовжує цей процес знову і знову, перевіряючи наявність нових повідомлень кожну секунду.

5.4 Опис блок-схеми алгоритмів

На кресленику ІА93.240БАК.004 Д1 продемонстровано блок-схему алгоритмів роботи системи.

В першому етапі реалізується процес з'єднання пристрою з мережею. Спочатку, для початку з'єднання, виконується підключення пристрою до джерела живлення. У разі невдалого підключення, система повідомляє користувача про неуспішну спробу підключення пристрою до системи. При успішному підключенні пристрою до джерела живлення, проводиться процес з'єднання пристрою з мережею. Якщо з'єднання встановлено успішно, це свідчить про функціонування системи. Але, якщо з'єднання не вдалося встановити, користувач отримує повідомлення про невдалу спробу підключення пристрою до мережі.

В другій секції наведено алгоритм роботи системи. Блок зв'язку надсилає запит до серверу щоб отримати дані про нові запити від користувача. Якщо повідомлень немає, то потік знову входить в режим очікування. Інакше, сервер аналізує запит, що надійшов, і виконує його. Після аналізу запиту, виконується запит «Зчитати показники». Після виконання запиту, відбувається перевірка валідності даних. У випадку, коли дані не валідні, користувач може зробити повторний запит на сервер, чи потік перейде в режим очікування. Якщо дані валідні, то показники записуються у пам'ять. Якщо в оперативній пам'яті не наявні данні конфігурації, то здійснюється зчитування даних конфігурації з енергонезалежної пам'яті. У випадку коли дані наявні, то відбувається зчитування з оперативної пам'яті. Після зчитування дані надходять користувачу. Система успішно виконала отриманий запит.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5 Візуальне розпізнавання показань лічильника

5.5.1 Процедура розпізнавання показників

Процес розпізнавання показань лічильника можна розділити на два етапи:

1. спочатку необхідно виявити область показань лічильника, знайти шкалу лічильника на зображенні та виділити окремі цифри в цій області;
2. після цього вже у виявленій області можна провести процес розпізнавання кожної зі знайдених цифр.

Такий процес розпізнавання показників лічильника зумовлено можливістю виявлення області показань не завжди бути можливим. У випадку, коли пристрій зняття показань встановлюється тільки один раз, виявлення шкали можна виконати один раз під час встановлення, виявити область показань і надалі проводити лише розпізнавання показників. Це дасть змогу зменшити витрати на передачу даних з пристрою, оскільки на пристрій можна передати інформацію про положення шкали показників, а пристрій зняття буде передавати лише дану область. Повторне виявлення шкали може знадобитись лише у випадку, якщо буде змінено положення або замінено на новий лічильник. Шляхом некоректного виявлення області показань, можна встановити порушення в роботі пристрою.

5.5.2 Процес виявлення області показань лічильника

Задля виявлення області показань лічильника був використаний підхід оснований на виявленні ліній. Цей підхід можна використовувати, тому що область зчитування лічильника має форму прямокутника. Ефективним методом для виявлення ліній є застосування перетворення Хафа [36].

Перетворення Хафа є методом, призначеним для виявлення різних елементів на зображенні, таких як лінії, кола, еліпси, параболи тощо. Цей метод базується на алгоритмі голосування, який використовується для простору параметрів геометричних фігур [37]. Для виявлення ліній, які використовуються для пошуку

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

шкали, використовуються їхні параметри, такі як кут нахилу та зсув відносно початку координат. Процес голосування проводиться в акумуляторному масиві, розмірність якого для ліній складає два, оскільки враховуються лише ці два зазначені параметри. Дана процедура використовується на зображенні, на якому вже виявлені границі. Вона полягає в тому, що виконується накопичення кількості пікселів, які приналежать прямій, що відповідає кожній парі параметрів, в акумуляторному масиві. Отримуючи локальні максимуми в акумуляторному масиві, можна визначити параметри рівних ліній на зображенні [36].

Зазвичай, перед застосуванням перетворення Хафа, рекомендується використовувати двійкові зображення, на яких вже були виділені границі. Це можна зробити шляхом застосування методу Кенні для пошуку границь на зображенні [36]. Для того щоб із багатьох різних ліній, які були виявлені після перетворення Хафа, треба виявити ті лінії, що можуть належати області показань, то для цього було передбачено схему методу розпізнавання області показань лічильника, яка зображена на рисунку 5.1.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 5.1 – Схема методу розпізнавання області показань лічильника

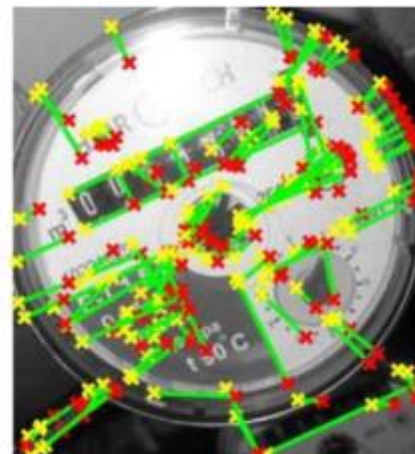
На зображенні, показаному на рисунку 5.2, представлений результат застосування процедури пошуку ліній за допомогою даного методу.



а)



б)



в)

Рисунок 5.2 – Ілюстрація процедури виявлення ліній [38].

На рис. 5.2 можемо побачити:

- а) – вхідне зображення;
- б) – результат виявлення границь методом Кенні;
- с) – результат пошуку ліній за допомогою перетворення Хафа.

На реальному зображенні (рис. 5.2) помітно велику кількість виявлених детектованих ліній. Для відбору ліній, які відповідають області показань, були застосовані наступні критерії:

- Лінії області показань повинні належати прямокутнику.
- Якщо лінії мають приблизно однакову довжину, то вони повинні бути паралельними.
- Паралельність та приблизна рівність довжин ліній можна перевірити через параметри, що визначаються перетворенням Хафа.
- Співвідношення довжин даних ліній до відстані між ними повинно знаходитися в діапазоні від 4 до 7.
- Кут між векторами, який визначає напрямок лінії, та інший вектор, який з'єднує кінці протилежних ліній, повинен бути практично прямим, тобто:

$$\theta = \arccos \frac{\langle \bar{a}_1 \bar{b} \rangle}{|\bar{a}| \times |\bar{b}|}$$

де $\langle \bar{a}_1 \bar{b} \rangle$ – позначає скалярний добуток векторів $\bar{a}$ та $\bar{b}$; $|\bar{a}|$ - позначає довжину вектора. Кут θ повинен знаходитись в межах від 87 до 93 градусів [38].

Рисунок 5.3 демонструє остаточний результат, отриманий в результаті застосування запропонованого методу.



Рисунок 5.3 – Приклад виявлення області показників лічильника [38]

Як згадувалося раніше, у розробленій системі рідко виконується метод виявлення шкали та сегментація цифр. Переважно це робиться один раз, при встановленні пристрою зняття показників. Отже, ця процедура виконує вторинну функцію і може потребувати ручного втручання від користувача для коригування отриманого результату. У разі потреби у більш ефективному виявленні областей зчитування в майбутньому, існуючий метод можна замінити на більш продуктивний шляхом використання нейронних мереж. У наступному розділі, присвяченому розпізнаванню цифр після виявлення області показників лічильника, буде застосовано метод нейронних мереж.

5.5.3 Процес розпізнавання цифр показників

В дослідженні [39] показують, що одним із найнадійніших підходів виявлення є використання згорткових нейронних мереж. Процес виявлення показань використовує згорткову нейронну мережу. Нижче наведено детальні відомості про структуру та параметри навчання

5.5.3.1 Архітектура нейронної мережі

Дослідження показують, що згорткові нейронні мережі дуже ефективно розпізнають символи, особливо рукописні цифри [40]. У даній системі стоїть аналогічна, але навіть більш проста задача, оскільки цифри, які потрібно розпізнавати, не є рукописними. Однак, враховуючи останні досягнення в галузі оптичного розпізнавання символів, а також результати, отримані у роботі [39], було прийняте рішення використовувати мережу з архітектурою, схожою на LeNet [40]. Деталі цієї архітектури наведено на рисунку 5.4.

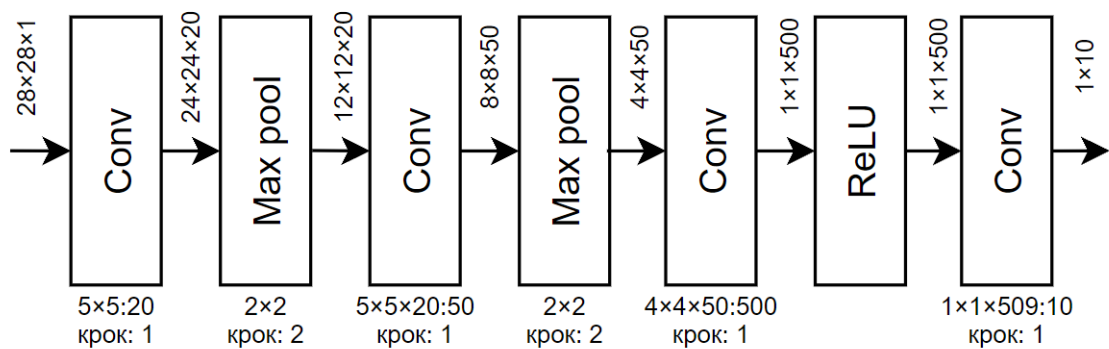


Рисунок 5.4 – Структура нейронної мережі, яка використовується для розпізнавання символів, включає різні шари, кожен з яких має визначені розмірності тензорів на вході і виході [41].

Вхідним сигналом до цієї мережі є монохромне зображення розміром 28×28 пікселів. На рис. 5.4 використані стандартні позначення для шарів: Conv – згортковий шар, Max pool – шар пулінгу з використанням максимуму, ReLU – функція активації, де $y = \max(x, 0)$. Позначення під шарами на рис. 5.4 вказують на розміри та кількість фільтрів у кожному шарі, а також на крок зміщення фільтрів під час обчислення згортки або при об'єднанні за максимумом. Формат позначень виглядає так: $x \times y \times z : n$ для розміру фільтра з трьома вимірами, $x \times y : n$ для розміру фільтра з двома вимірами, та $x \times y$ для одновимірного розміру фільтра [41].

5.5.3.2 Процес навчання нейронної мережі

Функція м'якого максимуму (softmax) [42] використовувалась як функція втрат під час процесу навчання. Процес навчання використовував метод стохастичного градієнтного спуску (SGD) з моментом [42], де параметри методу були наступні:

- для методу стохастичного градієнтного спуску (SGD) було використано підмножину розміром 10 зображень для навчання;
- швидкість навчання (learning rate) складала 10^{-3} для кроку градієнтного спуску;
- коефіцієнт моменту (momentum) був встановлений на рівні 0,9;
- навчання проводилося протягом 20 епох.

Для навчання мережі була створена спеціальна навчальна вибірка. На рисунку 5.5 представлені деякі приклади зображень цифр, що використовувалися в цій вибірці.



Рисунок 5.5 – Навчальна вибірка [41].

Після проведення навчання мережі на спеціально створений вибірці, яка зображено на рисунку 5.5, було досягнуто високої точності при розпізнаванні показань лічильника.

Після навчання згаданої на рисунку 5.5 мережі на спеціально створеній вибірці було досягнуто високого рівня точності в розпізнаванні показань лічильника. Ефективність використання згорткових нейронних мереж для розпізнавання показань лічильника підтверджується досягнутим результатом.

Висновки до розділу 5

У цьому розділі було вибрано низьку важливих етапів. Було вибрано середовище розробки та мову програмування. Далі, розроблений Telegram Bot, що дозволяє взаємодіяти з системою та передавати дані користувачу. Увага приділена візуальному розпізнаванню показань лічильника, включаючи виявлення області показань та розпізнавання цифр. Для цих процесів обрана відповідна архітектура нейронної мережі, що забезпечує точність та ефективність розпізнавання. Останнім етапом є процес навчання нейронної мережі, де за допомогою спеціально створеної вибірки досягнуто високого рівня точності у розпізнаванні показань лічильника.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

6 РОЗРОБЛЕННЯ РОБОЧОГО МАКЕТУ СИСТЕМИ

У попередніх розділах було надано опис різних рівнів системи. За допомогою структурної схеми встановлено загальну роботу системи на високому рівні. Після розробки функціональної схеми отримано більш детальне уявлення про систему. У розділі вибору окремих компонентів системи були підібрані найбільш відповідні деталі. В результаті цього було успішно розроблено і виготовлено перший прототип системи.

6.1 Розробка прототипу систему

Для того щоб розробити прототип системи треба дізнатись правильне підключення компонентів системи до програматора, тому що без нього не можливо програмувати саму плату ESP32-CAM. Для програмування ESP32-CAM, потрібно підключити USB-UART перехідник, як показано на рисунку 4.1.

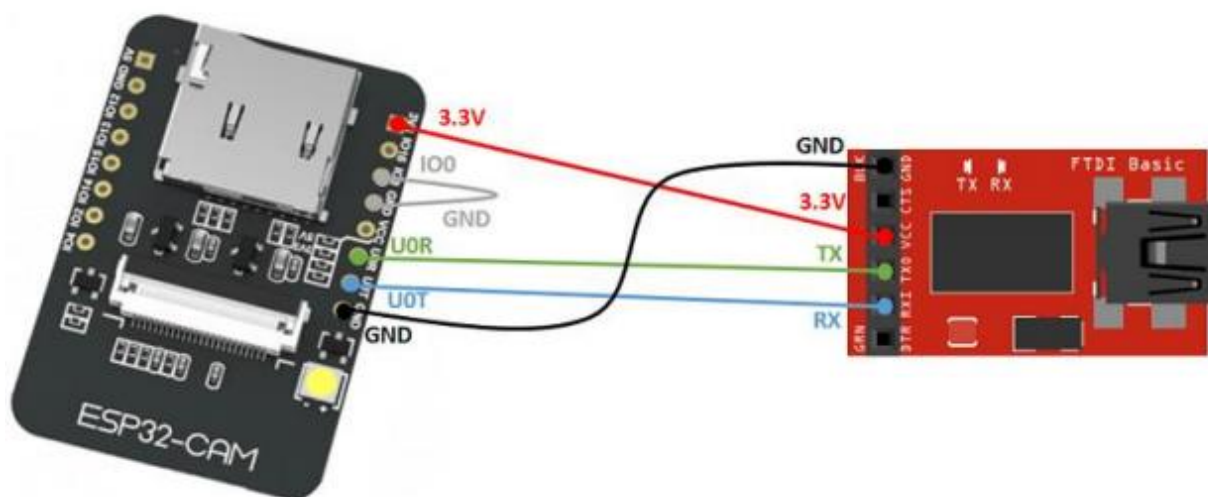


Рисунок 6.1 – Схема з'єднання USB-UART перехідник з ESP32-CAM [43]

Таблиця 6.2 – підключення пінів до програматора

ESP32-CAM	USB-UART
GND	GND
5V	VCC(5V)
U0R	TX
U0T	RX
GPIO 0	GND

На рисунку 6.3 наведено успішне з'єднання перехідника та контролера.

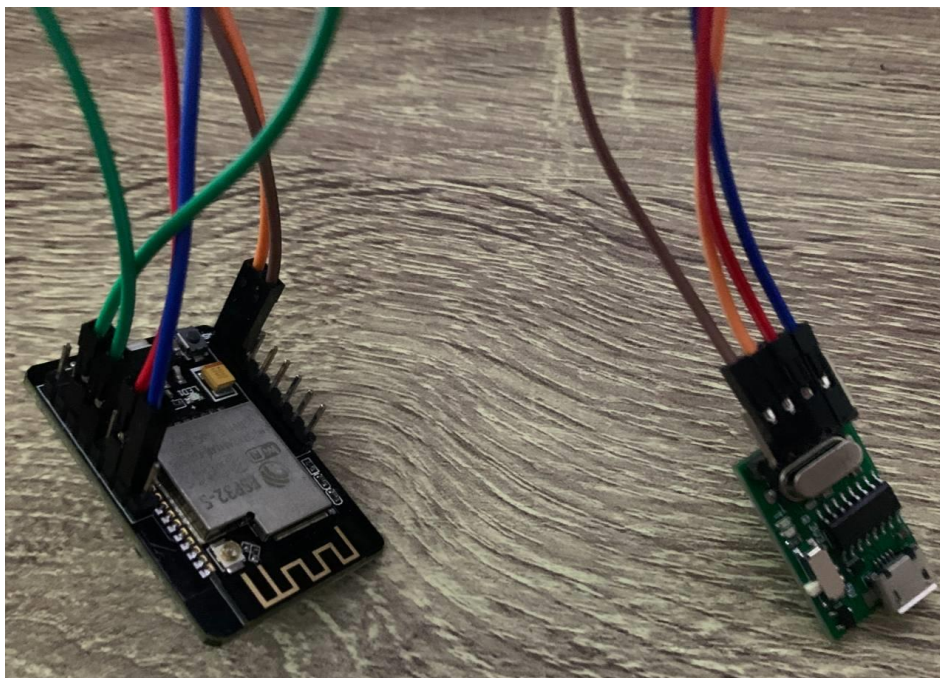


Рисунок 6.3 – Успішне з'єднання USB-UART перехідник з ESP32-CAM

6.2 Розробка корпусу для системи

Для того щоб система могла зчитувати показники з лічильника треба розробити корпус, який фіксується на лічильну і за допомогою його відбувається фіксація камери, і тому зчитувати показники з лічильника стає в рази легше.

Для розробки корпусу була використана програма Blender. Blender – це вільний та відкритий програмний пакет для 3D-моделювання, комп'ютерної графіки, анімації і візуалізації [44]. Ця програма є найкращим вибором для створення корпусу, вона надає користувачам інтуїтивно зрозумілий інтерфейс з багатьма панелями та меню, що дозволяє використовувати різні функції програми.

Спочатку треба виміряти розміри системи для того, щоб спроектувати корпус.

Використовуючи програму Blender для фіксації мікроконтролеру на лічильнику було розроблено корпус (рис. 6.4) і окремо розроблено знімну конструкцію з отвором для мікроконтролеру ESP32-CAM з механізмом закриття (рис. 6.5).

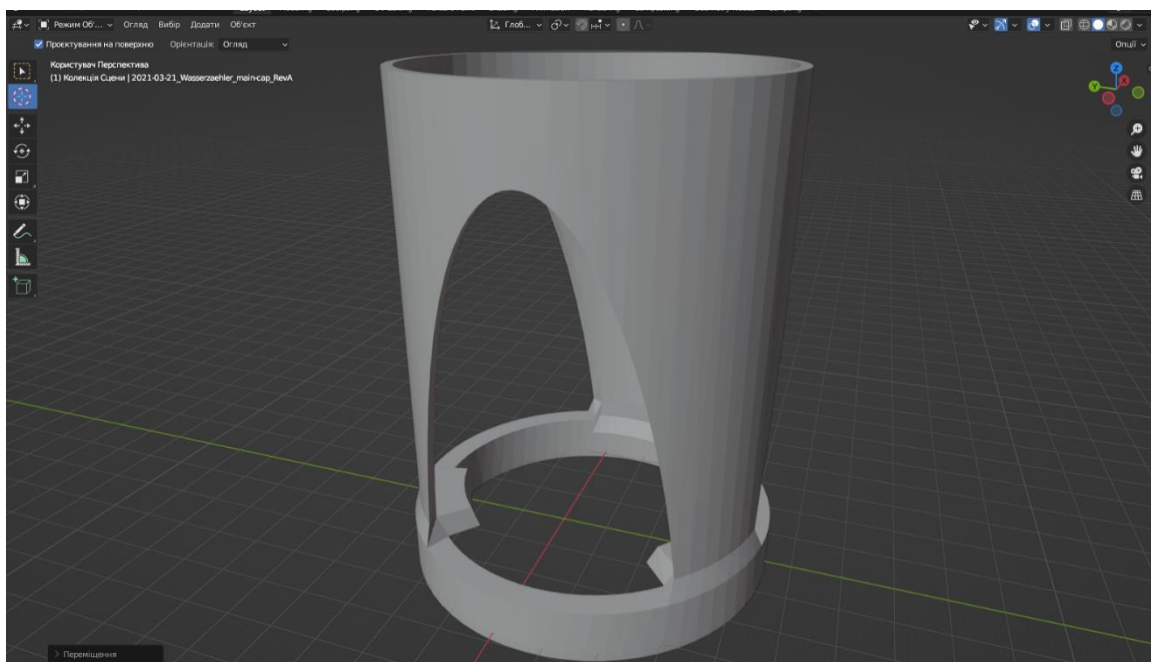


Рисунок 6.4 – Корпус для лічильника

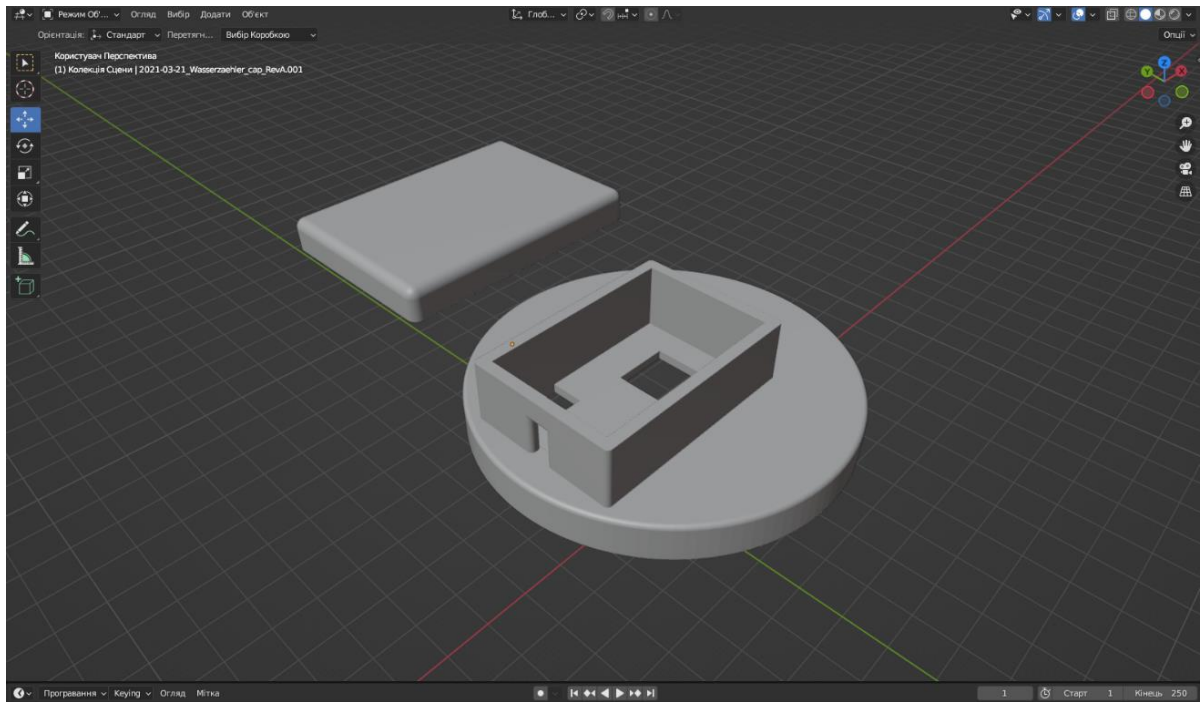


Рисунок 6.5 – Знімна конструкція з отвором для мікроконтролеру ESP32-CAM з механізмом закриття

6.3 Виготовлення корпусу

Для виготовлення корпусу було використано 3D принтер. PETG, ABS та PLA – це популярні матеріали для 3D друку. Вони мають свої особливості і переваги, і вибір матеріалу залежить від вимог і потреб проекту.

PLA – один з найпоширеніших матеріалів для 3D друку. Виготовляється з рослинних ресурсів. Має екологічну чистоту і хорошу міцність, але має обмеження - низьку термостійкість [45].

ABS – термопластичний полімер з високою міцністю і витривалістю. Витримує вищі температури. Легко обробляється, але може мати неприємний запах. Матеріал має підвищену ударостійкість і пружність [46].

PETG – матеріал, що поєднує переваги PLA та ABS. Має високу міцність, термостійкість і хімічну стійкість [47].

Для корпусу PETG може бути кращим варіантом порівняно з ABS і PLA. Він має високу міцність і термостійкість, задовольняючи вимоги корпусу лічильника. Готовий корпус в розібраному вигляді відображений на рисунку 6.6.



Рисунок 6.6 – Готовий корпус в розібраному вигляді

6.4 Система зчитування даних з лічильника в зібраному стані

Виходячи з усього вище написаного було повністю зібрана готова система зчитування даних з лічильника. Система представлена на рисунку 6.7.

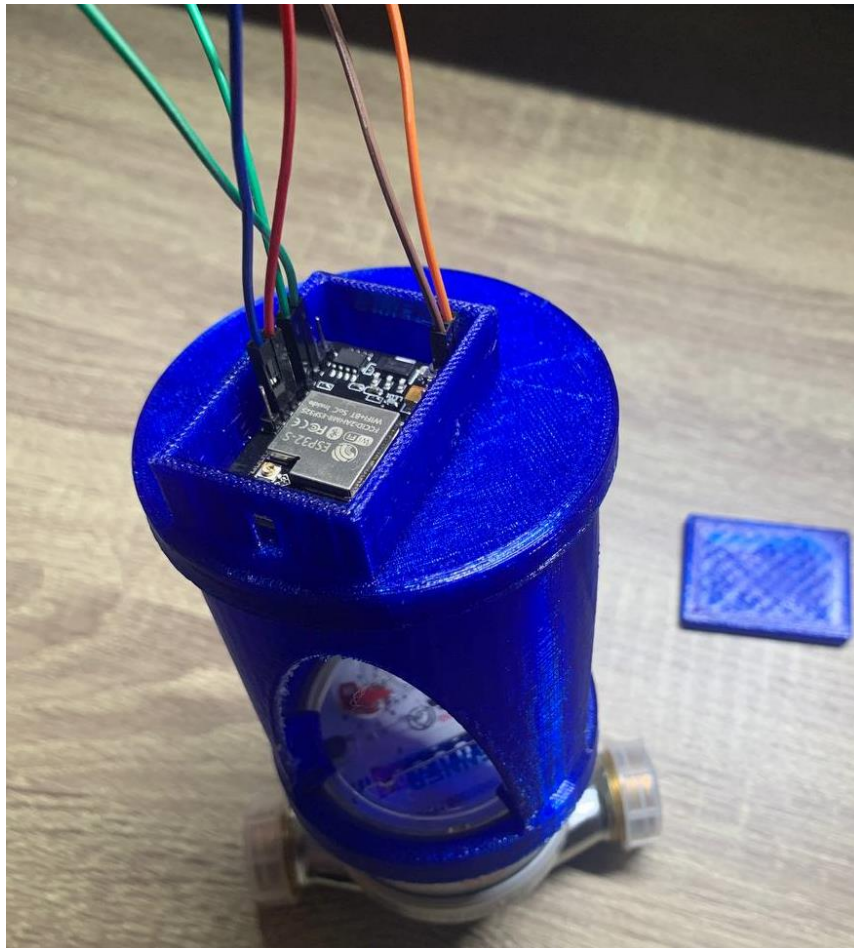


Рисунок 6.7 – Система зчитування даних з лічильника

Висновки до розділу 6

У даному розділі було проведено комплексні дії з розробки прототипу системи обліку даних лічильника. Під час розробки прототипу були виконані кроки з розробки прототипу системи, програмного, інтеграції компонентів та створення корпусу для системи. Результатом цих дій є функціональний прототип, який включає в себе виготовлений корпус і зібрані компоненти. Цей прототип становить основу для подальшого тестування і вдосконалення системи.

ВИСНОВКИ

В процесі роботи над дипломним проектом «Автоматизована система обліку показань лічильників» було проведено огляд предметної області та існуючих рішень, включаючи аналіз методів обробки показань лічильників та огляд ринку наявних моделей лічильників. Ознайомлення з аналізом методів дало можливість ознайомитись зі способами збору показників лічильників, які існують.

Після встановлення вимог була розроблена структурна та функціональна, яка містить детальний опис компонентів автоматизованої системи обліку даних лічильника. Детальний опис дозволив створити зручну та оптимальну архітектуру системи. Після опису системи було підібрано відповідні компоненти для створення макету системи. Потім була створена електрична принципова схема, яка детально описує, як компоненти будуть підключені та як взаємодіятимуть всі компоненти системи. Після цього була створена архітектура, а також розроблені алгоритми системи з метою забезпечення ефективності та точності розпізнавання показників. Проводився вибір програмного середовища, мови програмування та встановлювались основні принципи роботи системи. Також був розроблений Telegram Bot для взаємодії користувача з системою. В кінцевому розділі було розроблено та роздрукованою на 3D принтері корпус системи. Після цього було створено робочий макет системи включаючи прототип, та корпус для неї.

В процесі тестування були виявлені деякі негативні аспекти системи. Були певні обмеження в точності розпізнавання показань лічильника в умовах низької освітленості або наявності шуму на зображенні.

Прототип системи демонструє досить успішну реалізацію вимог, які були поставлені, що може сприяти зручності та ефективності процесу збору показань лічильників, але для повноцінного впровадження ще необхідно провести подальші тестування в реальних умовах експлуатації.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Meter readings – everything you need to know. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://lookaftermybills.com/blog/meter-readings/>.
2. Improving your utility operations with automatic meter reading solutions [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.blicker.ai/news/improving-your-utility-operations-with-automatic-meter-reading-solutions>.
3. Як розумний електролічильник передає показники [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://jooby.eu/uk/blog/rozumnij-elektrolichilnik/>.
4. Що таке розумний лічильник і чи варто його встановлювати? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://oe.if.ua/uk/articles/63219124db9c421c239d4af4>.
5. Розумні лічильники Smart-maic [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://smart-maic.com/uk/>.
6. Розумний WiFi лічильник E-Link SMT2 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ua.all.biz/uk/rozumnyj-wifi-lichylnyk-elektroenergiyi-avtomat-g25710337>.
7. WI-FI счетчик электроэнергии с функцией защиты и управления ем-129 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://novatek-electro.com/docs/ru/doc_EM-129.pdf.
8. Пристрій дистанційного передавання даних 104UA SMART [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://prom.ua/ua/p1307992833-pristrij-distantijnogo-peredavannya.html>.
9. Модуль розширення Neptun Smart [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/hzssi>.
10. Design of Remote Meter Reading System Based on Internet of Thing [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.atlantispress.com/article/25898333.pdf>.

					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Як вибрати стандарт зв'язку для мережі IoT? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/companies/commandspot/articles/390825/>.
12. Що таке мікроконтролер? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://elprivod.nmu.org.ua/ua/interesting/what_is_mp_mc_plc.php.
13. Arduino Nano V3.0 AVR ATmega328P [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod166-arduino-nano-v3-0-avr-atmega328p-s-raspayannimi-razemami>.
14. Плата розробника на ESP8266 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod1581-plata-razrabotchika-na-esp8266>.
15. ESP32-CAM МОДУЛЬ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://komcat.net.ua/manual/esp32cam.html>.
16. Плата розробника STM32F103C8T6 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod1328-plata-razrabotchika-stm32f103c8t6-arm-stm32-minimalnaya-konfiguraciya>.
17. Модуль камери 2Мп OV2640 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/ru/prod4501-modyl-kameri-2mp-ov2640-dlya-esp32-cam-fov160>.
18. UART [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/UART>.
19. USB 2.0 - UART TTL 3.3В / 5в перехідник [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod1075-usb-2-0-uart-ttl-3-3v5v-perehodnik-na-pl2303hx>.
20. Модуль USB-UART на CH340 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.rcscomponents.kiev.ua/product/modul-usb-uart-na-ch340_158536.html.
21. Акумулятор Li-Po 350мАч 3.7В [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod2016-akkymylyator-350mach-3-7v-formata-303040>.

22. Портативний зарядний пристрій Powerbank 2x18650 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduino.ua/prod2682-portativnoe-zaryadnoe-ystroistvo-powerbank-2x-18650-s-vihodom-usb>.
23. Модуль XL6009 підвищуючий перетворювач [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://3v3.com.ua/product_1152.html.
24. Модуль TP4056 контролер заряду [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://3v3.com.ua/product_210.html.
25. XC6206P332MR LDO стабілізатор напруги [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://3v3.com.ua/product_8048.html.
26. Що таке протокол I2C? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.go-travels.com/48271-overview-of-i2c-819001-1009150>.
27. ESP32-CAM AI-Thinker Pinout Guide [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-ai-thinker-pinout/>.
28. TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>.
29. FS8205A [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/2010271837_FUXINSEMI-FS8205A_C908265.pdf.
30. Arduino IDE що це за програма? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://blog-programmista.ru/post/80-arduino-ide-cto-eto-za-programma.html>.
31. Робота в Arduino IDE [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/iajnj>
32. C++ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B>.
33. Що таке телеграм? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://lady.tochka.net/ua/63391-chto-takoe-telegram-i-kak-ego-ispolzovat/>.
34. Хмарне сховище Telegram: повна детальна інструкція [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/iajum>

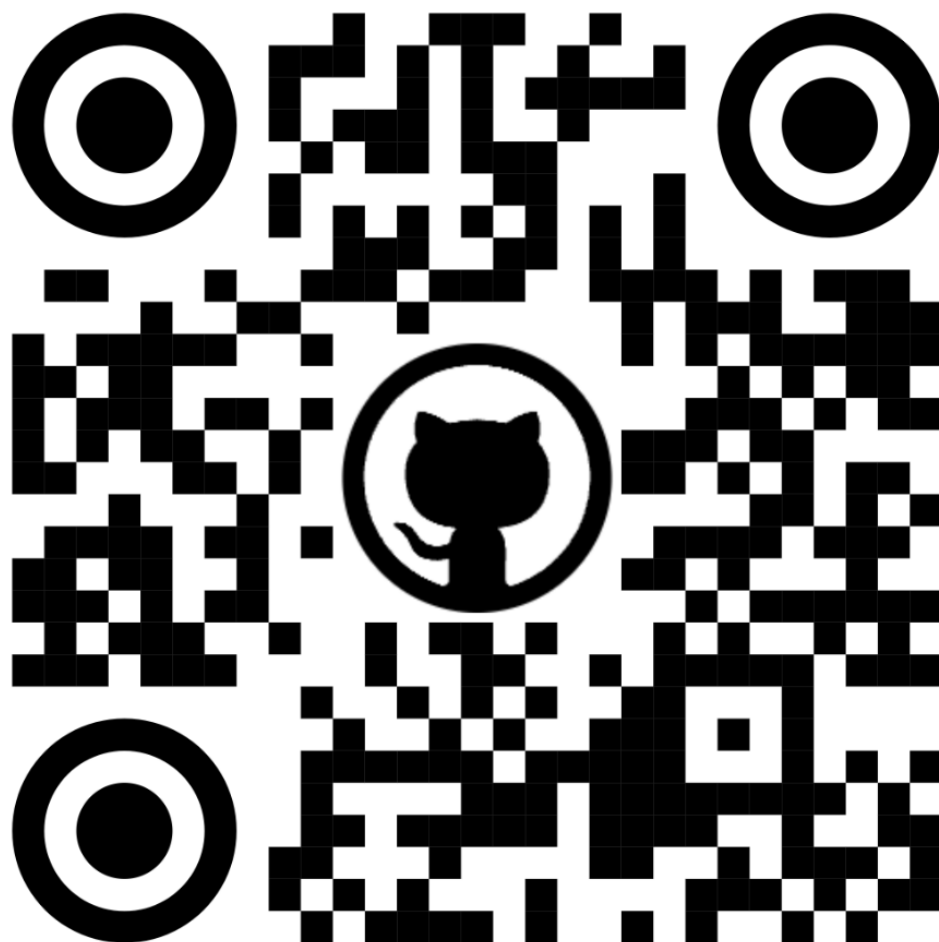
					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

35. Telegram API vs Telegram Bot API [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/articles/543676/#apis>.
36. Digital Image Processing (3rd Edition) Gonzalez R. C. Digital Image Processing (3rd Edition) / R. C. Gonzalez, R. E. Woods., 2008. – 954 с.
37. Computer Vision A Modern Approach Forsyth D. A. Computer Vision. A modern approach / D. A. Forsyth, J. Ponce., 2003.
38. Сваха Д. М. XI Міжнародна науково-технічна конференція молодих вчених «Електроніка-2018»/ Система автоматичного візуального зняття показань лічильника / Д. М. Сваха, А. Ю. Варфоломєєв., 2018. с. 157 – 161.
39. German M. A Mobile Recognition System for Analog Energy Meter Scanning / M. German, G. Shalunts, D. Albertini., 2016. с. 247 – 256.
40. GradientBased Learning Applied to Document Recognition / Y.LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, P. Haffner., с. 1998. с. 2278 – 2324.
41. D. М. Svakha і А. Y. Varfolomieiev, «Система автоматичного візуального розпізнавання показань лічильника», Мікросист., Електрон. та Акуст., т. 23, вип. 6, с. 22–28, Груд 2018.
42. Goodfellow I. Deep Learning / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville., 2016.
43. Веб-сервер потокового відео ESP32-CAM [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://volfiq.ru/esp32-cam-video-web-server/>.
44. Blender [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Blender>.
45. Полілактид (PLA) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/hoptt>
46. АБС-пластик [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/zvyt>.
47. PETG пластик [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://easy3dprint.com.ua/product-category/plastiki-smoli/petg-plastik/>.

ДОДАТОК А

Програмний код мікроконтролера

<https://github.com/SpecialDimas/Diploma-Code-.git>



					ІА93.260БАК.004 ПЗ	Арк.
						64
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

