

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Комп'ютерна система для контролю за електронними цінниками*

Виконав: студент 4 курсу, групи СІ-41
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Ніколюк В.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Стадник Н.Б.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Луцик Н.С.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Осухівська Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерних систем та мереж
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Осухівська Г.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«27» січня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»
(шифр і назва спеціальності)

студента Ніколюка Владислава Романовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система для контролю за електронними цінниками

Керівник роботи к.т.н., доц. Стадник Наталія Богданівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 27 » січня 2025 року № 4/7-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 17.06.2025

3. Вихідні дані до роботи Технічне завдання

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ.

1. Аналіз технічного завдання

2. Проектна частина

3. Практична частина

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки

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

1.

2.

3.

4.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>Пилипець М.І., д.т.н., професор кафедри МТ</i>		

7. Дата видачі завдання 27.01.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Розробка технічного завдання</i>	<i>27.01 – 02.02</i>	<i>Викон.</i>
2.	<i>Аналіз існуючих систем, огляд технологій та вибір архітектури</i>	<i>03.02 – 21.02</i>	<i>Викон.</i>
3.	<i>Вибір апаратного та програмного забезпечення, розробка структурної та електрично принципової схем</i>	<i>22.02 – 16.03</i>	<i>Викон.</i>
4.	<i>Розробка програмного забезпечення для контролера та серверної частини. Тестування розробленої системи та налагодження зв'язку між сервером та апаратною частиною.</i>	<i>17.03 – 19.04</i>	<i>Викон.</i>
5.	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>26.05 – 31.05</i>	<i>Викон.</i>
6.	<i>Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу</i>	<i>01.06 – 08.06</i>	<i>Викон.</i>
7.	<i>Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами</i>	<i>9.06 – 15.06</i>	<i>Викон.</i>
8.	<i>Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>16.06 – 22.06</i>	<i>Викон.</i>
9.	<i>Захист кваліфікаційної роботи бакалавра</i>	<i>24.06</i>	<i>Викон.</i>

Студент

(підпис)

Ніколюк В.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Стадник Н. Б.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ніколюк В.Р. Комп'ютерна система для контролю за електронними цінниками: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 123 — комп'ютерна інженерія. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2025.

Ключові слова: електронний цінник, мікроконтролер ESP32, система контролю, роздрібна торгівля, E-Ink дисплей. бездротовий зв'язок, комп'ютерна система, інтернет речей.

У кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютерну систему для контролю за електронними цінниками, яка дозволяє централізовано змінювати ціни на товари в режимі реального часу. Система побудована на базі мікроконтролера ESP32, що забезпечує бездротовий зв'язок із сервером та керує електронним цінником з E-Ink дисплеєм. Застосування дисплеїв на електронному чорнилі дозволяє досягти високої енергоефективності, оскільки енергія споживається лише в момент оновлення зображення.

Система розроблена для використання в умовах роздрібної торгівлі з можливістю масштабування та інтеграції в інфраструктуру Інтернету речей (IoT). Проведено тестування працездатності, аналіз надійності з'єднання та актуалізацію даних на пристроях.

ANNOTATION

Nikoliuk V.R. Computerized system for monitoring electronic price tags: Bachelor's Graduation Thesis: speciality 123 — computer engineering. Ternopil: Ternopil Ivan Puluj National Technical University, 2025.

Keywords: electronic price tag, ESP32 microcontroller, control system, retail, E-Ink display. wireless communication, computer system, Internet of Things.

This qualification thesis presents the development of a computer system for centralized control of electronic price tags, enabling real-time price updates across retail environments. The system is based on the ESP32 microcontroller, which establishes wireless communication with a backend server and manages the operation of the E-Ink display.

The use of E-Ink technology ensures high energy efficiency, as power is consumed only during screen refreshes. The proposed system is designed to operate reliably within retail infrastructure and supports scalability and integration into Internet of Things (IoT) networks. Functionality was verified through system testing and performance evaluation of data synchronization between devices.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ	9
1.1 Аналіз вимог комп'ютерної системи для контролю за електронними цінниками.....	9
1.2 Огляд технології електронних цінників	10
1.3 Аналіз існуючих рішень.....	14
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА.....	17
2.1 Загальна структура системи контролю за електронними цінниками.....	17
2.2 Проектування апаратного забезпечення комп'ютерної системи.....	18
2.3 Розробка електрично-принципової схеми.....	21
2.4 Розробка блок-схеми алгоритму роботи системи	23
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА.....	26
3.1 Реалізація програмного забезпечення	26
3.2 Прототип системи та її тестування	38
РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	41
4.1 Розробка конкретних заходів щодо боротьби із статичною електрикою.....	41
4.2 Оцінка розробленої конструкції установки щодо умов безпечної експлуатації.....	43
ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46
Додаток А. Технічне завдання	
Додаток Б. Перелік елементів	

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Ніколюк В.Р.			Комп'ютерна система для контролю за електронними цінниками			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Стадник Н.Б.								6	
Реценз.								ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41			
Н. Контр.		Луцик Н.С.									
Затверд.		Осцихівська Г.М.									

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ПЗ – програмне забезпечення

ПК – персональний комп'ютер

ТЗД – термінал збору даних

API – Application Programming Interface

CPU – Central Processing Unit

DAC – Digital-to-Analog Converter

DdoS – Distributed Denial of Service

E-Ink – Electronic Ink – технологія електронного чорнила

ESL – Electronic Shelf Label

HTTP – HyperText Transfer Protocol

IDE – Integrated Development Environment

IoT – Internet of Things – Інтернет речей

JSON – JavaScript Object Notation

MQTT – Message Queuing Telemetry Transport

RMII – Reduced Media Independent Interface

SPI – Serial Peripheral Interface

USB – Universal Serial Bus

VLAN – Virtual Local Area Network

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Комп'ютерна система контролю за електронними цінниками — є сучасним технічним рішенням для автоматизованого та централізованого управління інформацією про ціни в роздрібних торговельних точках. Сучасні тенденції цифрової трансформації у сфері роздрібної торгівлі викликають дедалі більшу потребу в провадженні високотехнологічних рішень, здатних забезпечити підвищення продуктивності бізнесу, зниження операційних витрат та покращення точності обробки інформації.

Електронні цінники — є складовими автоматизованої системи торгівлі, що дозволяють централізовано, синхронно та оперативно відображати та оновлювати інформацію, не потребуючи ручного втручання працівників. Їх використання забезпечує інтеграцію з внутрішніми системами обліку, зменшує кількість помилок, пов'язаних з людським фактором та скорочує витрати на друк паперових цінників.

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій спостерігається активне впровадження в системи управління торговельними процесами концепції Інтернету речей. Це створює основу для реалізації інтелектуальних розподілених систем контролю електронних цінників з використанням мікроконтролерів бездротових технологій передачі даних, як от E-Ink. Результати роботи можуть бути використані при розробці масштабованих систем цифрового ціноутворення для торговельних підприємств різного рівня, з перспективою подальшої інтеграції в комплексні системи обліку та управління.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Аналіз вимог комп'ютерної системи для контролю за електронними цінниками

Метою цієї роботи є створення комп'ютерної системи для централізованого моніторингу та керування електронними цінниками в умовах роздрібної торгівлі. Така система дає змогу суттєво підвищити ефективність зміни цін та підвищити точність відображення інформації для споживача.

Система керування електронними цінниками знайшла ефективне застосування у різних сферах роздрібної та оптової торгівлі, зокрема в супермаркетах та гіпермаркетах, магазинах електроніки та побутової техніки, аптеках та медичних закладах. Також така система доцільна для застосування на складах та логістичних центрах, зокрема у закладах готельно-ресторанного бізнесу та на автозаправних станціях, де важливим є оперативне оновлення інформації про ціни та характеристики товару чи послуги.

Система повинна виконувати такі функції:

- Централізоване оновлення цін на E-Ink дисплеях у торговій залі;
- Відображення додаткової інформації: назва, штрихкод, залишок акційну ціну зі знижкою;
- Зчитування поточного стану електронних цінників;
- Логування змін;
- Автоматичне оновлення цін або при зміні у базі даних.

					<i>КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Аналіз технічного завдання</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Ніколюк В.Р.</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Стадник Н.Б.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						9	
					<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		

1.2 Огляд технології електронних цінників

1.2.1 Загальні відомості

Електронні цінники — це компактні дисплеї, що є сучасною альтернативою паперовим етикеткам. Вони розміщуються на полицях торговельного залу та відображають інформацію про продукт. Головна причина їх використання полягає в автоматизації та централізації процесу оновлення цін, що дає змогу уникнути ручної праці та скоротити кількість операційних процесів для працівників того чи іншого підприємства. Електронні цінники використовують технологію електронного чорнила E-ink. Завдяки цій технології зображення на екрані зберігається без постійного споживання енергії, що значно подовжує термін роботи батареї, що досягає до 5 років в автономному режимі. Цінники здатні відображати не лише ціну, а й назву товару, артикул, штрихкод, QR-код, знижку, логотипи брендів або навіть залишок товару на складі.

Типова система складається з таких основних складових:

- Центральний сервер або база даних. У ній зберігається вся інформація про продукт. На основі цих даних формується контент для кожного цінника.
- Програмне забезпечення. Дозволяє додавати змінювати або видаляти інформацію про товар, а також керувати розкладом оновлень, форматом цінника, тощо.
- Комунікаційні шлюзи. Забезпечують бездротову передачу даних між сервером і цінниками. Вони працюють на низькочастотних радіопроотоколах, які дозволяють передавати дані з великою дальністю при мінімальному енергоспоживанні [2].
- Електронні цінники. Отримують інформацію про оновлення по бездротовому каналу зв'язку, зберігають дані у пам'яті та виводять їх.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.2. Принцип роботи системи

Функціонування системи влаштовано наступним чином. Адміністратор магазину або автоматизована система ціноутворення передає нові дані. Комунікаційні шлюзи, встановлені навколо торгової зали, спрямовують ці дані на відповідні електронні цінники. Підтримується оновлення як режимі реального часу, так і планові зміни відповідно до попередньо запланованого розкладу. Електронний цінник приймає пакет даних, зберігає його в енергонезалежній пам'яті та оновлює зображення на екрані. Оскільки технологія споживає енергію лише під час зміни контенту, після оновлення екран не потребує живлення для збереження зображення. У більш сучасних системах цінники також передають підтвердження про успішне оновлення або сигналізують про помилку, що дозволяє виявити несправні дисплеї, або невірність у внесених даних. В таких системах функціонал зворотнього зв'язку забезпечує систему надійністю. Адміністратор має змогу в реальному часі спостерігати за статусом кожного цінника: рівень заряду батареї, останній час з'єднання, кількість оновлень, сигнал радіозв'язку тощо. У випадку виявлення збоїв система автоматично повторює спробу передачі даних.

У великих торгових точках переоцінка займає велику кількість часу. В свою чергу система керування електронними цінниками забезпечить можливість миттєвого оновлення тисяч цінників одночасно. Централізований підхід управління у поєднанні з бездротовим з'єднанням значно зменшує людську участь, покращує точність операцій, оптимізує витрати та дає змогу оперативно реагувати на зміни ринку, що досить важливо у конкурентному роздрібному середовищі.

1.2.3 Переваги системи

Використання комп'ютерної системи для управління електронними цінниками має цілу низку суттєвих переваг, якщо порівнювати з традиційними методами, що спираються на паперові етикетки та ручне введення інформації.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Оперативність оновлення вартості товарів. Вся інформація оновлюється миттєво, або за певним розкладом одночасно на всіх цінниках. Це особливо важливо під час проведення акцій, коли змінюється курс валют, діють сезонні знижки, тощо.

– Зменшення впливу людського фактору та похибок. У процесі ручного наклеювання паперових етикеток часто виникають помилки, які здатні спричинити конфлікти з клієнтами.

– Економія на друку та логістиці. Відсутність потреби друкувати, зберігати та розповсюджувати паперові етикетки дозволяє економити ресурси того чи іншого підприємства.

– Збільшення продуктивності персоналу. Завдяки автоматизації процесів співробітники магазину можуть більше часу приділяти обслуговуванню клієнтів, а не рутинному оновленню цінників.

– Централізоване управління. Адміністратор має можливість оновлювати дані відразу для всіх торгових точок з одного інтерфейсу – це надзвичайно зручно для великих мережеских компаній.

– Можливість інтеграції з іншими системами. Система без проблем інтегрується з POS-терміналами, терміналами збору даних, ERP-системами, CRM-платформами, що дає змогу створити єдине інформаційне середовище.

– Візуальна привабливість та гнучкість дизайну. Електронні цінники можуть відображати не тільки ціну, але й логотипи брендів, інформацію про акції, QR-коди для переходу на веб-сайт чи перегляду відгуків про товар.

– Екологічність. Відмова від паперових носіїв дозволяє скоротити обсяги відходів та зменшити вплив на довкілля.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.4 Недоліки системи

Попри низку переваг, впровадження та використання електронної системи контролю цінників також має певні недоліки, які варто взяти до уваги.

– Значні початкові витрати. Придбання електронних цінників, комунікаційних шлюзів, серверного обладнання та ліцензійного ПЗ потребує значних капіталовкладень. Цей фінансовий тягар особливо відчутний для малого бізнесу.

– Потреба в модернізації інфраструктури. Для забезпечення коректної роботи системи знадобиться оновлення мережевої інфраструктури, встановлення нових точок доступу, серверів або створення окремого VLAN для безпеки даних.

– Обмежена автономність пристроїв. Не дивлячись на енергоефективність E-Ink дисплеїв, акумулятори або батарейки мають обмежений термін служби, що вимагає періодичної заміни або підзарядки.

– Складність інтеграції зі старими системами. У деяких підприємствах ще використовуються застарілі POS або ERP-рішення, які можуть не підтримувати API або обмін даними з сучасними ESL-системами.

– Технічна підтримка та кваліфікований персонал. Для налаштування, діагностики та обслуговування системи потрібні ІТ-спеціалісти, що може бути викликом для регіональних чи віддалених торгових точок.

– Схильність до радіоперешкод та втрати зв'язку. У разі сильних радіоперешкод або наявності великої кількості металевих конструкцій, сигнал може бути нестабільним.

– Ймовірність атак на бездротову мережу. Як і будь-яка система інтернету речей потребує надійного захисту від DDoS-атак, фальсифікації даних чи втручання третіх осіб, особливо при використанні хмарних технологій.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Аналіз існуючих рішень

На ринку ESL першість належить декільком міжнародним гігантам. Наприклад, компанія Vusion Group — один з визнаних лідерів, чії розробки застосовують сотні торгових мереж по всьому світу. Зокрема, вони відзвітували про понад 350 млн електронних цінників, розгорнутих у більш ніж 70 країнах. У Великобританії та Ірландії Vusion уже покрила понад 500 магазинів таких мереж, як Marks & Spencer, Morrisons, Spar, Co-op.

Китайська компанія Hanshow, теж помітна фігура на ринку ESL. Її рішеннями користуються у більш ніж 50 країнах, а у Франції (Leroy Merlin) вже впроваджено систему з 50 000 міток Hanshow, інтегрованих із мобільним додатком магазину.

Шведська компанія Pricer – ще один ключовий виробник (відомий насамперед у Скандинавії і Європі), що поставила понад 350 млн ESL у 70 країнах. Так мережа магазинів електроніки АЛЛО з 2021 року почала встановлювати ESL-рішення Pricer через українського дистриб'ютора Suntown-Ukraine. На липень 2021 року запроваджено цінники у 12 торгових точках з планами масштабування на всю мережу – близько 50–62 магазинів. Мережа «Сільпо» вже експериментує з технологіями електронних цінників (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Використання E-Ink дисплеїв у мережі супермаркетів «Сільпо»

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Наразі система SoluM Newton (рис. 1.2) адаптована під потреби українських торгових мереж — з різноманітними форматами етикеток (від 1,6" до 12,2"), LED-індикацією та функціями для холодильних вітрин. Таким чином, Україна входить до числа країн, які вже впровадили ESL-цінники як елемент розумного управління магазинами [31].



Рисунок 1.2 – Електронний цінник SoluM Newton

В Україні пілотні впровадження ESL спостерігають у магазинах та на складських підприємствах, що працюють з логістичними платформами, такими як Rozetka та Нова Пошта. На складах ESL часто використовуються як динамічні маркувальні таблички (рис. 1.3) — для швидкої зміни інформації про партії товару, місце зберігання або статус.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.3 – E-Ink дисплеї на складських приміщеннях

ESL активно використовують у поєднанні з іншими пристроями, як от ТЗД [30]. У типових умовах роботи працівник сканує контейнер або партію за допомогою ТЗД. Сканування відбувається як по традиційному штрихкоду, так і по QR-коду, нанесеному на e-ink етикетку електронного цітника . Після сканування термінал автоматично звертається до системи управління складом, з якої отримує повну інформацію про відсканований товар. Після підтвердження змін оператор оновлені дані зберігаються у центральній базі, і відповідна команда автоматично надсилається до ESL. Електронний цітник, прикріплений до ящика або осередку, отримує нову інформацію та оновлює відображення на дисплеї.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Загальна структура системи контролю за електронними цінниками

2.1.1 Опис електрично-структурної схеми системи

Система складається з двох головних модулів: серверно-комунікативного модулю управління та апаратної частини, якою виступає мережа електронних цінників зв'язаних комунікативним шлюзом. Живлення на електронні цінники в момент оновлення подається від літій-іонних акумуляторів. Взаємодія між компонентами комп'ютерної системи реалізується наступним чином: сервер керування (ПК), підключений до локальної мережі, реалізує обробку запитів користувача, зберігає інформацію про товар та генерує команди оновлення цін. На рисунку 2.1 зображено електричну структурну схему системи контролю за електронними цінниками.

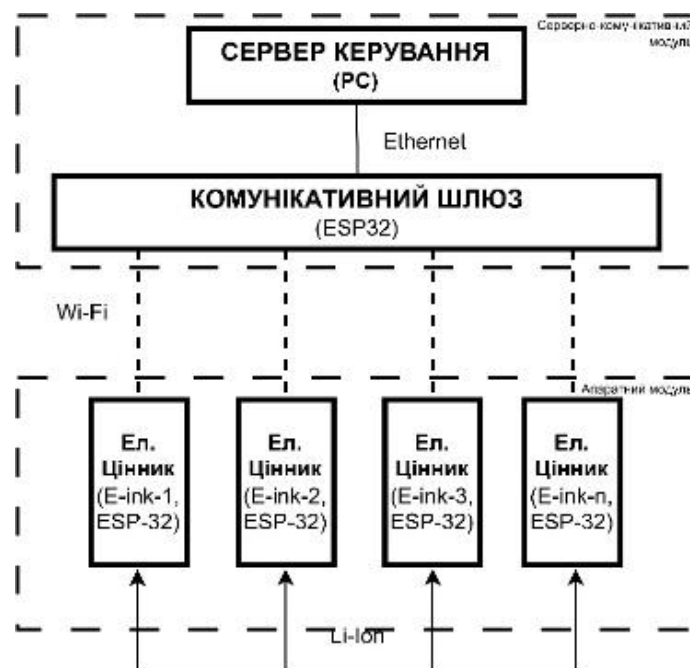


Рисунок 2.1 – Електрично-структурна схема системи

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Проектна частина		
Розроб.		Ніколюк В.Р.					
Перевір.		Стадник Н.Б.					
Реценз.							
Н. Контр.		Луцик Н.С.					
Затверд.		Осухівська Г.М.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						17	
					ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41		

Передача цих команд здійснюється через дротове з'єднання (Ethernet) до комунікаційного шлюзу на основі мікроконтролера ESP32, котрий виконує функцію проміжного вузла між сервером та електронними цінниками. Після отримання даних шлюз перетворює їх у формат, придатний для бездротової трансляції, та відправляє на кожен E-Ink дисплей за допомогою Wi-Fi, що гарантує гнучкість та мобільність розташування пристроїв.

Електронні цінники, що також спроектовані в один модуль на базі ESP32, отримують ці дані, аналізують їх і, у випадку наявності змін, оновлюють вміст E-Ink дисплея. Усі цінники працюють живлячись від літій-іонних акумуляторів, що дозволяє уникнути необхідності прокладання додаткових силових кабелів.

2.2 Проектування апаратного забезпечення комп'ютерної системи

2.2.1 Опис комунікативного шлюзу

Комунікативний шлюз (рис. 2.2) на базі мікроконтролера ESP-32 є ключовим елементом у системі для контролю за електронними цінниками. ESP-32 — це потужний мікроконтролер з підтримкою Wi-Fi і Bluetooth, що забезпечить гнучкість та високу продуктивність [26].



Рисунок 2.2 – Комунікативний шлюз WT32-ETH01 на базі ESP32

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Плата розробника WT32-ETH01 — це спеціалізований модуль, що базується на мікроконтролері ESP32. Вона комбінує бездротове та дротове способи з'єднання. Це робить її ідеальним рішенням для побудови комунікаційного шлюзу.

Таблиця 2.1 – Основні характеристики WT32-ETH01

Ядро	Тактова частота до 240 МГц
Пам'ять	Flash-пам'ять до 4 МБ, SRAM: 520 КБ
Інтерфейси зв'язку	Ethernet (вбудований PHY та роз'єм RJ45 для LAN) Wi-Fi 802.11 b/g/n Bluetooth v4.2 BR/EDR + BLE UART, SPI, I2C, GPIO
Живлення	3.3 В
Інші особливості	Компактний форм-фактор для монтажу на плату або в корпус

Принцип дії комунікаційного шлюзу на основі WT32-ETH01 полягає у стабільному перенесенні інформації між сервером та мережею електронних цінників. Спочатку шлюз приєднується до локальної мережі через Ethernet та налагоджує з'єднання з сервером, від якого отримує інформацію про вартість та команди управління. Після цього пристрій обробляє отримані дані, формуючи пакети у відповідному протоколі обміну та забезпечує бездротовий зв'язок з самими цінниками, застосовуючи Wi-Fi мережу. Далі комунікаційний шлюз передає згенеровану інформацію до цінників, гарантуючи при цьому контроль доставки та повторне надсилання у разі збою чи втрати зв'язку. До того ж, реалізовано зворотний канал: електронні цінники можуть передавати інформацію про свій стан (рівень заряду акумулятора або статус оновлення), яку шлюз передає на сервер для подальшого аналізу та реакції.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.2.2 Опис електронного цінника

Електронний цінник (рис 2.3), створений на базі модуля DFR0676, є незалежним індикатором змінної інформації з низьким енергоспоживанням. Завдяки інтегрованому мікроконтролеру ESP32 та монохромному E-Ink дисплею, пристрій має здатність отримувати, обробляти й відображати актуальні дані про ціну, код товару, найменування чи іншу графічну інформацію, зберігаючи зображення на екрані навіть без підключення до живлення.

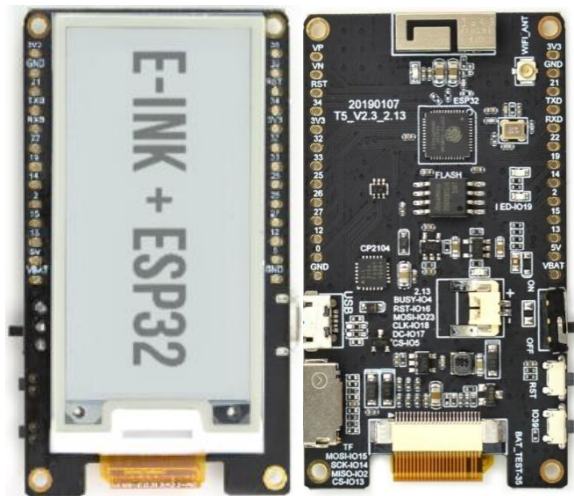


Рисунок 2.2 – Електронний цінник DFR0676 на базі ESP32

Таблиця 2.2 – Основні характеристики DFR0676

Ядро мікроконтролера	Тактова частота до 240 МГц
Пам'ять	Flash-пам'ять до 4 МБ, SRAM: 520 КБ
Інтерфейси зв'язку	UART, SPI, I2C, I2S, PWM, ADC (12 біт), DAC, GPIO
Живлення	3.3 В
Дисплей	E-ink 2.13". 250x122 пікс. Чорно-білий.
Інші особливості	Підтримка microSD для зберігання графіки або шрифтів.

Електронний цінник, активуючись по сигналу або за розкладом, встановлює з'єднання з Wi-Fi мережею та звертається до шлюзу, щоб отримати інформацію про зміну ціни чи даних про товар. Отримавши ці дані, ESP32 їх обробляє, створює зображення чи текст, після чого відображає його на екрані E-Ink. Оскільки дисплей здатен утримувати останнє зображення без живлення, пристрій переходить у режим глибокого сну, де споживає лише мікроампери енергії, що дозволяє працювати від батареї велику кількість часу.

2.3 Розробка електрично-принципової схеми

На рисунку 2.3 зображено електрично-принципову схему системи, яка реалізує управління електронними цінниками через мікроконтролер, комунікацію з E-Ink дисплеєм та передачу даних по Ethernet. Розглянемо детальніше компоненти схеми:

- U1 (ESP32), основний мікроконтролер, що виконує логіку керування. Підключення живлення здійснено до лінії 3.3V. Вивід EN з'єднаний до VDD-піна через резистор R1 номіналом 10 кОм.

- U2 (EInk_DFR0676) : E-ink диспей, підключений до U1 через SPI-шину. Лінія BUSY зчитується з U1 для моніторингу його стану.

- U3 (LAN8720A): виступає як Ethernet PHY, трансформуючи цифрові сигнали з U1 в аналогові, щоб відправити дані по кабелю через роз'єм модуля J1 . Він гарантує надійну роботу Ethernet-з'єднання, взаємодіючи з U1 за допомогою інтерфейсу RMII та використовуючи кварц на 25 МГц для генерування тактової частоти. Без цього мікрочіпа система не мала б можливості функціонувати з дротовою мережею.

- J1 (RJ45): фізичний інтерфейс підключення до Ethernet-мережі.

Після ввімкнення живлення відбувається запуск системи. Мікроконтролер відповідає за управління E-Ink-дисплеєм, на якому відображаються поточні статуси або отримані дані. Ethernet-модуль реалізує з'єднання з локальною

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

мережею, використовуючи TCP/IP протокол. Обмін інформацією між U1 та U3 реалізується через RMIІ-інтерфейс. Використання точного генератора частоти на 25 МГц гарантує стабільну синхронізацію. Електроживлення пристрою забезпечується акумулятором (BT1), який стабілізується за допомогою AMS1117 (U4). Для надійної генерації тактового сигналу в схемі присутній кварцовий резонатор Y1, до якого підключено два конденсатори (C1, C2) по 22 пФ, що з'єднані з землею.

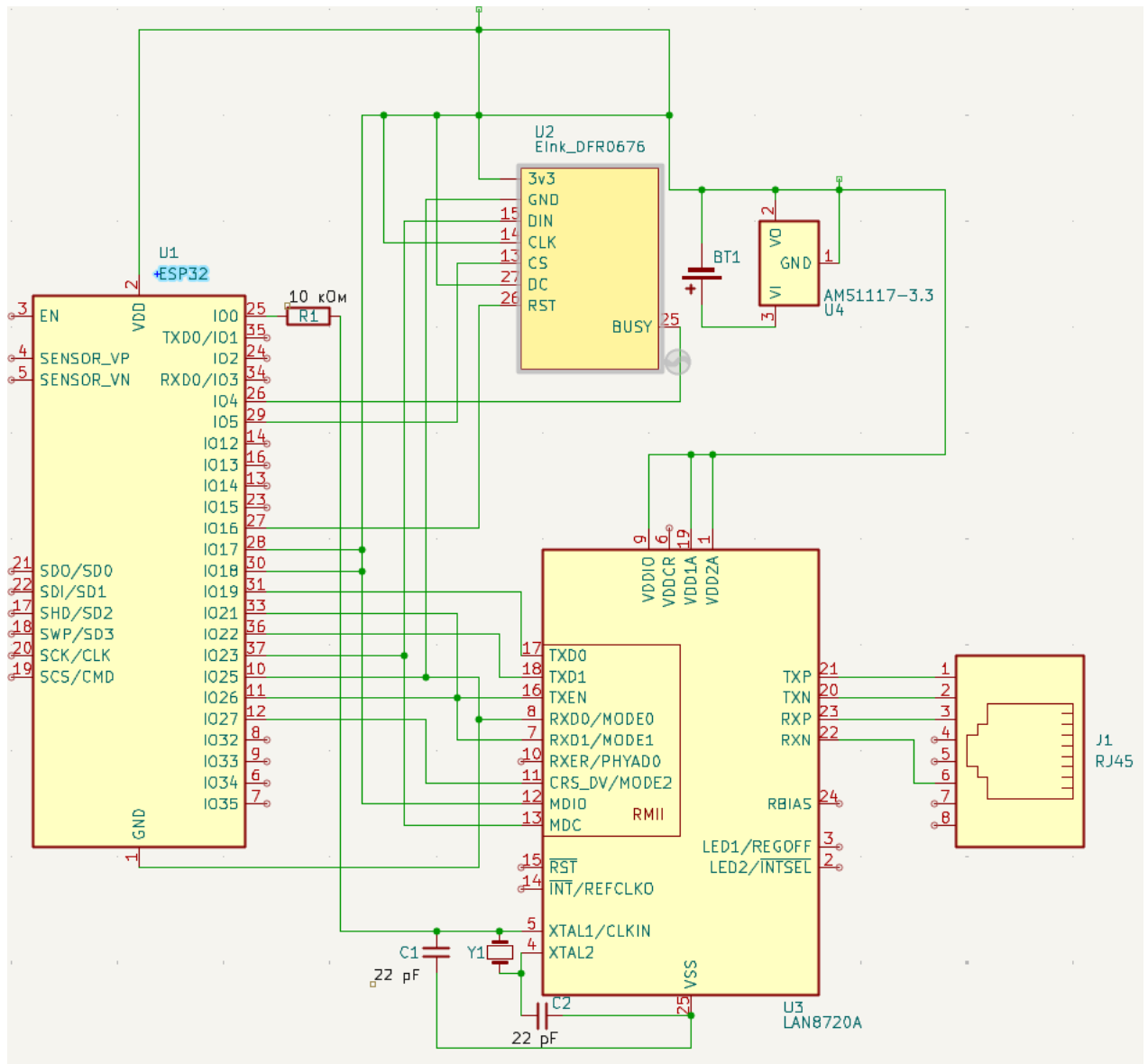


Рисунок 2.3 – Електрично-принципова схема роботи системи

Створена система гарантує автоматизоване та віддалене оновлення даних на електронних цінниках з використанням комунікаційного блоку на базі ESP32, що підтримує Ethernet та Wi-Fi. Передача даних від сервера до кінцевих пристроїв відбувається через мережу, що забезпечує швидку зміну інформації на цінниках без потреби фізичного втручання.

2.4 Розробка блок-схеми алгоритму роботи системи

Для кращого розуміння логіки функціонування розробленої системи управління електронними цінниками доцільно навести блок-схему її роботи.

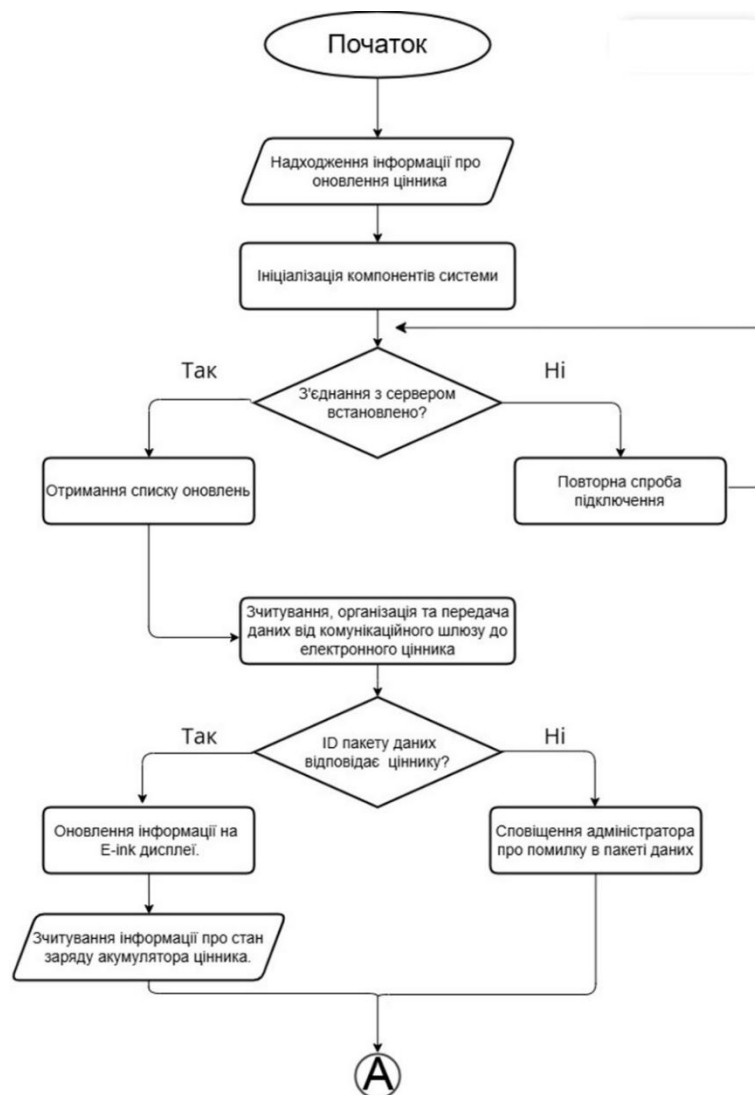


Рисунок 2.4 – Блок-схема алгоритму роботи системи

На блок-схемі (рис. 2.4-2.5) зображено алгоритм роботи електронних цінників, що стартує з отримання відомостей про потребу в оновленні. Після старту здійснюється ініціалізація усіх фізичних і програмних складових системи. Далі відбувається перевірка з'єднання з сервером — у разі успішного підключення система отримує список оновлень, в іншому випадку відбувається повторна спроба встановлення з'єднання.

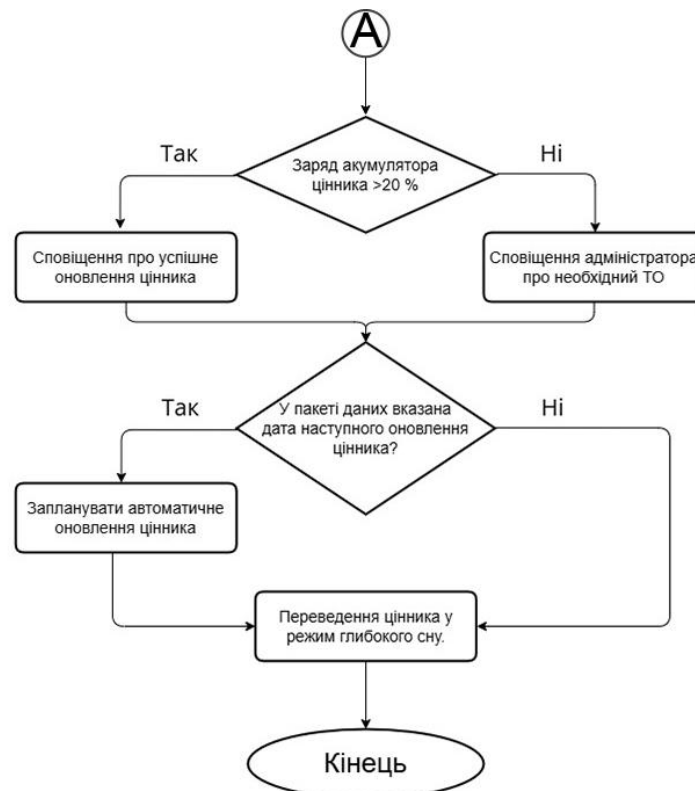


Рисунок 2.5 – Блок-схема алгоритму роботи системи

Після отримання даних комунікаційний модуль формує та пересилає їх на електронний цінник. Якщо ID пакету відповідає конкретному ціннику, відбувається оновлення зображення на екрані E-Ink. У випадку помилки (невірний ID) система сповіщає адміністратора. Наступним етапом є перевірка рівня заряду батареї цінника. Якщо заряд перевищує 20%, відправляється підтвердження про успішне оновлення; якщо ні — надсилається повідомлення про потребу в технічному обслуговуванні.

Відбувається перевірка наявності в пакеті дати наступного оновлення. Якщо така дата присутня — цінник переходить у режим очікування з автоматичним пробудженням; в іншому випадку — перемикається у режим глибокого сну до наступного ручного оновлення. Такий підхід забезпечує автономну та енергоефективну роботу цінників з можливістю централізованого контролю.

Такий алгоритм дозволяє забезпечити стабільне функціонування електронних цінників у реальному часі, своєчасно реагуючи на зміни в даних, що надходять із серверної частини системи. Завдяки чіткій послідовності дій — від перевірки підключення до оновлення дисплею — мінімізуються затримки у відображенні актуальної інформації, що критично важливо для великих торгових точках, де ціни можуть змінюватися кілька разів на день.

Крім того, реалізована перевірка заряду акумулятора передбачає автоматичне інформування адміністратора у разі потреби технічного обслуговування, що дозволяє уникнути неочікуваного відключення пристроїв. Передбачене планування наступного оновлення на основі даних із пакету забезпечує адаптивне керування життєвим циклом цінника, підвищуючи загальну енергоефективність системи. Такий підхід робить систему масштабованою, надійною та придатною до використання у великих торговельних мережах.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

3.1 Реалізація програмного забезпечення

Для реалізації системи було створено два ключових ПЗ – серверну частину, що відповідає за централізоване управління базою даних товарів, створення пакетів оновлення цін та логування змін. Також вбудоване ПЗ електронних цінників, яке обробляє команди оновлення, отримані від шлюзу, та оновлює контент дисплея.

3.1.1 Огляд середовища для розробки PyCharm.

Для розробки серверної частини системи контролю за електронними цінниками було обрано середовище PyCharm (рис. 3.1), розроблене компанією JetBrains. Це сучасне середовище розробки, що спеціалізується на реалізації проєктів мовою Python. Серед основних переваг PyCharm — інтелектуальне автодоповнення коду, підтримка віртуальних середовищ, вбудований відлагоджувач, інтеграція з системами Git та GitHub, візуальний редактор баз даних та REST API-клієнт, який дозволяє тестувати запити безпосередньо в середовищі розробки [27]. Важливою перевагою є підтримка фреймворку FastAPI, що був обраний для реалізації серверної логіки, а також можливість автоматичної генерації документації за допомогою OpenAPI .

					<i>КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Ніколюк В.Р.</i>			<i>Практична частина</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Стадник Н.Б.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						26	
					<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		

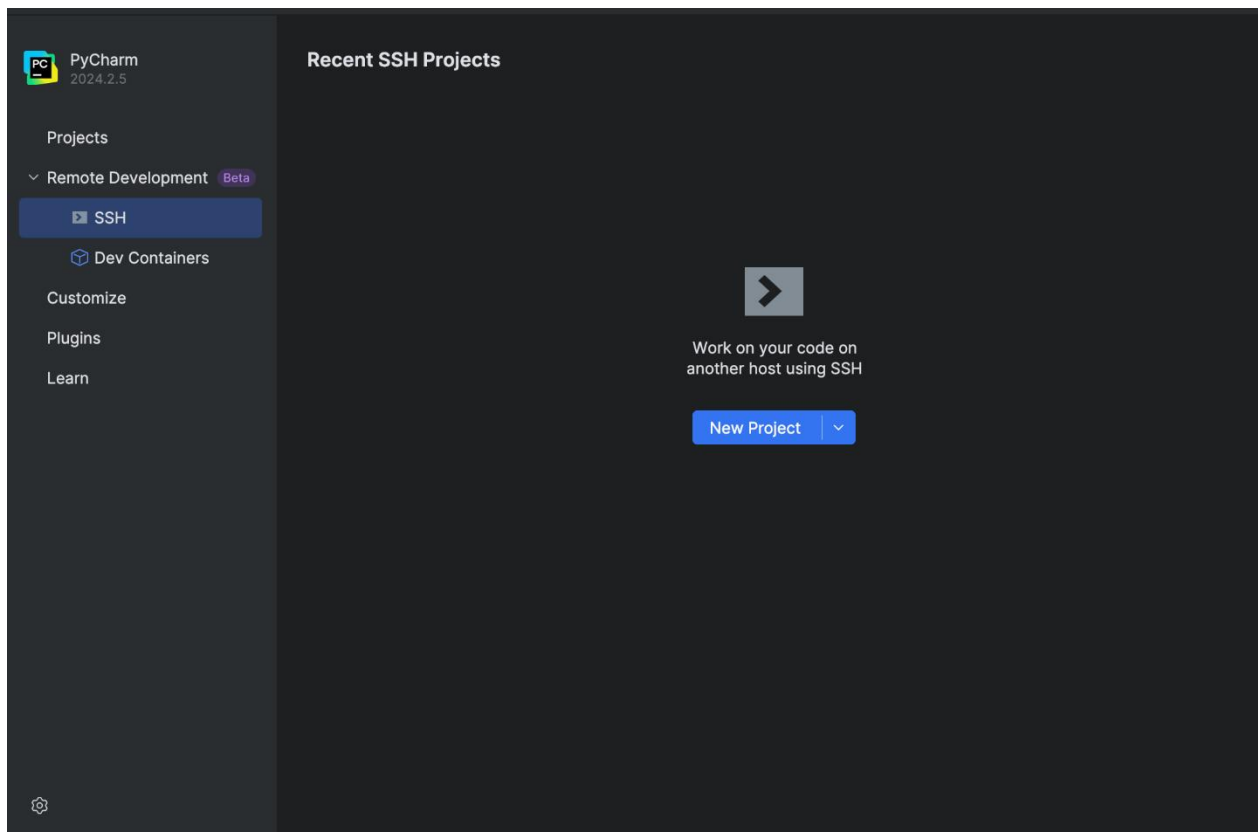


Рисунок 3.1 – Середовище розробки PyCharm

Вибір PyCharm для цього проєкту зумовлений насамперед його повною інтеграцією з Python-екосистемою. Середовище дозволяє швидко та зручно працювати з мікросервісною архітектурою, розгортати локальні сервери, керувати базами даних SQLite, та організовувати структуру проєкту відповідно до вимог.

У межах роботи за допомогою PyCharm було створено REST API з такими основними маршрутами, як додавання нового товару, оновлення ціни, отримання списку всіх товарів та логування змін. Запити перевіряються за допомогою вбудованого REST-клієнта, що значно зменшило потребу у сторонньому програмному забезпеченні типу Postman. Крім того, середовище забезпечує візуалізацію таблиць SQLite, що дає змогу швидко перевіряти актуальність даних безпосередньо в IDE.

Для початку імпортуємо необхідні бібліотеки та створимо об'єкт додатку app. Цей рядок створює екземпляр FastAPI, який виступає

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

центральною точкою входу для веб-запитів. Усі маршрути (ендпоінти) будуть підключені до цього об'єкта.

```
from fastapi import FastAPI
from pydantic import BaseModel
from typing import List
import sqlite3

app = FastAPI()
```

Рисунок 3.2 – Лістинг коду ініціалізації бібліотек

Також необхідно приєднатися до бази даних. Функція відкриває з'єднання з базою даних SQLite (файл products.db). Налаштування row_factory = sqlite3.Row дозволяє повертати рядки з бази як словники, а не кортежі, щоб можна було легко перетворювати їх у формат JSON. Також створимо клас Product () для визначення типів даних.

```
def get_db_connection():
    conn = sqlite3.connect('products.db')
    conn.row_factory = sqlite3.Row
    return conn

class Product(BaseModel):
    name: str
    price: float
    barcode: str
    stock: int
    discount_price: float = None
```

Рисунок 3.3 – Лістинг коду з'єднання з базою даних

Виконаємо функціонал програми у коді (рис. 3.4).

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

# Оновлення інформації про продукт у базі
@app.post("/products/")
async def create_product(product: Product):
    conn = get_db_connection()
    cursor = conn.cursor()
    cursor.execute("INSERT INTO products (name, price, barcode, stock, discount_price) VALUES (?, ?, ?, ?, ?)",
                   (product.name, product.price, product.barcode, product.stock, product.discount_price))
    conn.commit()
    conn.close()
    return {"message": "Product created successfully"}

# Оновлення ціни товару
@app.put("/products/{product_id}")
async def update_product_price(product_id: int, price: float):
    conn = get_db_connection()
    cursor = conn.cursor()
    cursor.execute("UPDATE products SET price = ? WHERE id = ?", (price, product_id))
    conn.commit()
    conn.close()
    return {"message": f"Product with ID {product_id} updated successfully"}

```

Рисунок 3.4 – Лістинг коду функціоналу оновлення інформації у базі даних сервера

Цей код реалізує міні-сервер для керування товарами, який забезпечує створення, перегляд і оновлення записів у базі даних. Він працює з базою даних SQLite [29], приймає та повертає дані у форматі JSON, а також гарантує валідацію структури даних за допомогою моделі Pydantic. Завдяки використанню FastAPI, цей сервер є зручним і ефективним базовим інтерфейсом для взаємодії з клієнтськими додатками або іншими модулями системи, зокрема такими як ESP32-цінники.

Перевіримо роботу мінісервера ініціалізувавши команду: `uvicorn main:app --reload`.

Як результат бачимо повідомлення про успішний запуск сервера(рис. 3.5).

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```
INFO:      Uvicorn running on http://127.0.0.1:8000 (Press CTRL+C to quit)
INFO:      Started reloader process [12345] using StatReload
INFO:      Started server process [12346]
INFO:      Waiting for application startup.
INFO:      Application startup complete.
```

Рисунок 3.5 – Результат роботи коду

Спробуємо виконати запит для створення продукту у базі даних (рис. 3.6).

```
{
  "name": "Сир твердий",
  "price": 155.75,
  "barcode": "4820000000044",
  "stock": 40,
  "discount_price": 139.99
}
```

Рисунок 3.6 – Лістинг JSON-запиту для запису товару

На рисунку 3.7 зображено повідомленн в консолі, що звітує про вірно виконану роботу запиту.

```
INFO:      127.0.0.1:51426 - "POST /products/ HTTP/1.1" 200 OK
2025-06-19 21:52:03,648 - INFO - Product added: Сир твердий, ціна: 155.75, штрихкод: 4820000000044
```

Рисунок 3.7 – Результат виконання запиту

3.1.2 Програмне забезпечення для електронного цінника

Для написання програмного забезпечення електронного цінника було застосовано Arduino IDE — безкоштовне інтегроване середовище розробки, спроектоване для написання програм для мікроконтролерів, зокрема, на базі Arduino та сумісних платформ, як-от ESP32 [25]. Arduino IDE поєднує у собі

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

простий текстовий редактор коду, інструменти компіляції та прошивки мікроконтролера, а також серійний монітор для виведення діагностичних повідомлень.

Arduino IDE (рис. 3.8) забезпечує підтримку значної кількості сторонніх бібліотек і плат, що дозволяє розробляти проєкти не лише для оригінальних Arduino, а й для мікроконтролерів ESP8266, ESP32, STM32 та інших. У рамках цього проєкту, Arduino IDE використовувалось для розробки прошивки електронного цінника, який базується на мікроконтролері ESP32 та дисплеї на основі електронного чорнила.

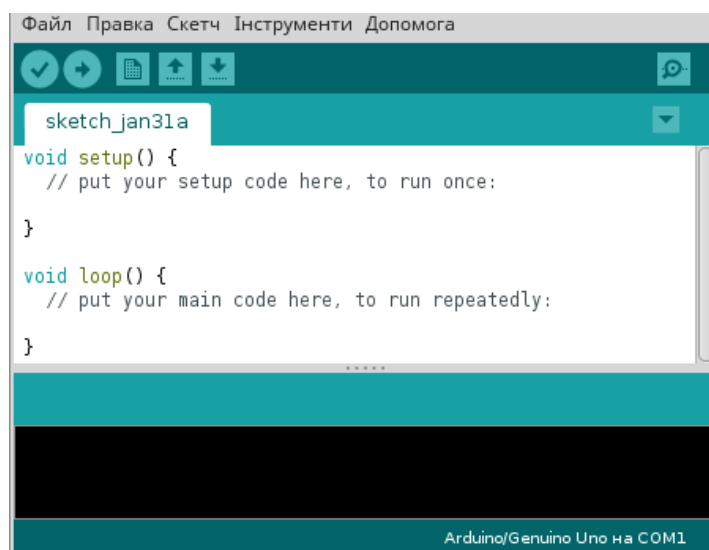


Рисунок 3.8 – Середовище розробки Arduino IDE

Інтегруємо бібліотеки для написання коду

```
#include <WiFi.h>

#include <HTTPClient.h>

#include <GxEPD2_BW.h>

#include <ArduinoJson.h>
```

Рисунок 3.9 – Лістинг коду ініціалізації бібліотек

Встановимо Wi-Fi з'єднання та ініціалізуємо E-ink дисплей та його піни [24].

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

const char* ssid = "Store_WiFi";

const char* password = "password123";

const char* server_url = "http://192.168.1.100/data"; // шлюз або API


// E-ink дисплей: 2.13"

GxEPD2_BW<GxEPD2_213_B73, GxEPD2_213_B73::HEIGHT> display(GxEPD2_213_B73(/*CS=*/ 5, /*DC=*/
17, /*RST=*/ 16, /*BUSY=*/ 4));

```

Рисунок 3.10 – Лістинг коду встановлення Wi-Fi з'єднання та ініціалізації дисплея

Реалізуємо логіку виконання програми у функціях (рис. 3.11-3.12) `setup()` та `loop()`. У середовищі Arduino функція `setup()` виконується лише один раз при запуску або перезавантаженні мікроконтролера. Вона використовується для початкової ініціалізації системи: налаштування пінів, запуск серійного з'єднання, підключення до Wi-Fi-мережі, ініціалізація дисплея, датчиків або будь-яких інших компонентів. Після завершення `setup()` автоматично запускається функція `loop()`, яка є основним циклом програми. Вона виконується постійно, безперервно обробляючи логіку пристрою

```

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    WiFi.begin(ssid, password);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(1000);
        Serial.println("Підключення до Wi-Fi...");
    }
    Serial.println("Wi-Fi підключено");
    display.init(115200);
    display.setRotation(1);
    display.setTextColor(GxEPD_BLACK);
    display.setFont(&FreeMonoBold9pt7b);
}

```

Рисунок 3.11 – Лістинг функції `setup()`

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

У розробленому коді (рис. 3.12-3.13) функція loop() відповідає за основну логіку роботи електронного цінника. На початку функції перевіряється наявність активного з'єднання з Wi-Fi. Створюється HTTP-запит до попередньо заданого сервера, з якого пристрій отримує JSON-дані про товар.

```
void loop() {
    if ((WiFi.status() == WL_CONNECTED)) {
        HTTPClient http;
        http.begin(server_url);
        int httpCode = http.GET();
        if (httpCode == 200) {
            String payload = http.getString();
            DynamicJsonDocument doc(512);
            deserializeJson(doc, payload);
            String name = doc["name"];
            float price = doc["price"];
            float discount = doc["discount_price"];
            String barcode = doc["barcode"];
            display.fillScreen(GxEPD_WHITE);
            display.setCursor(10, 30);
            display.println(name);
            display.setCursor(10, 60);
            display.print("Ціна: ");
            display.println(price);
            if (!isnan(discount)) {
                display.setCursor(10, 90);
                display.print("Акція: ");
                display.println(discount);
            }
            display.display(true); // повне оновлення
        }
    }
}
```

Рисунок 3.12 – Лістинг функціоналу для оновлення інформації на ціннику

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після успішного запиту (код відповіді 200) отримане повідомлення перетворюється на об'єкт за допомогою бібліотеки ArduinoJson. З цього об'єкта витягується інформація: назва товару, його ціна, акційна ціна та штрихкод. Далі відбувається оновлення E-Ink дисплея: очищення екрана, виведення назви товару, основної ціни, а також, за наявності, акційної ціни. Після цього дисплей оновлюється повністю, щоб відобразити нову інформацію.

Одразу після оновлення дисплея пристрій надсилає зворотній сигнал (підтвердження) на сервер про успішне прийняття та відображення даних. Завершується цикл функції loop() затримкою у 5 хвилин (300 000 мілісекунд), після чого всі ці дії повторюються.

```
// Повідомлення про успішне оновлення
HTTPClient ack;
ack.begin("http://192.168.1.100/ack?id=1");
ack.GET();
ack.end(); }
http.end();}

delay(300000); // кожні 5 хвилин
```

Рисунок 3.13 – Лістинг функції повідомлення про успішне оновлення цінника

Таким чином, функція loop() забезпечує періодичне автоматичне оновлення даних на електронному ціннику без необхідності ручного втручання.

3.1.3 Програмне забезпечення комунікаційного шлюзу

Шлюз в системі електронних цінників функціонує як посередник між сервером, де зберігається інформація про товари, і безпосередньо електронними цінниками, що з'єднані бездротовим способом. Головне

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

завдання програмного забезпечення шлюзу – отримувати інформацію від серверної частини через HTTP або MQTT запити, адаптувати її до необхідного формату для передачі, та транслювати на ESP32-цінники використовуючи Wi-Fi [28]. Шлюз працює як локальний HTTP-сервер (на порту 80), отримує дані від центрального сервера (FastAPI), а потім пересилає ці дані до конкретного ESP32-цінника, IP-адресу якого вказано у JSON.

Оскільки середовище розробки ПЗ для електронних цінників та комунікативного шлюзу одинкове, то ініціалізація бібліотек виглядатиме таким самим чином.

Переглянемо лістинг коду, зображеного на рисунку 3.14.

```
void handleUpdate() {
    if (server.hasArg("plain") == false) {
        server.send(400, "text/plain", "Bad Request");
        return;
    }

    String body = server.arg("plain");
    DynamicJsonDocument doc(512);
    DeserializationError error = deserializeJson(doc, body);

    if (error) {
        server.send(400, "application/json", "{\"error\": \"Invalid JSON\"}");
        return;
    }
}
```

Рисунок 3.14 – Лістинг коду перевірки запиту

У заданому відрізку коду перевіряється, чи запит має тіло, якщо ні — повертається помилка 400, якщо так рядок запиту зчитується з тіла і розбирається у структуру за допомогою ArduinoJson. У випадку пошкодженого запиту — відправляється помилка 400 із відповіддю про некоректний формат.

Тепер розглянемо підключення комунікаційного шлюзу до цінника (рис. 3.15). З JSON-документа, отриманого з серверної частини, видобувається IP-адреса електронного цінника (doc["ip"]). Далі формується HTTP POST-запит до адреси /update цього цінового позначення. Для запиту використовується той же JSON, що був отриманий раніше - його вміст (body) передається без змін.

Якщо у відповідь від цінника надходить статус 200 (успішне оновлення), шлюз повертає серверу повідомлення з текстом "Success". У разі будь-якої помилки або відсутності відповіді шлюз формує повідомлення "Failed" і повертає його з HTTP-кодом 500. Після обробки запиту з'єднання із цінником закривається за допомогою команди http.end().

```
String ip = doc["ip"];
HttpClient http;
http.begin("http://" + ip + "/update");
http.addHeader("Content-Type", "application/json");
int httpCode = http.POST(body);
if (httpCode == 200) {
    server.send(200, "application/json", "{\"status\": \"Success\"}");
} else {
    server.send(500, "application/json", "{\"status\": \"Failed\"}");
}
http.end();
}
```

Рисунок 3.15 – Лістинг коду підключення до цінника та перевірка на успішне його оновлення

У разі отримання статусу 200 (успішне оновлення) від цінового позначення, шлюз надсилає на сервер повідомлення з текстом "Success". Якщо виникає будь-яка помилка або відповідь відсутня, шлюз генерує повідомлення "Failed" і повертає його з HTTP-кодом 500. Після опрацювання запиту, з'єднання із ціновим позначенням закривається командою http.end().

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Розглянемо функціонал що виконується при запуску коду (рис. 3.16). У функції `setup()` спочатку відбувається налаштування серійного порту для виведення діагностичних даних. Це потрібно для налагодження роботи у реальному часі, що реалізується через Serial Monitor. Далі мікроконтролер починає спроби з'єднатися з вказаною Wi-Fi мережею, регулярно інформуючи про поточний стан підключення. Після успішного приєднання до мережі, з'являється відповідне повідомлення. Далі відбувається реєстрація HTTP-маршруту `/update`. Цей маршрут відповідатиме за обробку POST-запитів, які надходять від серверної частини системи. Вкінці відбувається запуск локального веб-сервера на ESP32. Сервер починає слухати 80 порт та обробляє запити, що надходять, у реальному часі.

```
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    WiFi.begin(ssid, password);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.println("Підключення...");
    }

    Serial.println("Wi-Fi підключено");

    server.on("/update", HTTP_POST, handleUpdate);
    server.begin();
}
```

Рисунок 3.16 – Лістинг коду функціоналу що виконується при запуску коду

Далі цикл `loop()` постійно обробляє вхідні запити. Якщо надходить запит на `/update` — викликається функція `handleUpdate()` (рис. 3.17).

```
void loop() {
    server.handleClient();
}
```

Рисунок 3.17 – Лістинг коду циклу, що обробляє вхідні запити

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Загальний функціонал коду виглядає наступним чином. У процесі оновлення цінника серверна складова системи відправляє POST-запит на адресу шлюзу за маршрутом `http://<gateway-ip>/update`. Отримавши цей запит, шлюз розбирає зміст JSON-даних, видобуває з них IP-адресу відповідного електронного цінника та пересилає ті ж дані далі на адресу цінника, `http://192.168.1.55/update`. У відповідь цінник приймає одержану команду, обробляє її та оновлює інформацію на своєму дисплеї. Після закінчення цього процесу шлюз дістає від цінника відповідь, залежно від її статусу, формує відповідь серверу: у разі успіху повертається повідомлення "Success", а в разі помилки — "Failed".

3.2 Прототип системи та її тестування

3.2.1 Прототип системи

На рисунку 3.18 зображено прототип системи керування електронними цінниками, а також показано принцип підключення.

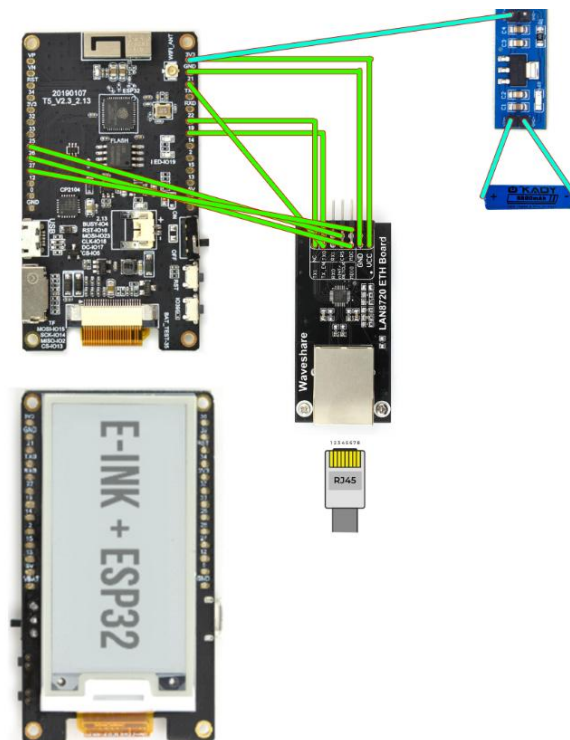


Рисунок 3.18 – Прототип системи

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

3.2.2 Тестування системи

Ініціалізувавши сервер, зробимо запит на зміну ціни(рис. 3.19).

PUT http://127.0.0.1:8000/products/1?price=79.99

Рисунок 3.19 – Лістинг запиту на зміну ціни

У консолі сервера отримуємо повідомлення про успішну операцію (рис 3.20). Порівняння цінника до і після зображено на рисунку 3.21.

```
INFO: 127.0.0.1:50674 - "PUT /products/1?price=49.99 HTTP/1.1" 200 OK
```

Рисунок 3.20 – Результат в консолі



Рисунок 3.21 – Результат зміни цінника

Система була протестована в умовах роботи повної трикомпонентної архітектури, що включає серверну частину, шлюз та електронні цінники на базі ESP32. У рамках тестування сервер ініціював запит на зміну ціни або оновлення товарної інформації, надсилаючи відповідні дані до шлюзу. Шлюз, у свою чергу, приймав ці дані, розбирав JSON-структуру, витягував IP-адресу потрібного цінника та пересилав йому інформацію за протоколом HTTP. Цінник після отримання запиту виконував розбір вхідних даних, оновлював відображення на E-Ink дисплеї відповідно до нових параметрів і надсилав підтвердження назад на шлюз, що дозволяло серверу зареєструвати успішне завершення оновлення.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Жодного випадку втрати з'єднання або помилкового відображення інформації виявлено не було. Навіть при штучному зменшенні сигналу Wi-Fi система залишалася стабільною, а в разі повного обриву з'єднання цінник автоматично переходив у режим очікування, не виводячи неповні або некоректні дані. Це підтверджує надійність всієї архітектури, її здатність працювати автономно та безперебійно в умовах звичайного магазину або складу.

Загалом тестування системи підтвердило її функціональну спроможність, стабільність, а також готовність до масштабування — як за кількістю цінників, так і за кількістю одночасних запитів. У разі подальшого розгортання в реальному середовищі система може бути легко доповнена механізмами бездротової синхронізації, сповіщення про статус батареї або централізованого логування подій.

Окрему увагу було приділено перевірці механізмів обробки помилок. У випадках, коли електронний цінник отримував некоректний або пошкоджений пакет даних (з помилкою у форматі JSON чи невідповідним ID), система своєчасно реагувала — оновлення не виконувалося, а відповідне повідомлення надсилалося адміністратору для подальшої діагностики. Такий підхід дозволяє уникнути ситуацій, коли на екрані цінника з'являється некоректна інформація, що критично важливо у торгівлі.

Під час тестування моделювались сценарії з великим навантаженням — одночасна обробка десятків запитів на оновлення, що надходили до шлюзу від сервера. Система успішно обробляла запити паралельно, без перевантаження або затримок. Це демонструє хорошу масштабованість архітектури та її придатність для впровадження в середовищах з великою кількістю торгових точок, полиць або товарних позицій. У перспективі можлива інтеграція додаткових сервісів.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Розробка конкретних заходів щодо боротьби із статичною електрикою

Статична електрика – це реальна загроза для електронних пристроїв, персоналу та устаткування в цілому, особливо під час роботи з мікроконтролерами, сенсорами, електронними цінниками й іншими складниками комп’ютерних систем. Для боротьби зі статичною електрикою потрібно запобігати її накопиченню, прискорювати стікання зарядів та нейтралізувати їх [32]. Це досягається використанням антистатичного одягу, зволоженням повітря, використанням антистатичних засобів, заземленням та іншими методами.

Джерела виникнення статичної електрики:

- тертя взуття об синтетичні підлоги;
- переміщення пластикових контейнерів;
- взаємодія тканин та полімерів;
- відсутність заземлення на робочому місці.

У таких умовах електростатичний розряд спричиняє пошкодження мікросхем, мікроконтролерів, E-Ink-дисплеїв, або спровокувати збої у роботі бездротових комунікацій.

Основні заходи з протидії статичній електриці включають комплекс організаційних, інженерно-технічних та персональних дій, спрямованих на зменшення ймовірності виникнення електростатичних розрядів, які можуть спричинити пошкодження чутливих електронних компонентів, зокрема мікроконтролерів та E-Ink дисплеїв. До організаційних заходів належить впровадження стандарту безпечної зони електростатичних розрядів у місцях

					<i>КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Ніколюк В.Р.</i>			<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>		
<i>Перевірив</i>		<i>Стадник Н.Б.</i>					
<i>Консульт.</i>		<i>Пилипець М.І.</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Луцик Н.С.</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Осухівська Г.М.</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						41	
					<i>ТНТУ, каф. КС, гр. СІ-41</i>		

складання, налаштування та тестування електронних пристроїв, а також проведення інструктажів щодо правил роботи з чутливими компонентами [32]. Інженерно-технічні заходи передбачають використання антистатичних браслетів і заземлювальних пристроїв, спеціальних антистатичних столів, килимків, контейнерів та пакування, а також встановлення іонізаторів повітря для зменшення електростатичних зарядів у сухому середовищі. Усі робочі поверхні мають бути заземлені, а опір заземлення слід регулярно перевіряти. Персонал повинен використовувати спеціалізований одяг із антистатичних тканин, зокрема халати, та взуття з провідною підошвою, яке дозволяє відводити накопичені заряди. Забороняється робота з електронікою в синтетичному одязі.

З метою захисту електронних схем у проєкті застосовувано TVS-діоди, RC-фільтри, обмежувачі перенапруги та екрани у критичних ділянках плати, а всі компоненти системи розміщено в корпусах з заземленням або екрануванням.

У межах реалізації системи контролю за електронними цінниками, зокрема при роботі з мікроконтролерами ESP32, усі монтажні роботи проводились на антистатичних поверхнях, з використанням антистатичних рукавичок та браслетів, а зібрані плати транспортовано в антистатичних пакетах. У складських умовах заземлено металеві стелажі, контакти з пластмасовою тарою уникаються та дотримано рекомендацій стандарту IEC 61000-4-2 щодо стійкості обладнання до електростатичних розрядів [32].

Задля підвищення захисту від електростатичних розрядів на робочому місці запроваджено моніторинг стану електростатичного розряду. Вбудовані індикатори або портативні тестери, що контролюють наявність потенційно небезпечної напруги на поверхні столу, інструментів або тіла працівника. Такі рішення є актуальними при роботі з високочутливою цифровою логікою або при паралельній експлуатації великої кількості цінників у єдиній мережі, де ризики накопичення зарядів можуть збільшуватись[32].

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Оцінка розробленої конструкції установки щодо умов безпечної експлуатації

У процесі розробки комп'ютерної системи для контролю за електронними цінниками особлива увага приділялася дотриманню вимог безпеки при її експлуатації як у торговельних приміщеннях, так і в складських областях. Конструкція системи включає мікроконтролери ESP32, комунікаційний шлюз (WT32-ETH01), електронні цінники з дисплеями на основі технології E-Ink, а також серверну частину з централізованим керуванням.

Конструкція установки є безпечною для користувачів за умов дотримання передбачених технічних вимог. Електронні компоненти працюють на низьких напругах (3.3 В), що суттєво зменшує ризик ураження електричним струмом. Живлення мікроконтролерів та дисплеїв здійснюється за допомогою літій-іонних акумуляторів з номінальними струмами, що не перевищують допустимі значення навіть при короткому замиканні. Використання енергоефективної технології E-Ink дозволяє уникнути нагрівання елементів у процесі експлуатації, тим самим усуваючи ризики перегріву або займання [33].

Конструкція плати враховує рекомендації щодо гальванічної розв'язки ланцюгів живлення та сигналів. Захисні діоди та фільтри мінімізують вірогідність пошкодження електроніки в разі перенапруги або електростатичного розряду. Для монтажу обладнання передбачено ізольоване кріплення, що унеможливорює контакт з струмопровідними поверхнями. При експлуатації пристрої не потребують постійного ручного втручання, що знижує вірогідність травмування працівників або помилок, пов'язаних із людським фактором.

Програмне забезпечення системи реалізовано з урахуванням безпечної логіки роботи: після кожного оновлення електронні цінники переходять у режим сну, що мінімізує навантаження на електронні компоненти, продовжує

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

строк служби акумулятора та зменшує ризик несправностей. Комунікація відбувається через захищені протоколи з передачею лише перевірених даних.

Серверна частина встановлюється у відокремленому приміщенні з належним температурним режимом, безперебійним живленням та вентиляцією. Обслуговування електронних цінників, заміна батарей та оновлення прошивки проводиться кваліфікованим персоналом згідно з інструкцією, що гарантує дотримання вимог охорони праці [34].

З урахуванням зазначених факторів, розроблена конструкція установки вважається безпечною для експлуатації. Усі ризики, пов'язані з її використанням зведені до мінімуму завдяки дотриманню електротехнічних норм, впровадженню засобів захисту та врахуванню ергономіки при проєктуванні обладнання [33].

Під час проєктування конструкції враховано вимоги до електромагнітної сумісності. Елементи системи мають мінімальний рівень випромінювання та не створюють завад для іншого електронного обладнання в зоні експлуатації. Корпуси та з'єднання мають конструктивний захист від пилу, що особливо важливо в умовах складських приміщень. Для запобігання перегріву при тривалій роботі застосовані енергоефективні компоненти з низьким тепловиділенням [33]. Система повністю відповідає сучасним вимогам до безпечної експлуатації обладнання в автоматизованих торгових і логістичних середовищах.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було виконано наступне:

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було виконано наступне:

1) Проведено аналіз сучасних систем електронного ціноутворення та визначено доцільність використання E-Ink технологій для автоматизації відображення цінової інформації.

2) Розроблено архітектуру комп'ютерної системи, що включає сервер, шлюз та електронні цінники на базі мікроконтролера ESP32.

3) Створено програмне забезпечення серверної частини з використанням фреймворку FastAPI, що реалізує REST API для керування товарами та цінами.

4) Реалізовано програмне забезпечення шлюзу, який забезпечує обробку запитів від сервера та передачу даних на електронні цінники.

5) Розроблено прошивку для електронного цінника з функціями прийому даних, оновлення E-Ink дисплея та надсилання підтвердження про оновлення.

6) Проведено модульне та інтеграційне тестування всіх компонентів системи, що підтвердило її коректну роботу, стабільність з'єднання та швидке реагування на зміну цін.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Жаровський Р.О., Луцик Н.С., Осухівська Г.М., Паламар А.М., Тиш Є.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія» усіх форм навчання. Тернопіль: ТНТУ, 2024. 39 с.
2. Буров Є.В., Митник М.М. Комп'ютерні мережі. Підручник. Том другий. Львів: «Магнолія 2006», 2024. 204 с.
3. Буров Є.В., Митник М.М. Комп'ютерні мережі. Підручник. Том перший. Львів: «Магнолія 2006», 2024. 333 с.
4. Лупенко С.А., Пасічник В.В., Тиш Є.В. Комп'ютерна логіка. Навчальний посібник. Львів: Видавництво «Магнолія 2006», 2024. 354 с.
5. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.
6. Kharchenko A., Bodnarchuk I., Yatcysyn V. The Method for Comparative Evaluation of Software Architecture with Accounting of Trade-offs. American Journal of Information Systems. 2014. Vol. 2, No. 1. P. 20-25.
7. Lupenko S., Lutsyk N., Yasniy O., Sobaszek Ł. Statistical analysis of human heart rhythm with increased informativeness. Acta mechanica et automatic. 2018. Vol. 12. P. 311-315.
8. Palamar A., Karpinski M., Palamar M., Osukhivska H., Mytnyk M. Remote Air Pollution Monitoring System Based on Internet of Things. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems (ITTAP 2022), Ternopil, Ukraine, November 22–24, 2022. Vol. 3309. P. 194-204.
9. Velychko D., Osukhivska H., Palaniza Y., Lutsyk N., Sobaszek L. Artificial Intelligence Based Emergency Identification Computer System. Advances in Science and Technology Research Journal, 18 no. 2, 2024, P. 296-304.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

10. Voloshchuk A., Velychko D., Osukhivska H., Palamar A. Computer system for energy distribution in conditions of electricity shortage using artificial intelligence. CEUR Workshop Proceedings, 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0 (CITI 2024), Ternopil, Ukraine, June 12-14, 2024. Vol. 3742 P. 66-75.

11. Yasniy O., Lutsyk N., Demchyk V., Osukhivska H., Malyshevskaya O. The prediction of structural properties of Ni-Ti shape memory alloy by the supervised machine learning methods. ITTAP 2023: 73–78. <https://ceur-ws.org/Vol-3628/short1.pdf>

12. Yatsyshyn V., Pastukh O., Palamar A., Zharovskyy R. Technology of relational database management systems performance evaluation during computer systems design. Scientific Journal of TNTU, Ternopil, Ukraine, 2023. Vol. 109, No 1. P. 54–65.

13. Yatsyshyn V., Pastukh O., Zharovskiy R., Shabliy N. Software tool for productivity metrics measure of relational database management system. Mathematical Modeling. No 1 (48). 2023. P. 7-17.

14. Дячук, О.А.; Жаровський, Р.О. Управління потоком за критеріями доступності. Матеріали XI науково-технічна конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі системи та технології» (13-14 грудня 2023 року). Тернопіль: ТНТУ. 2023. С. 151.

15. Карабан Д., Жаровський Р. Аналіз проблем забезпечення анонімності користувачів при використанні мережі Інтернет. Матеріали XII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (6-7 грудня 2023 року). Тернопіль: ТНТУ. 2023. С. 456.

16. Ларіоник Р.В., Луцик Н.С., Паламар А.М. Система для моніторингу якості атмосферного повітря на базі IoT. Матеріали IX науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології" Тернопільського

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

національного технічного університету імені Івана Пулюя (Тернопіль, 8–9 грудня 2021 року), Тернопіль: ТНТУ. 2021. С. 116.

17. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.

18. Озарків Т., Жаровський Р. Метод оптимізації EIGRP протоколу для підвищення продуктивності передачі даних в комп'ютерних мережах. Матеріали XI науково-технічна конференція Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі системи та технології» (13-14 грудня 2023 року). Тернопіль: ТНТУ. 2023. С.167

19. Озарків Т., Жаровський Р. Оптимізація роботи протоколу EIGRP в умовах великих мереж зі складною топологією. Матеріали XII Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (6-7 грудня 2023 року). Тернопіль: ТНТУ. 2023. С. 442.

20. Ромашевська Н., Прокопюк О., Жаровський Р. Використання технології віртуалізації у процесі навчання студентів Матеріали X науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі системи та технології» (7-8 грудня 2022 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 142.

21. Свергун С., Жаровський Р. Тестування програмного забезпечення побудованого на мікросервісній архітектурі. Матеріали X науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі системи та технології» (7-8 грудня 2022 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 92.

22. Свергун С., Жаровський Р. Тестування програмного продукту, побудованого на мікросервісній архітектурі на основі BDD. Матеріали X науково-технічної конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя «Інформаційні моделі системи та технології» (7-8 грудня 2022 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 93.

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. Слюз І., Жаровський Р. Критерії ефективності тестування комп'ютерної інформаційної системи. Матеріали XI Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (7-8 грудня 2022 року). Тернопіль: ТНТУ. 2022. С. 174

24. Arduino display library for SPI E-Paper displays. GitHub. URL: <https://github.com/ZinggJM/GxEPD2>

25. Arduino IDE documentation. Arduino DOCS. URL: <https://docs.arduino.cc/software/ide/#ide-v2>

26. ESP-IDF Programming guide latest documentation. Technical documents espressif systems. URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/>

27. FastAPI documentation. FastAPI. URL: <https://fastapi.tiangolo.com>

28. MQTT The standard for IoT Messaging. MQTT - FAQ. URL: <https://mqtt.org/faq/>

29. SQLite Documentation. SQLite. URL: <https://www.sqlite.org/docs.html>

30. ESL Електронні цінники, автоматизація бізнесу. SystemGroup. URL: <https://systemgroup.com.ua/uk/rishennya-ta-pz/esl-elektronni-cinnyky>

31. Електронні цінники SOLUM для супермаркетів. Sytecs. URL: <https://sytecs.com.ua/ua/kataloh/elektronni>

32. ESD Association. ESD Handbook TR20.20-2021. Handbook for the Development of an Electrostatic Discharge Control Program. Rome, NY: Electrostatic Discharge Association, 2021. 215 с.

33. IEC 62368-1:2020. Audio/video, information and communication technology equipment – Part 1: Safety requirements. 3rd ed. Geneva: International Electrotechnical Commission, 2020. 240 с.

34. Міненерговугілля України. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Чинна редакція. Київ: Міністерство енергетики України, 2017. 408 с.'

					КС КРБ 123.217.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Технічне завдання

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії

Кафедра комп'ютерних систем та мереж

“Затверджую”

Завідувач кафедри КС

_____ Осухівська Г.М.

“ ____ ” _____ 2025 р

Комп'ютерна система для контролю за електронними цінниками

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на 9 листках

Вид робіт:

Кваліфікаційна робота

На здобуття освітнього ступеня «Бакалавр»

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

«УЗГОДЖЕНО»

«ВИКОНАВЕЦЬ»

Керівник кваліфікаційної роботи

Студент групи СІ-41

_____ к.т.н., доц. Стадник Н.Б.

_____ Ніколюк В.Р.

« ____ » _____ 2025 р.

« ____ » _____ 2025 р.

Тернопіль 2025

1 Загальні відомості

1.1 Повна назва та її умовне позначення

Повна назва теми кваліфікаційної роботи: «Комп'ютерна система для контролю за електронними цінниками».

Умовне позначення кваліфікаційної роботи: КС КРБ 123.217.00.00

1.2 Виконавець

Студент групи СІ-41, факультету комп'ютерно-інформаційних систем і програмної інженерії, кафедри комп'ютерних систем та мереж, Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, Ніколюк В.Р.

1.3 Підстава для виконання роботи

Підставою для виконання кваліфікаційної роботи є наказ по університету (№4/7-53 від 27.01.2025 р.)

1.4 Планові терміни початку та завершення роботи

Плановий термін початку виконання кваліфікаційної роботи – 27.01.2025 р.

Плановий термін завершення виконання кваліфікаційної роботи – 23.06.2025 р.

1.5 Порядок оформлення та пред'явлення результатів роботи

Порядок оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу здійснюється у відповідності до чинних норм та правил ISO, ЕСКД, ЕСПД та ДСТУ.

Пред'явлення проміжних результатів роботи з виконання кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності до графіку, затвердженого керівником роботи. Попередній захист кваліфікаційної роботи відбувається при готовності роботи – наявності пояснювальної записки та графічного матеріалу.

Пред'явлення результатів кваліфікаційної роботи відбувається шляхом захисту на відповідному засіданні ЕК, ілюстрацією основних досягнень за допомогою графічного матеріалу.

2 Призначення і цілі створення системи

2.1 Призначення системи

Комп'ютерна система для контролю за електронними цінниками, що розробляється призначена для:

- Централізованого оновлення цін на товарах у режимі реального часу;
- Автоматичного керування електронними цінниками з E-Ink дисплеями;
- Забезпечення безперервного та енергоефективного відображення інформації.

2.2 Мета створення системи

Метою кваліфікаційної роботи є створення комп'ютерної системи для централізованого моніторингу та керування електронними цінниками в умовах роздрібної торгівлі. Така система дає змогу суттєво підвищити ефективність зміни цін та підвищити точність відображення інформації для споживача.

2.3 Характеристика об'єкту

Система, що розроблялась призначена для масштабованого використання у супермаркетах, аптеках, складах, логістичних центрах;

3 Вимоги до системи

3.1 Вимоги до системи в цілому

3.1.1 Вимоги до структури та функціонування системи

Комп'ютерна система для керування електронними складається з:

- Серверного додатку для менеджменту інформації;
- Комунікаційного шлюзу;
- Електронних цінників.

3.1.2 Вимоги до способів та засобів зв'язку між компонентами системи

- Надійність передачі даних — система повинна забезпечувати гарантовану доставку інформації між сервером, шлюзом і цінниками з підтвердженням прийому або повторною передачею у разі збою.
- Енергоефективність бездротового зв'язку — обмін даними з електронними цінниками має враховувати їхню автономну роботу від батареї, тому зв'язок повинен бути оптимізований для короткочасної активності з мінімальним енергоспоживанням.

3.1.3 Вимоги до режимів функціонування системи

Для системи визначено два режими функціонування:

- Активний режим функціонування;
- Режим енергозбереження (глибокого сну).

Основним режимом функціонування є активний режим.

Активний режим — використовується під час отримання, обробки та оновлення інформації на електронних цінниках. У цьому режимі мікроконтролер активує бездротовий зв'язок, підключається до мережі Wi-Fi, отримує дані від шлюзу, оновлює вміст E-Ink дисплея та надсилає підтвердження про успішне оновлення. Система повинна працювати стабільно, з мінімальною затримкою передачі даних.

Режим енергозбереження (глибокий сон) — активується після завершення оновлення даних. У цьому стані електронний цінник вимикає більшість модулів, зберігає відображену інформацію на екрані без споживання енергії та чекає на наступне планове або примусове пробудження. Це дозволяє суттєво продовжити строк служби акумулятора.

3.1.4 Вимоги по діагностуванню системи

Система контролю за електронними цінниками повинна мати вбудовані засоби діагностики для моніторингу стану пристроїв, зокрема заряду батареї, якості з'єднання та часу останнього оновлення. Обов'язковим є ведення журналу подій (логування) та автоматичне сповіщення адміністратора у разі помилок або збоїв. Комунікаційний шлюз має виконувати самодіагностику з перевіркою зв'язку із сервером. Це дозволяє забезпечити стабільну роботу системи та швидке виявлення несправностей.

3.1.5 Перспективи розвитку, проектування системи

У майбутньому система контролю за електронними цінниками може бути масштабована для обслуговування великої кількості електронних цінників у різних торгових точках з централізованим хмарним керуванням. Можливе впровадження енергоефективніших технологій зв'язку (LoRa, BLE), інтеграція з ERP та POS-системами, а також використання кольорових E-Ink дисплеїв. Система здатна розвиватися у напрямі повної автоматизації ціноутворення та адаптації до сучасних вимог смарт-торгівлі.

3.2 Показники призначення

Система повинна передбачати можливість масштабування. Можливості масштабування повинні забезпечуватися засобами використовуваного базового програмного і технічного забезпечення.

3.2.1 Вимоги до надійності

Система контролю за електронними цінниками повинна забезпечувати стабільну роботу та здатність до автоматичного відновлення функцій у разі виникнення збоїв. Зокрема, працездатність системи має зберігатися або відновлюватися при:

- перебоях або короткочасних відключеннях електроживлення комунікаційного шлюзу або електронних цінників;
- збоях в роботі мікроконтролерів або пошкодженнях окремих частин;
- помилках програмного забезпечення, пов'язаних із обробкою даних, драйверами чи нестабільністю мережових з'єднань.

Для захисту апаратної частини (зокрема шлюзу та сервера) від імпульсних перенапруг, комутаційних завад і стрибків напруги рекомендовано використовувати мережеві фільтри або джерела безперебійного живлення.

3.3 Вимоги до безпеки

Елементи системи, що працюють під напругою (шлюз, сервер), повинні мати захист від випадкового дотику та бути заземлені або занулені. Електроживлення повинно передбачати автоматичне вимикання у разі короткого замикання чи перевантаження, а також мати можливість аварійного ручного вимкнення.

Корпуси пристроїв мають бути виготовлені з негорючих матеріалів. У разі пожежі не допускається утворення токсичних газів. Після зняття живлення дозволяється використання будь-яких типів вогнегасників.

3.3.1 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і зберігання компонентів системи

Мікроклімат у приміщеннях, де експлуатується система (торгові зали, серверні або складські зони), має відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042-99: температура повітря від +10 °С до +35 °С, вологість 30–80% при 25 °С, тиск 760 ± 25 мм рт. ст.

Технічне обслуговування електронних цінників, шлюзів та серверного обладнання повинно проводитися не рідше одного разу на рік відповідно до документації виробника. Перевірці підлягають мікроконтролери ESP32, елементи живлення, E-Ink дисплеї, комунікаційні інтерфейси, модулі живлення та з'єднання. За результатами перевірки слід аналізувати причини можливих збоїв і оперативно усувати виявлені несправності.

3.4 Вимоги до захисту інформації від несанкціонованого доступу

Система контролю за електронними цінниками повинна забезпечувати захист від несанкціонованого доступу на рівні не нижче вимог, встановлених для категорії 1Д згідно з класифікацією документа, що діє: “Автоматизовані системи. Захист від несанкціонованого доступу до інформації. Класифікація автоматизованих систем”.

Компоненти підсистеми захисту від несанкціонованого доступу повинні забезпечувати:

- ідентифікацію користувача, що здійснює доступ до серверної частини або адміністрування системи;
- перевірку повноважень користувача при виконанні критичних операцій, таких як зміна цін або параметрів роботи цінників;
- розмежування доступу, що передбачає різні рівні прав для адміністраторів, операторів та технічного персоналу.

Рівень захищеності обчислювальної техніки, яка обробляє конфіденційну інформацію, повинен відповідати вимогам до класу

захищеності, визначеним у документі “Засоби обчислювальної техніки. Захист від несанкціонованого доступу до інформації. Показники захищеності від несанкціонованого доступу до інформації”.

3.4.1 Вимоги по збереженню інформації при аваріях

Інформація, при виникненні аварійних ситуацій повинна бути збережена на заделегідь запланованих хмарних сховищах.

3.4.2 Вимоги по стандартизації і уніфікації

Система повинна бути зручною у користуванні та відповідати вимогам ергономіки. Усі компоненти (мікроконтролери, шлюзи, сервери) мають бути сертифікованими та відповідати стандартам безпеки й сумісності. Застосування уніфікованих рішень спрощує обслуговування та подальшу інтеграцію системи.

3.4.3 Вимоги до функцій (завдань), що виконуються системою:

- забезпечення зручного інтерфейсу;
- забезпечення зберігання і обробка медіаінформації;
- пошук необхідної інформації;
- забезпечення високої швидкодії.

4 Вимоги до документації

Документація повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ

Комплект документації повинен складатись з:

- пояснювальної записки;
- графічного матеріалу:
 - а) Структурна схема.
 - б) Блок схема роботи комп’ютеризованої системи.
 - в) Схема електрична принципова.

5 Стадії та етапи проектування

Таблиця 1 – Стадії та етапи виконання кваліфікаційної роботи
бакалавра

№ етапу	Назва етапу виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання
1	Розробка технічного завдання.	27.01. – 02.02.
2	Аналіз існуючих систем, огляд технологій та вибір архітектури	03.02 – 21.02
3	Вибір апаратного та програмного забезпечення, розробка структурної та електрично принципової схем	22.02 – 16.03
4	Розробка програмного забезпечення для контролера та серверної частини. Тестування розробленої системи та налагодження зв'язку між сервером та апаратною частиною.	17.03 – 19.04
5	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	26.05 – 31.05
6	Оформлення пояснювальної записки і графічного матеріалу	01.06 – 08.05
7	Перевірка на академічний плагіат, перевірка керівником та консультантами	9.06. – 15.06.
8	Попередній захист кваліфікаційної роботи бакалавра	16.06. – 22.06.
9	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	24.06.

6 Додаткові умови виконання кваліфікаційної роботи

Під час виконання кваліфікаційної роботи у дане технічне завдання можуть вноситися зміни та доповнення.

Додаток Б

Перелік елементів

[illegible]