

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ

Бакалавр
Освітній рівень

Система моніторингу майданчика паркування автомобілів
Назва теми

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітня програма «Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі»

Шифр КПТР.022085.01.14 ПЗ

Виконав: здобувач 4 курсу, група ТР2-22-1


Підпис

М.І Трохимчук
Ініціали,

прізвище

Керівник:.

 8.06.26
Підпис, дата

Петрушак В.С
Ініціали, прізвище

Нормоконтроль:

 8.06.2026р
Підпис, дата

Пивовар О.С
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав.кафедри телекомунікацій,
медійних та інтелектуальних
технологій


Підпис

С.К. Підченко
Ініціали, прізвище

8 червня 2026 р.

Хмельницький 2026

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»

Шифр і назва


Спеціальність 172 – Телекомунікації та радіотехніка

Шифр і назва

Освітня програма «Телекомунікації, медійні технології та інтелектуальні мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Доц. Кафедри ТМІТ

 23.01.2026р.
Підпис, дата

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЄКТ**

Трохимчуку Максиму Ігоровичу

(Прізвище, ім'я, по батькові студента)

Тема проєкту: Система моніторингу майданчика паркування автомобілів
керівник проєкту Петрушак Володимир Степанович, к.т.н., доцент

(Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

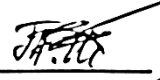
Затверджено наказом ректора університету від 20.01.2026р. №7


2 Строк подання здобувачем проєкту на кафедру: 20.05.2026р.

3 Вихідні дані до проєкту: 1. Кількість паркомісць для моніторингу - 8 одиниць; 2. Тип та кількість первинних перетворювачів, індуктивні датчики наближення LJ12A3-4-Z/BY (PNP NO) - 8 шт; 3. Апаратна платформа, модуль ESP32-WROOM-32 на базі двоядерного 32-розрядного процесора; 4. Комунікаційний інтерфейс: бездротова мережа Wi-Fi (стандарт 802.11 b/g/n). 5. Програмне середовище IoT: хмарна платформа Blynk IoT; 6. Локальна візуальна індикація: індикаторні світлодіоди (червоні, 5 мм) - 8 шт.


4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Огляд літературних джерел. 2. Вибір і техніко-економічне обґрунтування системи автономної парковки з використанням технології IoT. 3. Розробка і розрахунок блоків принципової схеми автономної парковки з використанням технології IoT. 4. Розробка алгоритму роботи і програмного забезпечення системи моніторингу майданчика паркування автомобілів.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 1.Схема електрична структурна. 2.Схема електрична принципова. 3. Алгоритм.

Завдання отримав 

Науковий керівник 

6 Консультанти розділів курсового проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	Антипов Спещук В.І., к.т.н., доцент		

7 Дата видачі завдання 23.01.26

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування виду роботи	Форма звітності, термін виконання	Відмітка наукового керівника
1	Вибір та затвердження теми	Лютей	Виконано
2	Розробка завдання	Лютий	Виконано
3	Складання графіку	Лютий	Виконано
4	Огляд літературних джерел	Лютий	Виконано
5	Вибір та техніко-економічне обґрунтування структурної схеми пристрою	Березень	Виконано
7	Розробка алгоритму	Березень	Виконано
8	Розробка програми	Березень-Квітень	Виконано
9	Розробка текстової частини	Квітень	Виконано
10	Розробка графічної частини	Квітень	Виконано
11	Остаточне коригування	Травень	Виконано
13	Підготовка до захисту	Червень	Виконано
	Захист	Червень	Виконано

Студент


Підпис


Ініціали, прізвище

Керівник роботи


Підпис


Ініціали, прізвище

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційного проєкту:

«Система моніторингу майданчика паркування автомобілів»

Автор роботи: Трохимчук Максим Ігорович.

Керівник роботи: канд.техн.наук, доц. Петрушак Володимир Степанович.

Пояснювальна записка: 60 сторінок, 18 рисунків, 2 таблиці, 24 джерела, 2 додатки.

Графічна частина: 2 креслення, 6 презентаційних слайдів.

Ключові слова: інтернет речей, Blynk IoT, ESP32.

Мета кваліфікаційного проєкту є розробка структури та програмного забезпечення для автономної парковки з використанням технології IoT.

Розроблена електронна система моніторингу майданчика паркування автомобілів базується на технології інтернет речей. Завдяки використанню даної технології є можливість бездротового доступу до органів керування автономної парковки.

Особливістю використання технології інтернет речей є можливість доступу до органів керування та датчиків майданчика паркування автомобілів з будь-якої відстані від неї. Це дозволило зменшити кількість дротів та усунути необхідність у виносному пульті керування, оскільки інтерфейс керування автономно. парковкою доступний через додаток BLYNK IOT, що розташований на смартфоні.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

IoT – інтернет речей

ІМС – інтегральна мікросхема.

ЕРЕ – електрорадіоелементи

ІМС – інтегральна мікросхема

МК - мікроконтролер

API - Application Programming Interface

BLE - Bluetooth Low Energy)

EEPROM - Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory

GPS - Global Positioning System

IP - Internet Protocol

LiDAR - Light Detection and Ranging

LAN - Local area network

OLED – Organic Light-Emitting Diode

RAM - Random Access Memory

ROM - Read Only Memory

SPI - Serial Peripheral Interface

GPIO - General-Purpose Input/Output)

WEBSOCKET – протокол повнодулексного (двостороннього)
зв'язку

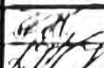
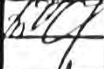

GSM – Global System for Mobile Communications

TLS – Transport Layer S

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кільк.	№ екз.	Примітка
			<u>Документація загальна</u>			
1	A4		Завдання на дипломний проект	1	1	
2	A4		Анотація	1	1	Укр.
3	A4	КПТР.22085.01.14 ПЗ	<u>Система моніторингу майданчика</u> <u>паркування автомобілів</u>			
			Пояснювальна записка	1	1	60 арк.
4	A4	КПТР.22085.01.14 ПЕЗ	<u>Система моніторингу майданчика</u> <u>паркування автомобілів</u>			
			Перелік елементів	1	1	1 арк.
			<u>Документація графічна</u>			
5	A3	КПТР.22085.01.14 Е1	<u>Система моніторингу майданчика</u> <u>паркування автомобілів</u>			
			Схема електрична структурна	1	1	1 арк.
6	A3	КПТР.22085.01.14 Е3	<u>Система моніторингу майданчика</u> <u>паркування автомобілів</u>			
			Схема електрична принципова	1	1	1 арк.
КПТР.22085.01.14.ВП						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Лит.	Аркуш
Розроб.		Трохимчук	<i>[підпис]</i>	8.06.20	н	1
Перевір.		Петрушак	<i>[підпис]</i>	8.06.20		1
Н. контр.		Стелцюс В.І.	<i>[підпис]</i>	8.06.20	ХНУ, гр. ТР2-22-1	
Затв.		Підченко	<i>[підпис]</i>			
Система моніторингу майданчика паркування автомобілів						
Відомість дипломного проекту						

ЗМІСТ

ВСТУП.....	2
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ДЖЕРЕЛ	5
1.1. Огляд і класифікація рішення для автоматизації парковки.....	5
1.2. Порівняльний аналіз та вибір прототипу.....	20
1.3 Вибір прототипу та його технічні характеристики	5
РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ.....	23
2.1 Платформа для зв'язку і розробка структурної схеми	23
2.2 Пристрої введення.....	27
2.3 Пристрої виведення.....	39
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТА РОЗРОБКА... 32	32
3.1 Схема підключення модуля ESP32.....	32
3.2 Пристрої введення даних.....	35
3.3 Пристрої виведення даних	36
3.4 Оцінка надійності системи	37
РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	41
4.1 Застосування та особливості сервісу Blynk IoT.....	41
4.2 Розробка алгоритму та інтерфейсу.....	43
4.3 Розробка програмного забезпечення для обробки даних від сенсорів та віджита	47
ВИСНОВКИ.....	56
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	57

КПТР.22085.01.14 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докum	Підпис	Дата	Система моніторингу майданчика паркування автомобілів Пояснювальна записка		
Розроб.		Трохимчук		10.06.20			
Перевір.		Петрушак		10.06.20			
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Підченко		09.06.20	Літ.	Арк.	Акрцшід
					1	60	ФІТ, ХНУ

ВСТУП

IoT (Internet of Things) або Інтернет речей – система фізичних об'єктів («речей»), взаємопов'язаних між собою за допомогою вбудованих датчиків, програмного забезпечення та/або інших технологій. Цей зв'язок потрібний для того, щоб передавати дані на інші пристрої в системі або в інші системи через Інтернет. Простіше кажучи, фізичні об'єкти виходять в Інтернет, щоб відправити інформацію чи прийняти її.

Що таке IoT і чому це важливо?

Інтернет речей існує вже доволі давно, але тільки останні дослідження зробили його практичним і широко використовуваним. Ще 15 років тому міжмашинне спілкування використовувалось в більшості випадків на складних виробництвах, а сьогодні IoT –пристрої оточують нас повсюдно. До Інтернету можуть підключатись найрізноманітніші предмети: радіоненьки, годинники, лічильники, виробничі агрегати, екостанції й т.п.

Розвиток обчислювальних здібностей, хмарних технологій, аналітики, бездротового зв'язку дозволило фізичним об'єктам обмінюватись інформацією з мінімальним втручанням людини. Сьогодні цифрові системи можуть записувати, відстежувати та налаштовувати будь-яку взаємодію між підключеними об'єктами, вирішуючи безліч складних завдань. Сталося налаштування співробітництва між цифровими та фізичними світами.

Розширення технічних можливостей Інтернету речей відкрили доступ до недорогих технологій з низьким енергоспоживанням. А доступність і надійність новітніх датчиків зробили IoT сучасним рішенням для широкого кола виробників, бізнесу.

Інтернет речей використовує безліч мережевих протоколів для доступу в Інтернет. Це полегшує підключення різноманітних датчиків до

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

хмари та інших речей задля ефективної передачі даних. Стали доступнішими хмарні платформи, які забезпечують споживачам та підприємствам легкий доступ до інфраструктури, потрібної для масштабування, без необхідності керувати нею.

Розвиток машинного навчання та аналітики дозволив отримати доступ до різних даних, що зберігаються в хмарі й сьогодні підприємства можуть швидше збирати інформацію, розсувати кордони своїх можливостей.

IoT-додатки використовують алгоритми машинного навчання для аналізу великих об'ємів даних, отриманих від датчиків. Використовуючи інформаційні панелі та сповіщення в режимі реального часу можна отримувати інформацію про ключові показники продуктивності, статистику і тощо. Це обумовлює популярність Інтернету речей в самих різних областях.

Мережа Інтернету речей складається з інтелектуальних пристроїв, які мають доступ до Інтернету. Для роботи вони використовують вбудовані системи: процесори, датчики, обладнання для збору, відправки та обробки даних, отриманих зі свого середовища. Через підключення до інтернету або іншого периферійного пристрою, підключеного в мережу, відбувається обмін даними між IoT-пристроями.

Далі, уся інформація поступає на хмарний сервер для аналізу та обробки. В деяких випадках, пристрої Інтернету речей зв'язуються з іншими IoT-пристроями та діють на основі інформації, отриманої один від одного.

Більшість операцій в Інтернеті речей відбувається без участі людини, але при цьому, людина може взаємодіяти з будь-яким пристроєм: віддавати команди, інструкції, отримувати доступ до інформації.

Зручність, економічність, різноманітність варіантів використання IoT робить Інтернет речей найважливішою технологією 21 століття, яка

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

буде продовжувати набирати оберти. У міру того, як більше компаній усвідомлюють потенціал Internet of Things, збільшуватиметься кількість підключених пристроїв і продовжиться розвиток функціональних можливостей.

Вже сьогодні, впровадження Інтернету речей у бізнес дозволяє вигравати конкуренту боротьбу, досягати підвищення виробничих параметрів, створювати ефективні бізнес-процеси, вирішувати складні та раніше витратні питання.

					<i>КПТР.22085.01.14 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		4

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ДЖЕРЕЛ

1.1 Огляд і класифікація рішення для автоматизації парковки

Аналіз фахової літератури демонструє, що технологія Інтернету речей (IoT) має чітко визначені напрямки застосування, переваги та виклики при впровадженні. Варто виділити кілька ключових аспектів.

По-перше, значна увага приділяється концепції «розумних міст». Датчики та об'єднані в мережу пристрої оптимізують управління міською інфраструктурою, знижують енергоспоживання та підвищують якість життя. Зібрані дані дозволяють ефективніше регулювати трафік, роботу систем освітлення, водопостачання та поводження з відходами.

По-друге, IoT активно трансформує промисловість. Інтеграція смарт-рішень у виробництво дозволяє автоматизувати процеси, здійснювати постійний моніторинг обладнання та передбачати потенційні поломки ще до їх виникнення, що суттєво підвищує надійність підприємств.

По-третє, у сфері охорони здоров'я об'єднані медичні пристрої забезпечують безперервний моніторинг стану пацієнтів, роблять можливими дистанційні консультації та швидку діагностику. Це є базою для створення «розумних» лікарень.

Водночас дослідники наголошують на викликах технології: це питання кібербезпеки, захист персональних даних, необхідність єдиних стандартів зв'язку та гострий дефіцит кваліфікованих фахівців.

Що стосується вузькопрофільних галузей, вже розроблено IoT-рішення для індустрії автомийок. Використання датчиків тиску та вологості дозволяє автоматизувати процес миття та економити ресурси. Ефективність таких систем може бути додатково підвищена за допомогою штучного інтелекту та машинного навчання.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

Сьогодні цифровізація є критично важливою для збереження конкурентоспроможності в будь-якому бізнесі, і автомобіли — не виняток. Простий або поломка обладнання спричиняють значні фінансові втрати. Особливо гостро ця проблема постає в холодну пору року: замерзання систем може коштувати тисячі доларів на ремонт. Інтеграція IoT дозволяє мінімізувати ці ризики. Система здатна миттєво сповіщати оператора про критичні перепади температур або інші відхилення, що дозволяє вжити превентивних заходів.

Завдяки віддаленому доступу через мобільні додатки, власник може контролювати роботу автомобіля з будь-якої точки світу, заощаджуючи час і кошти. Як влучно зазначає Роберто Андре, співвласник Sonny's The CarWash: «Якщо люди готові досліджувати та використовувати технології, це зробить ведення їхнього бізнесу значно простішим та ефективнішим». Таким чином, IoT не лише спрощує операційну діяльність, а й надійно захищає бізнес від непередбачуваних втрат.

Особливості застосування сервісу Blynk IoT.

Blynk - це універсальна платформа IoT, розроблена для спрощення розробки та управління програмами Інтернету. Він пропонує середовище без коду, що дозволяє користувачам створювати спеціальні мобільні програми для контролю та моніторингу пристроїв IoT, не потребуючи широких знань про програмування. Цей інтерфейс перетягування дозволяє користувачам швидко створювати потужні мобільні програми, впорядковуючи процес розробки та скорочуючи час на ринок.

Blynk надає масштабовані можливості управління пристроями, що дозволяє легко контролювати та контролювати пристрої, будь то управління кількома пристроями чи тисячами. Платформа підтримує як приватні, так і публічні хмарні варіанти, забезпечуючи безпечну та гнучку

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

інфраструктуру для різних операційних потреб. Крім того, Blynk оснащений багатосмуговою системою управління користувачами, що забезпечує безпечний та настроюваний контроль доступу, призначивши конкретні дозволи та ролі користувачам.

Основні особливості Blynk включають візуалізацію даних у режимі реального часу, історичний аналіз даних та інтуїтивні інформаційні панелі для ефективного управління пристроями. Користувачі можуть створювати потоки даних для управління потоком даних між пристроями та іншими платформами та інтегрувати різні віджети для створення інтерактивних панелей інформаційних ресурсів. Blynk також підтримує функції автоматизації, що дозволяє користувачам встановлювати сповіщення та дії на основі конкретних умов, таких як пороги використання енергії. Це робить його придатним для широкого спектру додатків IoT, від моніторингу енергії до розумної автоматизації будинку та іншого.

Системи на базі комп'ютерного зору та машинного навчання (Computer Vision & Edge AI)

Ось один з аналогів і він відрізняється від використання точкових апаратних сенсорів. Замість того, щоб встановлювати датчик на кожне паркувальне місце, система використовує мережу IP-камер високої роздільної здатності. Зображення з камер передається на локальний обчислювальний вузол (Edge Computing, наприклад, Nvidia Jetson) або на хмарний сервер, де обробляється за допомогою нейронних мереж (таких як YOLOv8 або розширені алгоритми OpenCV).

Алгоритм розділяє кадр на віртуальні зони, що відповідають паркомісцям, і в режимі реального часу класифікує наявність об'єкта класу «автомобіль» у межах цих зон.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З переваг можна виділити високий коефіцієнт покриття. Одна ширококутна камера, встановлена на щоглі або фасаді будівлі, здатна одночасно контролювати від 10 до 30 паркувальних місць. Це суттєво зменшує кількість фізичних вузлів у системі.

На відміну від бінарних датчиків, відеоаналітика дозволяє розпізнавати номерні знаки (технологія ALPR/ANPR), ідентифікувати тип, марку та колір транспортного засобу, а також фіксувати порушення правил паркування (наприклад, паркування на двох місцях одночасно).

Також великою перевагою є простота в установленні. Немає необхідності проводити земляні роботи, бурити асфальт або прокладати сотні метрів сигнальних кабелів до кожного окремого паркомісця.

Але завжди будуть і недоліки такі як вплив навколишнього середовища. Точність комп'ютерного зору критично падає під час сильного снігопаду, зливи, густого туману або за умови недостатнього освітлення. Також є проблема візуального перекриття, коли велика вантажівка перекриває огляд камери на інші легкові авто.

Це вийде набагато дорожче, тому що передача відеопотоків у реальному часі створює колосальне навантаження на локальну мережу, а нейромережева обробка вимагає дорогих графічних процесорів, що багаторазово збільшує бюджет проєкту.

Також постійний відеозапис у громадських місцях вимагає суворого дотримання законодавства щодо захисту персональних даних (наприклад, GDPR), що ускладнює юридичне впровадження системи.

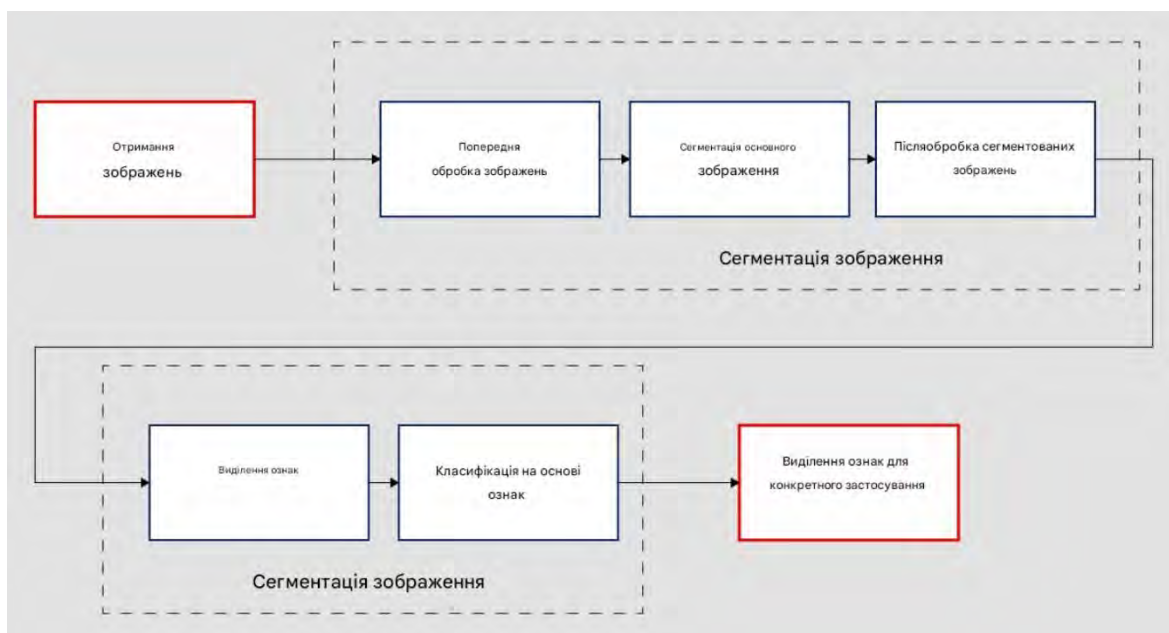
					<i>КПТР.22085.01.14 ПЗ</i>	Арк.
						8
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

виявлення країв, кутів або інших форм, а також ідентифікацію об'єктів на зображенні.

Комп'ютер може ідентифікувати об'єкти на зображенні після отримання відповідних ознак. Це може містити порівняння ознак зображення з базою даних відомих об'єктів або використання алгоритмів машинного навчання для розпізнавання візерунків та форм.

Після ідентифікації об'єктів на зображенні комп'ютер може провести детальніший аналіз. Це може містити відстеження руху об'єктів у часі, розпізнавання закономірностей на зображенні або виявлення аномалій та викидів.

Нарешті, на основі аналізу зображення комп'ютер може приймати рішення або робити дії. Наприклад, система комп'ютерного зору може керувати роботизованою рукою на виробничому підприємстві або



виявляти потенційні небезпеки відеопотоку з камери спостереження.

Рисунок 1.2- Логіка роботи комп'ютерного зору

Edge AI – це розгортання програм штучного інтелекту на пристроях по всьому фізичному світу. Воно називається "Edge AI", тому що

обчислення ШІ виконуються поряд з користувачем, на периферії мережі, близько до місця зберігання даних, а не централізовано у хмарному обчислювальному центрі або приватному центрі обробки даних.

Оскільки інтернет має глобальне охоплення, "кордоном мережі" може бути будь-яке місце. Це може бути роздрібний магазин, завод, лікарня або пристрої, що оточують нас усюди, такі як світлофори, безпілотні машини та телефони.

Щоб машини могли бачити, розпізнавати об'єкти, керувати автомобілями, розуміти мову, говорити, ходити чи інакше імітувати людські навички, їм необхідно функціонально відтворювати людський інтелект.

Штучний інтелект використовує структуру даних, яка називається глибокою нейронною мережею, для відтворення людського пізнання. Ці глибокі нейронні мережі навчаються відповідати певні типи питань, отримуючи безліч прикладів таких питань разом із правильними відповідями.

Цей процес навчання, відомий як «глибоке навчання», часто виконується в центрі обробки даних або в хмарі через величезний обсяг даних, необхідних для навчання точної моделі, та необхідність співпраці фахівців з обробки даних при налаштуванні моделі. Після навчання модель перетворюється на розряд «механізмів виведення», здатних відповідати питанням реального світу.

					<i>КПТР.22085.01.14 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

У периферійних системах ШІ механізм виведення працює на якомусь комп'ютері або пристрої у віддалених місцях, таких як заводи, лікарні, автомобілі, супутники та будинки. Коли ШІ стикається з проблемою, проблемні дані зазвичай завантажуються в хмару для подальшого навчання вихідної моделі П, яка в якийсь момент замінює механізм виведення на периферії. Цей зворотний зв'язок відіграє важливу роль у підвищенні продуктивності моделі; після розгортання периферійних моделей ШІ вони стають все розумнішими і розумнішими.



Рисунок 1.3- Логіка роботи Edge AI

Бездротові геомагнітні сенсори та мережі LPWAN (LoRaWAN / NB-IoT)

Для великих муніципальних вуличних парковок можна використати повністю автономні бездротові датчики, що монтуються безпосередньо в дорожнє покриття. Замість індуктивного принципу, вони використовують магнітометри. Земля має стабільне магнітне поле. Коли над датчиком зупиняється автомобіль, він спотворює локальне магнітне поле Землі. Мікроконтролер датчика фіксує цю аномалію і відправляє статус через енергоефективні мережі дальнього радіуса дії (LPWAN) — LoRaWAN або стільниковий стандарт NB-IoT.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдяки використанню протоколів з низьким енергоспоживанням та відсутності необхідності підтримувати постійне з'єднання, такі пристрої працюють від однієї вбудованої батареї від 5 до 10 років.

Одна базова станція LoRa Gateway здатна приймати сигнали від тисяч паркувальних сенсорів у радіусі до 10-15 кілометрів на відкритій місцевості, що ідеально для масштабування на рівні цілого міста.

Також сенсори повністю герметичні (клас захисту IP68) і розміщуються в рівень з асфальтом, тому вони не бояться води, бруду та не заважають снігоприбиральній техніці.

Але є нюанси, тому що система чутлива до підземних високовольтних кабелів, ліній метрополітену або трамвайних колій, електромагнітне поле яких може викликати хибні спрацювання датчика.

Протоколи LPWAN оптимізовані для малих пакетів даних і рідкісної передачі. Вони не підходять для систем, де потрібна миттєва (мілісекундна) реакція на подію для швидкого оновлення інтерфейсу чи підняття шлагбаума.

Також це вимагає розгортання власних шлюзів та налаштування окремого мережевого сервера, що значно ускладнює початкове налаштування порівняно з існуючою Wi-Fi/Хмарною інфраструктурою.

Специфікація LoRaWAN є широкосмуговий мережевий протокол малої потужності (LPWA), призначений для бездротового підключення «речей», до регіональних, національних або глобальних мереж і орієнтований на основні вимоги до Інтернету, такі як двонаправлена зв'язок, наскрізна безпека, мобільність і послуги локалізації.

Мережева архітектура LoRaWAN розгортається в топології «зірка - зірка», в якій шлюзи ретранслюють повідомлення між кінцевими пристроями і центральним сервером. Шлюзи підключаються до мережевого сервера через стандартні IP-з'єднання і працюють як прозорий міст, просто перетворюючи RF-пакети в IP-пакети і навпаки.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Бездротовий зв'язок використовує переваги Long Range (Діапазон Далекого Дії) для фізичного рівня LoRa, дозволяючи одностороннє з'єднання між кінцевим пристроєм і одним або декількома шлюзами. Всі режими здатні до двобічної зв'язку, і є підтримка груп многоадресної адресації для ефективного використання спектра під час таких завдань, як модернізація прошивки по повітрю (FOTA) або інші повідомлення масового поширення.

Характеристики визначають параметри фізичного рівня (LoRaWAN) пристрої для інфраструктури (LoRa®) і, таким чином, забезпечують безшовну інтероперабельність між виробниками, про що свідчить програма сертифікації.

Хоча специфікація визначає технічну реалізацію, вона не визначає будь-яку комерційну модель або тип розгортання (публічний, колективний, приватний, корпоративний), і тому пропонує галузі свободу інновацій та диференціації того, як вона використовується.

На додаток до стрибкоподібної перебудови частоти всі пакети зв'язку між кінцевими пристроями і шлюзами також включають в себе параметр «Швидкість передачі даних» (Data Rate). Вибір DR дозволяє встановити динамічний компроміс між діапазоном зв'язку і тривалістю повідомлення. Крім того, завдяки технології з розширеним спектром, зв'язок з різними DR не заважає один одному і створює набір віртуальних «кодових» каналів, що збільшують пропускну здатність шлюзу. Щоб максимально збільшити час автономної роботи кінцевих пристроїв і загальну пропускну здатність мережі, мережевий сервер LoRaWAN управляє налаштуванням DR і вихідною потужністю RF для кожного кінцевого пристрою індивідуально за допомогою схеми адаптивної швидкості передачі даних (ADR). Швидкість передачі даних в режимі LoRaWAN коливається від 0,3 кбіт / с до 50 Кбіт / с (в режимі FSK).

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Архітектура шлюзу LoRaWAN

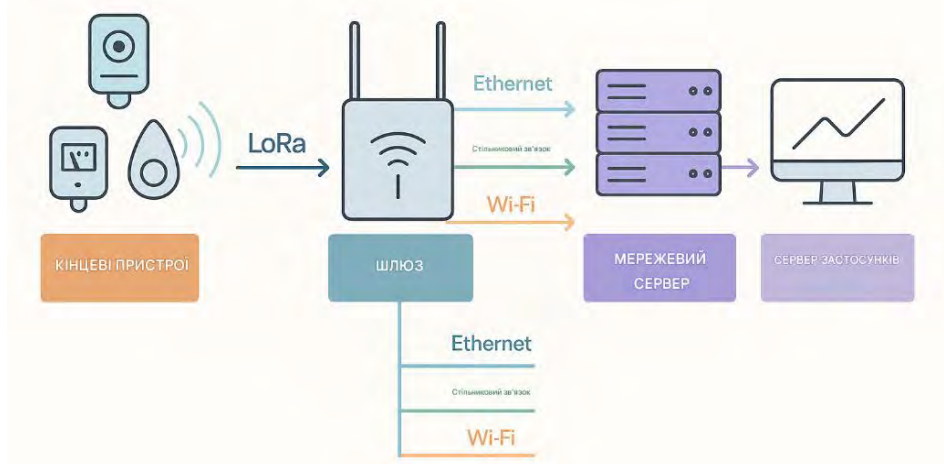


Рисунок 1.4 – Архітектура шлюзу LoRaWAN

Nb-IoT це специфікація стандарту стільникового зв'язку, яка розроблена для обслуговування пристроїв, що генерують невеликий обсяг даних. Технологія відмінно підходить для різних лічильників, датчиків, систем сигналізації та т. Д.

По своїй фізичній структурі і архітектурі мережу Nb-IoT практично все успадкувала від LTE, тому побудова інфраструктури для Інтернету речей не вимагає нічого, крім оновлення програмного забезпечення на наявних базових станціях. За рахунок простоти системи оператори можуть надавати низькі тарифи для клієнтів Інтернету речей.

Nb-IoT базується на LTE. Якщо говорити максимально простими словами, то смуга 4G складається з роздільних каналів (піднесуть) по 15 кГц. Несуча в LTE ділиться на ресурсні блоки (РБ), кожен з яких складається з 12 піднесуть по 15 кГц. Разом виходить 180 кГц. Кожен ресурсний блок включає 84 ресурсних елемента (сітка 12 на 7). Смуга 5 МГц, на якій може працювати LTE, включає 25 ресурсних блоків.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Для запуску Nb-IoT задіюється тільки один ресурсний блок 180 кГц. Для дальності сигналу його підсилюють на 6 дБ. Це і пояснює, чому мережу Інтернету речей має більш широке охоплення території, ніж LTE, хоча частота використовується однакова.

Низький рівень споживання енергії досягається не тільки за рахунок низьких швидкостей передачі даних, але також за рахунок зниження кількості енерговитратних процедур реєстрації в мережі. При включенні кожен пристрій зв'язується з базовою станцією, «домовляється» щодо режиму роботи і потім «засинає». У разі пробудження дані можуть бути відразу передані. У сплячому режимі базова станція є шлюзом і накопичує інформацію для кінцевого пристрою. Це знижує час в радіофері. Важливо відзначити, що для такої роботи устаткування повинно знаходитися в одній точці. Переміщення приладу змушує кожного разу заново «обговорювати» з базовою станцією такі параметри, як потужність, чутливість і т.д.



Рисунок 1.5 – Принцип роботи Nb-IoT

Стельові системи ультразвукової або ToF-локації (Time-of-Flight)

Цей метод є промисловим стандартом для критих та підземних паркінгів торгових центрів. Локаційні модулі встановлюються на стелі безпосередньо над центром кожного паркувального місця. Вони використовують ультразвукові імпульси або лазерні датчики (LiDAR / ToF), щоб вимірювати відстань до підлоги. Якщо базова відстань (наприклад, 2.5 метри) раптово скорочується (до 1 метру), система робить висновок, що під датчиком знаходиться дах автомобіля. Зазвичай такі системи поєднують сенсор та багатоколірний світлодіод в одному корпусі.

На відміну від індуктивних та магнітних датчиків, ультразвукові далекоміри однаково добре фіксують автомобілі з алюмінієвими, пластиковими або карбоновими кузовними деталями.

За відсутності впливу погодних умов ці сенсори дають майже 100% точність детектування.

Оскільки датчик монтується на стелі разом з яскравим індикатором (червоний/зелений), водіям дуже легко орієнтуватися і знаходити вільні місця здалеку.

Але нажаль технологія абсолютно непридатна для відкритих паркувальних майданчиків просто неба, оскільки вимагає наявності стелі або побудови спеціальних навісних ферм для монтажу обладнання.

Також ультразвукові хвилі можуть відбиватися непередбачувано від об'єктів складної форми (багажники на даху), а швидкість звуку залежить від температури повітря, що потребує постійного програмного калібрування.

Ще датчик може зреагувати на людину, яка довго стоїть на паркомісці, залишений візок із супермаркету або велику коробку.

LiDAR — це технологія отримання та обробки інформації про віддалені об'єкти за допомогою активних оптичних систем, що використовують явища поглинання і розсіювання світла в оптично

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

прозорих середовищах. Звучить надто складно, тому спробуємо пояснити простіше. LiDAR — це спеціальний датчик, який має вбудований лазер і працює за принципом 3 етапів:

1. Лазер світить і його промінь переміщується зі швидкістю світла;
2. Ресівер отримує його назад;
3. Пристрій обчислює час за який промінь повертається.

Однією з ключових переваг LiDAR є його висока точність вимірювань, оскільки ця технологія забезпечує лазерну точність. LiDAR використовує лазерні імпульси для випромінювання променів, вимірювання відстаней і створення детальних 3D-карт. Крім того, багато систем комп'ютерного бачення навчаються саме за допомогою позначок, отриманих через ToF LiDAR.

Проте ця технологія має і певні обмеження. Зокрема, якщо необхідно виміряти швидкість об'єкта, потрібно розраховувати різницю між двома послідовними позначками часу, що ускладнює аналіз у реальному часі.

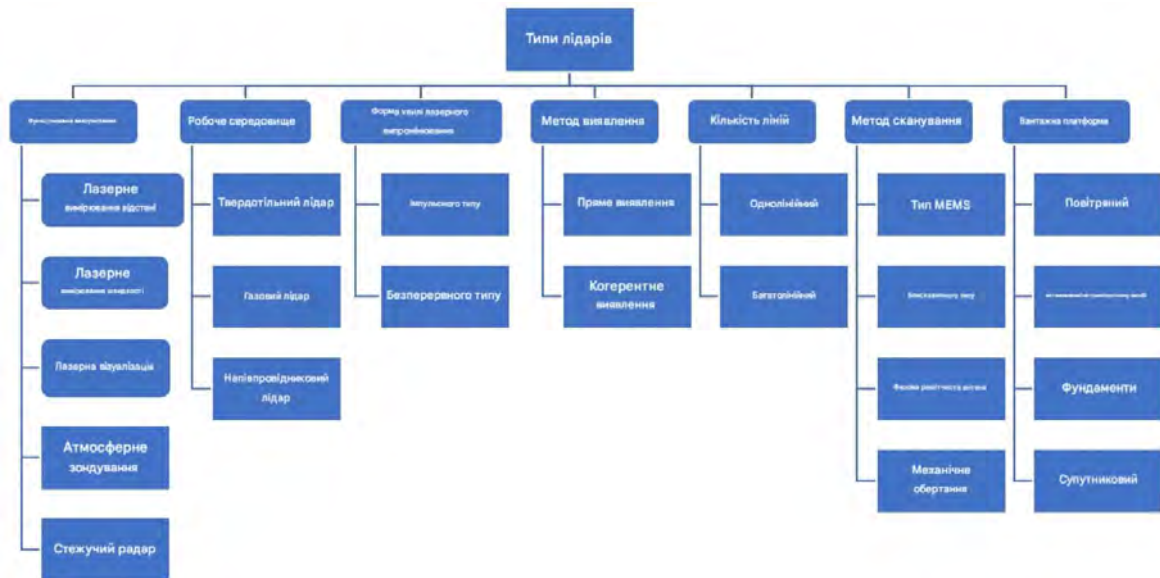


Рисунок 1.6 – Класифікація LiDAR

Камера TOF 3D створена з використанням передової технології тривимірної візуалізації. Камера глибини TOF (Time of Flight) – це нове покоління продуктів для виявлення відстаней та технологій 3D-

зображення. Він безперервно посилає світлові імпульси до мети, а потім використовує датчик прийому світла, повернутого об'єктом, і визначає відстань до цільового об'єкта, визначаючи час польоту (туди й назад) світлового імпульсу.

TOF-камери зазвичай використовують метод часу прольоту при вимірі відстані, тобто при використанні ультразвукових хвиль і т. д. не забувайте виміряти, і ви зможете додатково зрозуміти відстань. Вимір відстані може здійснюватися за допомогою світлових променів, тому переваги при реальному використанні, як і раніше, очевидні. Коли використовується ця камера, розмір можна виміряти шляхом візуалізації, що дуже зручно. І цей спосіб використання полягає у відображенні світла, відстань можна дізнатися, розрахувавши час повернення, а адекватніше сприйняття можна отримати за допомогою датчика. Перевага використання такої камери цілком очевидна. Не тільки пікселі вище, але й додавання цього датчика може зробити отримання даних на карті розмірів більш реалістичним, немає необхідності в частинах, що рухаються, а кращі результати можна отримати тільки шляхом вимірювання. Це дуже вигідно в практичних додатках, чи це позиціонування або вимір: якщо у вас є така камера, ви можете стати очима більшої кількості машин та обладнання в реальній роботі та посправжньому завершити автоматичну роботу.

Камери TOF можуть автоматично уникати перешкод під час використання. Завдяки характеристикам розпізнавання можна ефективно реалізувати використання автоматизації і переваги використання цієї камери дуже очевидні. Він може не лише вчасно пізнавати обсяг та інформацію, а й обробляти вантажі. Поліпшення автоматизації більш ефективно, може прискорити підвищення ефективності та отримати великі переваги у вимірі відстані та поданні зображень. Ядро цієї камери

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

може. Він дає найкращі результати, а завдяки імпульсному запуску ви можете дізнатися докладну мету, не тільки відстежувати, а й виконувати тривимірне моделювання на зображенні, що можна сказати, дуже точно.

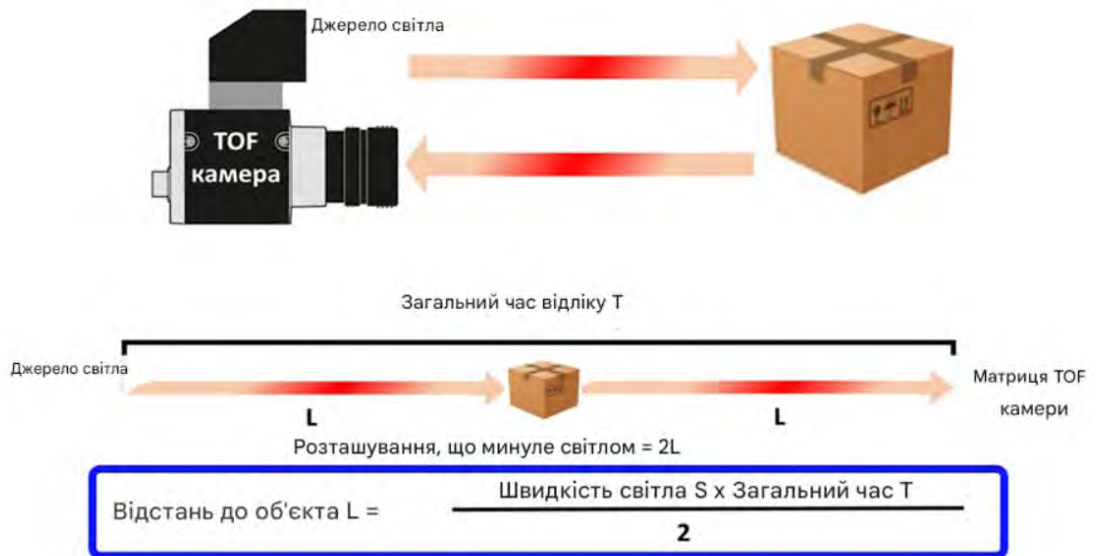


Рисунок 1.7 – Прицип роботи TOF камери

1.2 Порівняльний аналіз та вибір прототипу

Параметр системи	Проектова на система (Індуктивні сенсори + ESP32)	Комп'ютерний зір (IP-камери + Edge AI)	Геоманітні датчики (LPWAN / LoRaWAN)	Акустична локація (Ультразвук / ToF)
Фізичний принцип дії	Зміна магнітного поля котушки	Візуальна класифікація об'єктів нейромережею	Спотворення електромагнітного поля Землі	Акустична ехолокація

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КПТР.22085.01.14 ПЗ

Арк.

20

Оптимальне середовище	Універсальне	Великі відкриті майданчики	Міські вулиці, масові парковки	Тільки криті та підземні паркінги
Захист від погодних умов	Високий	Вкрай низький	Абсолютний	Не застосовується на вулиці
Затримка сигналу	До 100 мс	1-3 секунди на обробку кадру	Від кількох секунд до хвилин	Миттєва
Енергоспоживання вузла	Середнє	Дуже високе	Екстремально низьке	Середнє
Збереження конфіденційності	Абсолютне	Низьке	Абсолютне	Абсолютне
Відносна вартість точки моніторингу	Оптимальна	Висока	Висока	Оптимальна для великих ТРЦ

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця технологій

Аналізуючи існуючі альтернативи можна зробити висновок, що ідеальної універсальної технології моніторингу паркування не існує. Кожен метод має свою персональну спеціалізацію. Рішення на базі комп'ютерного зору непогані для збору метаданих, але досить вразливі для погоди. Геомагнітні сенсори дуже класні для міста, але вони дуже повільні.

Вибір архітектури на базі індуктивних сенсорів та мікроконтролера ESP32 з передачею даних через Wi-Fi, є найбільш збалансованим інженерним рішенням для локальних автоматизованих парковок закритого типу або середніх відкритих майданчиків. Це забезпечує миттєву реакцію, потрібну для розрахунку фінансових витрат клієнта у реальному часі, зберігає повну конфіденційність користувачів та демонструє високий показник економічної рентабельності на етапі прототипування та впровадження.

					<i>КПТР.22085.01.14 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22

РОЗДІЛ 2 ВИБІР ТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ОБГРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ

2.1 Платформа для зв'язку і розробка структурної схеми

Стрімкий розвиток концепції Інтернету речей (IoT) зумовив появу широкого спектру комунікаційних рішень для об'єднання пристроїв у єдину мережу. Процес вибору оптимальної платформи вимагає комплексного підходу та врахування низки критичних параметрів:

1. Специфіка протоколів передачі даних. Ринок пропонує різноманітні стандарти, такі як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRaWAN та NB-IoT. Ключовими відмінностями між ними є радіус дії, енергоефективність та пропускна здатність каналу. Вибір базується на вимогах до дальності розміщення вузлів мережі та їх енергетичного бюджету.
2. Потенціал масштабування. Обрана екосистема повинна підтримувати стабільну роботу при зростанні кількості підключених клієнтів, забезпечуючи при цьому безперервний моніторинг та обробку телеметрії в режимі реального часу.
3. Кібербезпека. Враховуючи вразливість розподілених мереж, пріоритетом є наявність вбудованих інструментів криптографічного захисту, надійної аутентифікації та розмежування прав доступу для запобігання витоку конфіденційної інформації.
4. Інтероперабельність. Важливим критерієм є здатність платформи до інтеграції зі сторонніми хмарними сервісами, базами даних та аналітичними комплексами, а також гнучкість у розширенні функціоналу.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

5. Економічна доцільність. Аналіз повинен включати розрахунок сукупної вартості володіння (ТСО), що складається з витрат на ліцензування, технічну підтримку та навчання персоналу.

Серед лідерів ринку IoT-платформ можна виділити AWS IoT, Microsoft Azure IoT, Google Cloud IoT, IBM Watson IoT та ThingsBoard. Кожна з них пропонує унікальний набір інструментів, що дозволяє адаптувати рішення під конкретні бізнес-задачі.

Окрім програмної складової, критичним етапом проектування є вибір апаратних засобів комунікації, які формують фізичний рівень обміну даними. На сьогодні домінуючими технологіями є:

1. Стільникові мережі (2G/3G/4G/5G). Гарантують глобальне покриття та високу швидкість, що є оптимальним для промислових об'єктів. Проте високе енергоспоживання обмежує їх застосування в автономних пристроях.
2. Wi-Fi. Забезпечує високу пропускну здатність у межах локальних зон (будинки, офіси), але поступається іншим стандартам у радіусі дії та енергоефективності.
3. Bluetooth (BLE). Ідеальне рішення для персональної електроніки та сенсорів на малих відстанях завдяки низькому енергоспоживанню.
4. LPWAN (LoRaWAN, NB-IoT, Sigfox). Спеціалізовані енергоефективні мережі далекого радіусу дії, розроблені для передачі невеликих пакетів даних у важкодоступних місцях.

У ролі центрального обчислювального та комунікаційного вузла для розробленої IoT-системи керування розумною парковкою було обрано мікроконтролер ESP-WROOM-32 (рис. 2.1). Дана апаратна платформа базується на високопродуктивному 32-розрядному двоядерному процесорі ESP32-D0WDQ6 від компанії Espressif, який за своєю архітектурою та обчислювальною потужністю є аналогом процесорів серії Cortex-M4.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

ESP32 WROOM DEVKIT V1 PINOUT

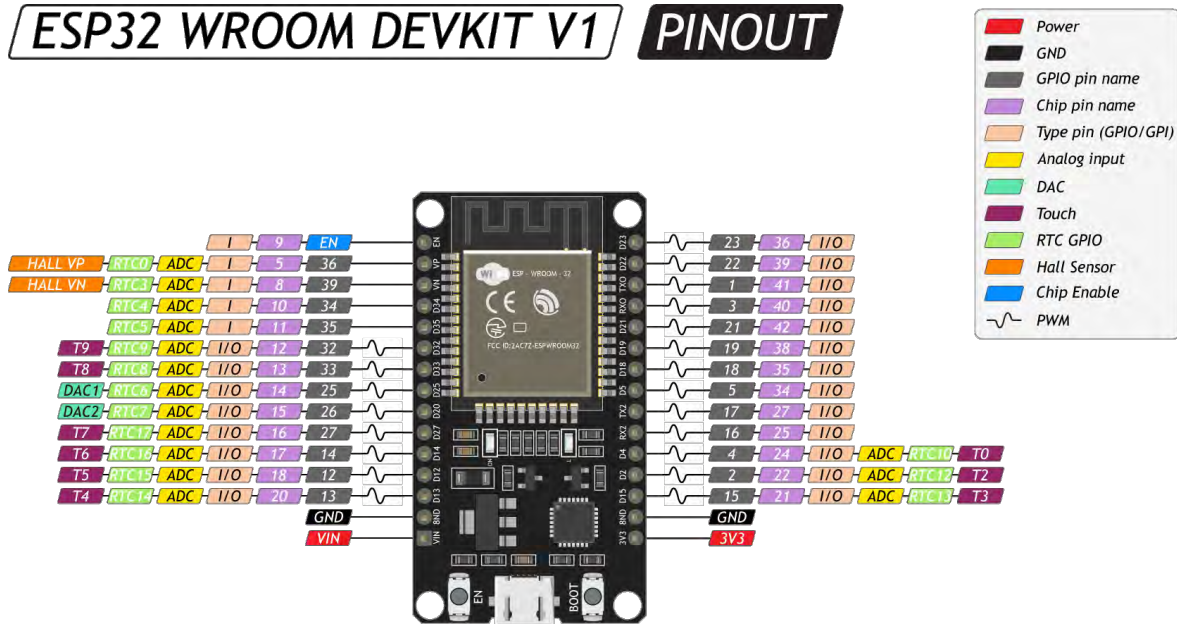


Рисунок 2.1- ESP32 DevKit

Мікроконтролер ESP32 — це сучасне IoT-рішення на базі двоядерного 32-розрядного процесора Tensilica Xtensa LX6 з тактовою частотою до 240 МГц. Модуль інтегрує в собі 520 Кб оперативної пам'яті SRAM, 448 Кб ПЗУ та криптографічні модулі для захисту даних.

Апаратна платформа підтримує бездротові стандарти Wi-Fi 802.11 b/g/n та Bluetooth v4.2 (класичний та BLE). Периферія включає 34 програмованих GPIO, 18 каналів АЦП, сенсорні кнопки та інтерфейси UART, SPI, I2C і CAN 2.0. Система вирізняється високою енергоефективністю: у режимі Deep-sleep споживання становить лише 10 мкА, що дозволяє використовувати її в автономних пристроях.

Структурна схема проекту представлена на рис.2.2.

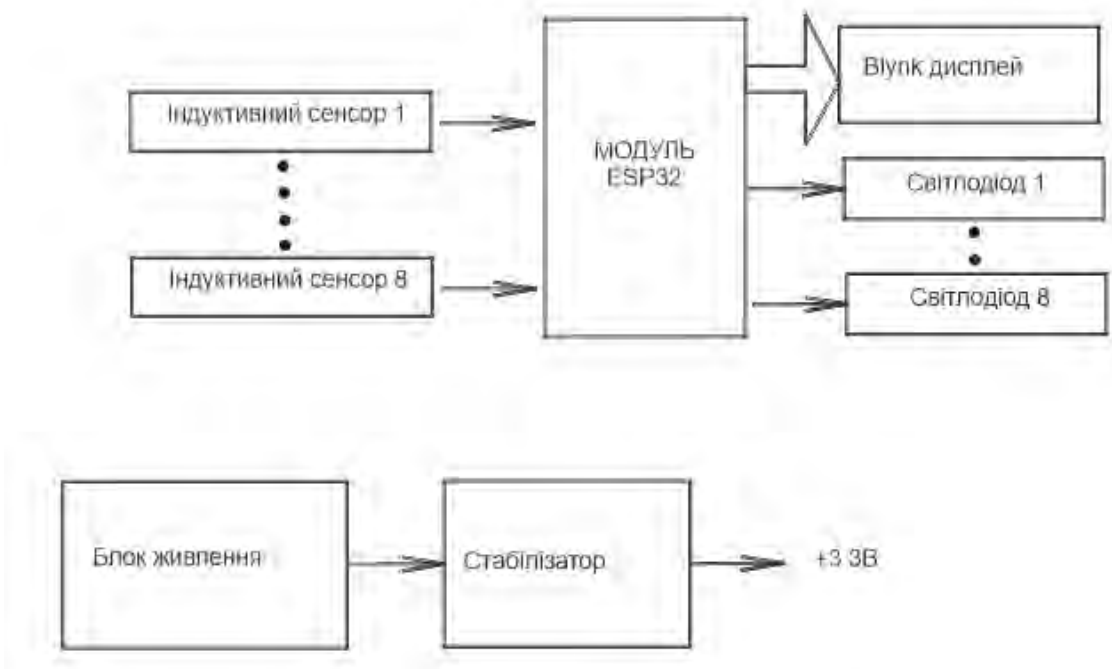


Рисунок 2.2- Структурна схема

Інформацію про стан паркувальних місць, що надходить від восьми DIP-перемикачів (датчиків присутності), модуль ESP32 обробляє та передає до хмарного середовища Vlynk IoT. Після цього поточні дані про зайнятість кожного місця, тривалість паркування та нараховану вартість можна побачити через інтерфейс користувача в мобільному додатку Vlynk. Крім того, стан кожного паркомісця дублюється за допомогою фізичних світлодіодних індикаторів, розміщених безпосередньо на макеті.

Керування системою моніторингу та розрахунків відбувається в автоматичному режимі. Зокрема, при замиканні перемикача на певному місці система автоматично активує відповідний світлодіод та розпочинає відлік часу паркування. Оновлення даних про поточну вартість у реальному часі відбувається з інтервалом у 10 секунд. Після розмикання контактів (виїзду автомобіля) система автоматично формує підсумковий чек та додає отриману суму до показника загальної каси.

Живлення схеми здійснюється від стандартного блоку живлення або USB-порту з напругою 5В. При цьому від напруги 5В живиться сама плата ESP32, яка має вбудований стабілізатор. Решта вузлів схеми, включаючи світлодіодні індикатори та датчики-перемикачі, живляться від вихідної стабілізованої напруги модуля 3.3В.

2.2 Пристрої виведення

У відповідності до структурної схеми (рис.2.2) до пристроїв виведення відносяться[:

- Blynk IoT;
- Світлодіоди.

Blynk – це повністю інтегрована платформа Інтернету речей, яка не залежить від обладнання. Вона має мобільні додатки, хмарні сервіси і дозволяє керуванням пристроями, аналітикою даних і машинним навчанням. Blynk є це повним набором програмного забезпечення, необхідного для створення прототипу, розгортання та віддаленого керування підключеними електронними пристроями в будь-якому масштабі: від персональних проєктів IoT до мільйонів комерційних підключених продуктів.

Платформа забезпечує практично усе, що вам потрібно для створення підключеного обладнання та керування ним. Це підготовка (provisioning) пристроїв, візуалізація даних датчиків, дистанційне керування за допомогою мобільних і веб-додатків, оновлення мікропрограми по повітрю (OTA), безпечна хмара, аналіз даних, керування користувачами та доступом, сповіщення, автоматизація та багато іншого більше. Платформа Blynk підтримує малосерійних виробників продуктів для розумного дому, складних систем HVAC,

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

сільськогосподарського обладнання та всіх, хто знаходиться між ними. Ці компанії створюють фірмові додатки без коду та отримують повну внутрішню інфраструктуру IoT через одну підписку. У платформі є три основні компоненти:

Blynk App – дозволяє створювати дивовижні інтерфейси для проектів за допомогою різних віджетів.

Blynk Server – відповідальний сервер за всі комунікації між смартфоном і апаратним забезпеченням. Можна скористатись Хмарою або запустити свій приватний сервер локально. Сервер має відкритий код і може легко обробляти тисячі пристроїв і навіть може бути запущений на Raspberry Pi.

Blynk Libraries – це набір бібліотек для всіх популярних апаратних платформ (Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, Energia, Particle та ін.). Ці бібліотеки дозволяють пристрою спілкування з сервером і обробляти всі вхідні та вихідні команди.



Рисунок 2.3- Blynk IoT

Світлодіодні індикатори (Light Emitting Diodes) є напівпровідниковими приладами, що перетворюють електричну енергію безпосередньо у світлове випромінювання при проходженні через них електричного струму. У контексті розробки IoT-систем вони широко

використовуються як надійні та енергоефективні засоби візуалізації стану об'єкта.

Основні переваги використання світлодіодів у системах моніторингу:

- Низьке енергоспоживання: Світлодіоди споживають мінімальну кількість струму (зазвичай від 2 до 20 мА), що дозволяє підключати їх безпосередньо до портів введення-виведення мікроконтролера ESP32, які підтримують навантаження до 12 мА;
- Висока надійність: На відміну від ламп розжарювання, LED-індикатори мають тривалий термін експлуатації (до 50 000 – 100 000 годин) та стійкість до механічних вібрацій;
- Миттєва реакція: Час відгуку світлодіода становить частки мікросекунд, що забезпечує миттєву візуальну реакцію системи на зміну стану датчика парковки;
- Низька робоча напруга: Робоча напруга більшості індикаторних світлодіодів коливається в межах 1.8–3.3В, що ідеально узгоджується з логічними рівнями напруги модуля ESP32.

У проєкті розумної парковки світлодіоди виконують роль локального інтерфейсу зворотного зв'язку. Вони дозволяють оператору або водію миттєво визначити статус кожного паркувального місця (зайнято/вільно) без необхідності звернення до мобільного додатка. Використання восьми окремих індикаторів, розподілених за топологією майданчика, забезпечує високу інформативність та інтуїтивне розуміння стану системи в реальному часі.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рисунок 2.4- Світлодіод

2.3 Пристрої введення

До пристроїв введення, у відповідності до структурної схеми (рис. 2.5), можна віднести індуктивні датчики наближення.

Індуктивний датчик – це безконтактний пристрій виявлення, призначений для монтажу на кронштейнах або корпусах та зазвичай використовується для фіксації наявності металевих об'єктів у певній зоні. Це тип електронного сенсора, який реагує на зміни параметрів магнітного поля, не вимагаючи фізичного дотику до об'єкта.

Індуктивний датчик наближення – це набір електронних компонентів (генератор, тригер, підсилювач), упакованих у герметичний циліндричний або прямокутний корпус, який стійкий до впливу зовнішнього середовища. Його функція полягає в забезпеченні електричного вхідного сигналу для електронного пристрою керування на

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

основі присутності металевого предмета (наприклад, корпусу автомобіля) перед активною частиною сенсора.

Датчик може перебувати у стані «активний» (є метал) або «пасивний» (немає металу), що дозволяє системі керування розпізнавати поточну ситуацію на парковці. Коли металевий об'єкт потрапляє в електромагнітне поле датчика, це викликає зміну амплітуди коливань генератора, внаслідок чого датчик замикає або розмикає електричне коло.

Встановлюючи такі датчики на кожному паркомісці, ви можете точно визначати момент заїзду та виїзду транспортного засобу. Ось чому ці датчики зазвичай використовуються в системах автоматизації парковок, де необхідна висока надійність, довговічність та відсутність механічного зносу контактів.



Рисунок 2.5- Індуктивний датчик наближення LJ12A3-4-Z-BY PNP
NO

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ТА РОЗРОБКА

3.1 Схема підключення модуля ESP32

Модуль ESP32 підключається за типовою схемою (рисунок 3.1). Резистор R1 виконує функцію підтягуючого резистора до лінії живлення, що забезпечує стабільний логічний рівень на вході у відсутності активного сигналу. Його значення обирається від 3 до 33 кОм, але цей малий опір призведе до зайвого споживання струму, а великий може спричинити нестабільну роботу. З таблиці стандартного ряду значень беремо $R1 = 10 \text{ кОм}$.

Резистор R2 обмежує струм через світлодіод D1, захищаючи його від пробою. Для розрахунку його опору застосуємо формулу (3.1):

$$R2 = \frac{V_{U3} - V_{D1}}{I_{D1}} \quad (3.1)$$

де:

V_{U3} - вихідна напруга модуля ESP32, що становить 3,3 В;

V_{D1} - пряме падіння напруги на світлодіоді (для червоного — 2,2 В);

I_{D1} - номінальний робочий струм світлодіода, рівний 5 мА.

Підставивши всі значення у формулу (3.1), маємо:

$$R2 = \frac{3,3 - 2,2}{0,005} = \frac{1,1}{0,005} = 220 \text{ Ом}$$

Отже, бачимо що 220 Ом відповідає значенню зі стандартного ряду номіналів, тому такий струм забезпечує достатню яскравість світіння діода без надмірного навантаження на виходи мікроконтролера.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

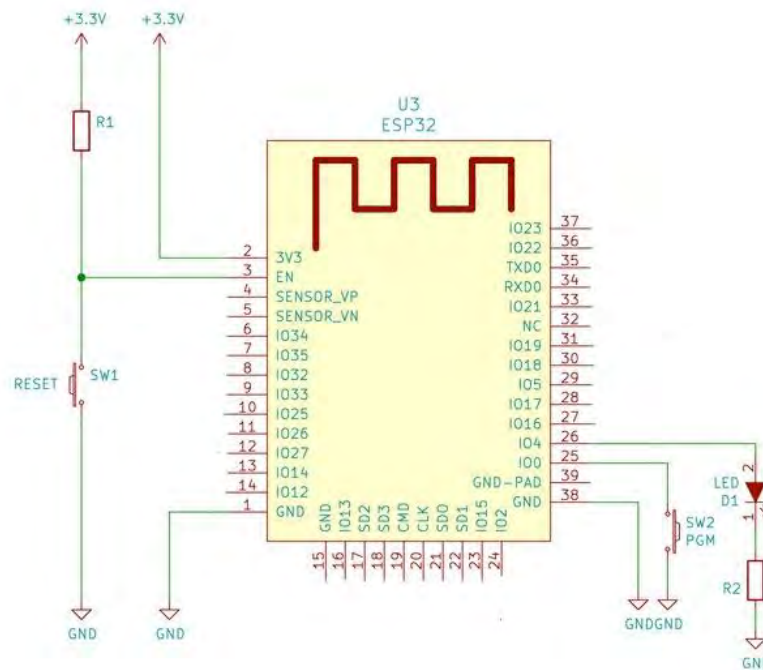


Рисунок 3.1 – Схема включення модуля ESP32

Для забезпечення стабільного та надійного живлення модуля ESP32 використаємо регульований лінійний стабілізатор напруги LP38513-ADJ, схема підключення якого представлено на рисунку 3.2. Перевагою такого стабілізатора є широкий діапазон вхідних напруг та здатність забезпечувати значний вихідний струм, що робить його придатним для живлення мікроконтролерних систем. Він має такі технічні характеристики:

Вхідна напруга: 2,5 - 5,5 В;

Вихідна напруга: 0,5 - 4,5 В;

Максимальний вихідний струм: 3 А;

Робочий діапазон температур: від -40 до +125 °С;

Тип корпусу: ТО-263;

Максимальне падіння напруги при струмі 3 А: 500 мВ.

Зазначим, що невелике падіння напруги (500 мВ) дозволяє використовувати стабілізатор навіть при незначній різниці між вхідною

та вихідною напругами, що зменшує тепловиділення та підвищує енергоефективність пристрою.

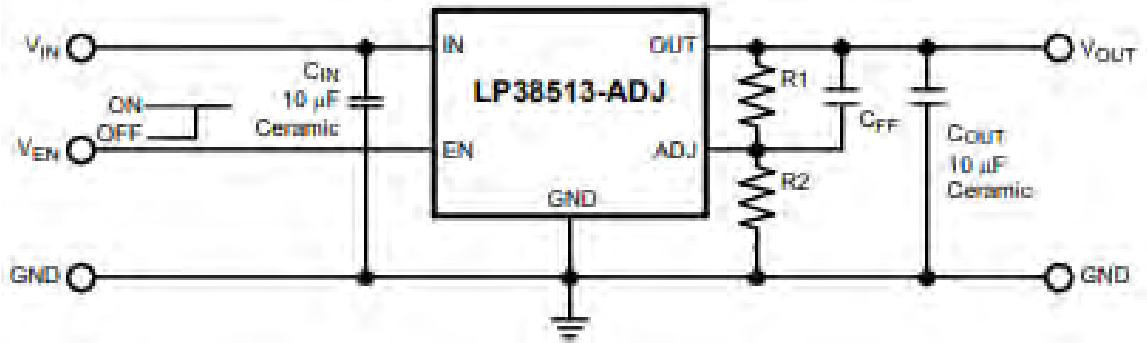


Рисунок 3.2- Схема включення LP38513-ADJ

Згідно з технічною документацією, вихідна напруга стабілізатора визначається співвідношенням резисторів дільника R1 та R2 за формулою:

$$V_{out} = V_{ADJ} \cdot \left(1 + \frac{R1}{R2}\right), \quad (3.2)$$

де $V_{ADJ} = 500$ мВ — внутрішня опорна напруга стабілізатора, а резистор R1 обираєм рівним 2 кОм як базове значення дільника.

Для отримання на виході стабілізованої напруги 3,3 В, необхідної для живлення ESP32, знайдем опір R2 з формули (3.2):

$$R2 = \frac{R1}{\frac{V_{OUT}}{V_{ADJ}} - 1} = \frac{2\text{кОм}}{\frac{3.3\text{В}}{0.5\text{В}} - 1} = 357,14\text{Ом}.$$

Це розрахункове значення $R2 = 357,14$ Ом не є стандартним номіналом, тому з таблиці ряду резисторів обираємо найближче значення $R2 = 357$ Ом з допуском 1%.

3.2 Пристрої введення даних

Як зазначалося у попередньому розділі, до пристроїв введення даних для даної схеми належить один елемент:

Індуктивний датчик наближення;

Для узгодження вихідного сигналу індуктивного датчика наближення LJ12A3-4-Z/BY (PNP NO) з логічними входами GPIO ESP32 необхідно розрахувати подільник напруги. Датчик PNP формує на виході напругу +5 В, тоді як максимально допустима напруга на вході GPIO ESP32 становить 3,3 В.

Опір резистора $R1$ визначається за формулою:

$$R1 = (U_{\text{жив}} - U_{\text{LED}}) / I_{\text{LED}}, \quad (3.3)$$

де $U_{\text{жив}}$ – напруга живлення, В; U_{LED} – пряма напруга на LED оптрона, В; I_{LED} – номінальний струм LED, А.

Підставляючи числові значення у формулу (3.3):

$$R1 = (5 - 1,2) / 0,01 = 3,8 / 0,01 = 380 \text{ Ом.}$$

З ряду номінальних значень E24 обираємо найближче стандартне значення $R1 = 390 \text{ Ом}$, 0,25 Вт. Перевірка фактичного струму через LED:

$$I_{\text{факт}} = (5 - 1,2) / 390 \approx 9,7 \text{ мА} \leq 10 \text{ мА}$$

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Умова виконана. Вибраний резистор $R1-R8 = 390 \text{ Ом}$ (для всіх восьми каналів) забезпечує безпечний режим роботи LED оптрона.

Колектор фототранзистора оптрона DA1 через підтягуючий резистор $R9$ підключається до шини живлення $+3,3 \text{ В}$. Коли датчик спрацьовує і LED оптрона засвічується, фототранзистор відкривається, напруга на колекторі падає до рівня LOW і GPIO ESP32 зчитує логічний «0». У неактивному стані напруга на колекторі підтягується резистором $R9$ до рівня HIGH $= +3,3 \text{ В}$, і GPIO зчитує логічну «1».

Оскільки максимально допустима напруга на вході GPIO ESP32 становить $3,3 \text{ В}$, резистор $R9$ одночасно виконує функцію узгодження рівня напруги між фототранзистором та логічним входом мікроконтролера.

Значення pull-up резистора визначається із умови забезпечення достатнього струму через фототранзистор у відкритому стані:

$$R9 = U_{CC} / I_{\text{вих}}, \quad (3.4)$$

де U_{CC} – напруга шини живлення ($+3,3 \text{ В}$); $I_{\text{вих}}$ – типовий вихідний струм фототранзистора (1 мА при $\text{CTR} \geq 100 \%$).

$$R9 = 3,3 / 0,001 = 3\,300 \text{ Ом}.$$

З ряду E24 обираємо $R9-R16 = 3,3 \text{ кОм}$, $0,25 \text{ Вт}$ (для всіх восьми каналів). Перевірка рівнів напруги:

– рівень HIGH (фототранзистор закритий): $U_{\text{вих HIGH}} = +3,3 \text{ В} \leq 3,3 \text{ В}$

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

– рівень LOW (фототранзистор відкритий): $U_{\text{вих LOW}} = U_{\text{CE sat}} \approx 0,1 \text{ В} \leq 0,8 \text{ В}$

Обидва рівні відповідають логічним порогам GPIO ESP32 ($V_{\text{IH}} \geq 2,64 \text{ В}$, $V_{\text{IL}} \leq 0,99 \text{ В}$).

R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8 – 390 Ом, 0,25 Вт (обмеження струму LED оптрона);

R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16 – 3,3 кОм, 0,25 Вт (pull-up колектора);

R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24 – 1 кОм, 0,25 Вт

Кан.	Позначення	Призначення	Тип / Номінал	Рн, Вт	К-сть
1–8	R1–R8	Обмеження I LED	390 Ом, ряд E24	0,25	8
1–8	R9–R16	Pull-up колектора	3,3 кОм, ряд E24	0,25	8
1–8	R17–R24	Захист лінії GPIO	1 кОм, ряд E24	0,25	8

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку резисторів для восьми каналів

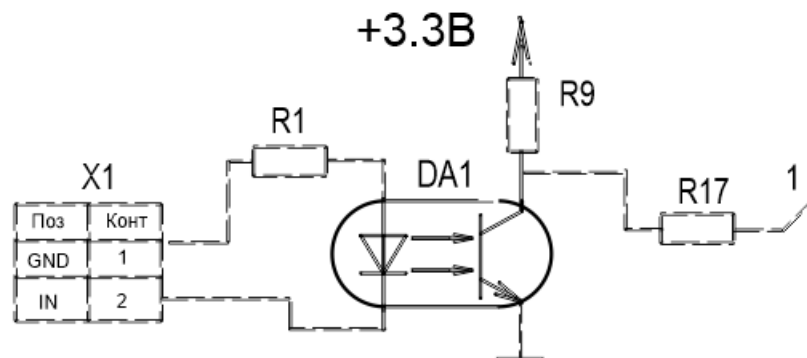


Рисунок 3.3- Схема LJ12A3-4-Z

3.3 Пристрої виведення даних

Для обмеження струму через світлодіоди HL1–HL8 (червоні, 5 мм) необхідно розрахувати резистори R26–R35. Вихідна напруга порту GPIO мікроконтролера ESP32 становить $U_{жив} = 3,3$ В, пряма напруга світлодіода $U_{LED} = 2,0$ В, номінальний струм $I_{LED} = 20$ мА.

Опір обмежувального резистора визначається за формулою:

$$R = (U_{жив} - U_{LED}) / I_{LED}, \quad (3.7)$$

де $U_{жив}$ – напруга живлення GPIO, В; U_{LED} – пряма напруга світлодіода, В; I_{LED} – номінальний струм світлодіода, А.

Підставляючи числові значення у формулу (3.4):

$$R = (3,3 - 2,0) / 0,02 = 1,3 / 0,02 = 65 \text{ Ом.}$$

З ряду номінальних значень E24 обираємо найближче стандартне значення $R_{26}–R_{35} = 68$ Ом, 0,25 Вт. Перевірка фактичного струму:

$$I_{факт} = (3,3 - 2,0) / 68 \approx 19,1 \text{ мА} \leq 20 \text{ мА}$$

Умова виконана. Вибрані резистори $R_{26}–R_{35} = 68$ Ом, 0,25 Вт забезпечують безпечний режим роботи світлодіодів.

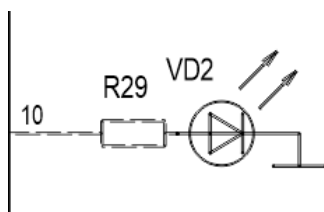


Рисунок 3.4- Схема підключення світлодіода

3.4 Оцінка надійності системи

Оцінку надійності розробленої схеми виконаємо згідно з вимогами нормативних документів ДСТУ 2860-94 та ДСТУ ІЕС 61709:2018. Надійність є одним із найважливіших показників якості будь-якого електронного пристрою, оскільки вона безпосередньо визначає його здатність виконувати задані функції протягом встановленого терміну служби без збоїв та відмов. У контексті автономної парковки це означає безперебійну фіксацію транспортних засобів, коректний підрахунок вартості та стабільний зв'язок із сервером Blynk.

Розрахунок надійності традиційно базується на врахуванні раптових відмов, які можуть виникати в процесі експлуатації пристрою. На відміну від поступових відмов, що повільно розвиваються з часом внаслідок старіння матеріалів, термічної деградації або зносу елементів, раптові відмови є найбільш критичними з точки зору безперебійної роботи системи, оскільки їх практично неможливо завчасно виявити шляхом планового технічного обслуговування.

Мікроконтролер ESP32 виконує роль головного обчислювального та комунікаційного ядра системи. Його надійність визначається як апаратними, так і програмними факторами:

Процесор Espressif ESP32 та вбудований радіомодуль Wi-Fi/Bluetooth генерують значну кількість тепла під час активної передачі даних. Хоча кристал розрахований на роботу в широкому температурному діапазоні, постійні перегрівки можуть спричинити деградацію напівпровідникових структур та передчасний вихід з ладу.

Будучи радіоелектронним засобом, ESP32 вразливий до сильних електромагнітних полів, які можуть виникати від систем запалювання автомобілів або силових підземних кабелів. Це може призвести до зависання мікроконтролера, що вимагатиме використання апаратного таймера Watchdog для автоматичного перезавантаження.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Частий запис логів або станів системи у внутрішню флеш-пам'ять (EEPROM) має фізичні обмеження (зазвичай близько 100 000 циклів перезапису). Для підвищення надійності алгоритм повинен мінімізувати кількість звернень до незалежної пам'яті, зберігаючи тимчасові змінні в RAM.

Індуктивні сенсори є "очима" системи. Оскільки вони функціонують у безконтактному режимі, вони позбавлені механічного зносу контактів, що є їхньою величезною перевагою. Однак існують інші фактори ризику:

Датчики монтуються на рівні паркувального покриття, де вони піддаються впливу дощу, снігу, дорожніх реагентів та автомобільного мастила. Хоча сенсори (такі як LJ12A3-4-Z/BY) постачаються у герметичних корпусах, тривалий вплив агресивної хімії може пошкодити кабель підключення або пластиковий торець датчика.

Індуктивні датчики можуть непередбачувано реагувати на металеве сміття, залишене на паркомісці, або на специфічні сплави кузовів деяких сучасних авто.

При екстремально низьких або високих температурах характеристики коливального контуру генератора всередині датчика можуть змінюватись, що призводить до зміни дистанції впевненого спрацьовування.

Світлодіоди використовуються для локальної індикації статусу паркомісця.

Надійність світлодіода критично залежить від робочого струму. Використання стандартизованого номіналу резистора (наприклад, 68 Ом) гарантує, що кристал не деградуватиме від надмірного струму.

Оскільки парковка є зоною руху транспорту, постійні мікровібрації можуть впливати на якість паяних з'єднань. Рекомендується додаткова фіксація індикаторів термолісоєм.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Для отримання реальної інтенсивності відмов з урахуванням фактичних умов експлуатації застосовується наступна формула:

$$\lambda = \lambda_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

З урахуванням стаціонарних умов експлуатації нашої системи паркування, при рівні вологості до 98%, мінімальному атмосферному тиску 80 кПа та температурі до 50°C, поправочні коефіцієнти набувають таких значень:

$$K_1 = 1.04; K_2 = 1.03; K_3 = 2.5; K_4 = 1.$$

Розрахункова інтенсивність відмов системи:

$$\lambda = 30.445 \cdot 10^{-6} \cdot 1.04 \cdot 1.03 \cdot 2.5 \cdot 1.25 = 101.9 \cdot 10^{-6} \text{ (1/год)}$$

Середній час напрацювання на відмову (MTBF)

Цей показник визначається як величина, обернена до інтенсивності відмов:

$$T = 1 / \lambda = 1 / (101.9 \cdot 10^{-6}) = 9810 \text{ (год)}$$

Цей розрахунок демонструє, що значення близько 9810 годин безперервної роботи свідчить про достатньо високий рівень надійності розробленої системи. Середній час відновлення працездатності системи становить 1,27 години, що підтверджує високу ремонтпридатність.

					<i>КПТР.22085.01.14 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Особливості застосування сервісу Vlynk IoT

Vlynk - це універсальна платформа IoT, розроблена для спрощення розробки та управління програмами Інтернету. Він пропонує середовище без коду, що дозволяє користувачам створювати спеціальні мобільні програми для контролю та моніторингу пристроїв IoT, не потребуючи широких знань про програмування. Цей інтерфейс перетягування дозволяє користувачам швидко створювати потужні мобільні програми, впорядковуючи процес розробки та скорочуючи час на ринок.

Vlynk надає масштабовані можливості управління пристроями, що дозволяє легко контролювати та контролювати пристрої, будь то управління кількома пристроями чи тисячами. Платформа підтримує як приватні, так і публічні хмарні варіанти, забезпечуючи безпечну та гнучку інфраструктуру для різних операційних потреб. Крім того, Vlynk оснащений багатосмуговою системою управління користувачами, що забезпечує безпечний та настроюваний контроль доступу, призначивши конкретні дозволи та ролі користувачам.

Основні особливості Vlynk включають візуалізацію даних у режимі реального часу, історичний аналіз даних та інтуїтивні інформаційні панелі для ефективного управління пристроями. Користувачі можуть створювати потоки даних для управління потоком даних між пристроями та іншими платформами та інтегрувати різні віджети для створення інтерактивних панелей інформаційних ресурсів. Vlynk також підтримує функції автоматизації, що дозволяє користувачам встановлювати сповіщення та дії на основі конкретних умов, таких як пороги використання енергії. Це робить його придатним для широкого спектру

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

додатків IoT, від моніторингу енергії до розумної автоматизації будинку та іншого.

Побудова додатку в Blynk IoT для налаштування автономної парковки відбувається таким чином:

1. Створення нового шаблону – тут вказується що я буду використовувати ESP32 та Wi-Fi. Без цього Blynk не знатиме як обробляти дані від моєї плати та які технічні обмеження вона має
2. Налаштування потоків даних –створюються віртуальні «труби» або канали (V0, V1, V8 тощо), якими дані будуть перетікати від ESP32 до телефона. Кожен канал відповідає за свою функцію: канали V0-V7 передають сигнал для лампочок, а канали V10-V17 передають текстову інформацію про ціну. Пін V9 призначений для загальної суми.
3. Створення веб-панелі –розставляються віджети на робочому столі в Blynk. Так я можу керувати парковкою зразу в браузері або з додатку. В цьому плані веб панель дуже допомагає.
4. Генерація токенів пристрою – створюється пристрій на основі вашого шаблону і тепер створився унікальний код (Auth Token). Це умовний логін та пароль для плати. Цей код використовується в Arduino IDE щоб підключити плату до серверів Blynk.
5. Конструювання мобільного інтерфейсу – в додатку на смартфоні розставляються кнопки, текстові поля, індикатори потоки даних для яких були створені ще раніше. Умовно кажучи це просто створення інтерфейсу для мобільного додатку.
6. Завантаження прошивки – вписується токен та дані Wi-Fi у код та завантажується в плату. Плата через Auth Token знаходить створений проект на сервері Blynk.

Підсумовуючи, розробка системи на базі Blynk IoT включає етапи конфігурування хмарного шаблону з віртуальними каналами,

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

програмування логіки ESP32 для обробки сигналів датчиків та візуалізацію даних через мобільні віджети. Це дозволяє синхронізувати фізичний стан паркомісць із цифровим інтерфейсом, забезпечуючи автоматизований підрахунок вартості та віддалений фінансовий моніторинг у реальному часі.

4.2 Розробка алгоритму та інтерфейсу

Програмне забезпечення для плати ESP32 розроблене з використанням стандартних бібліотек:

- WiFi.H;
- WiFiClient.H;
- BlynkSimpleEsp32.H;
- BlynkTimer.h.

Алгоритм функціонування програмного забезпечення розпочинається з ініціалізації периферійних пристроїв, налаштування портів введення-виведення та встановлення захищеного з'єднання з сервером Blynk через мережу Wi-Fi. Після успішного запуску мікроконтролер переходить у режим безперервного циклічного моніторингу, під час якого послідовно зчитує стани восьми датчиків присутності. У разі виявлення зайнятого паркомісця система миттєво активує відповідну світлодіодну індикацію та розпочинає процес розрахунку вартості послуги в реальному часі з паралельною передачею даних у мобільний додаток. При фіксації звільнення місця алгоритм автоматично вимикає світловий індикатор, формує підсумковий чек, додає отриману суму до загального лічильника каси та оновлює інформацію у хмарному сховищі, після чого цикл повторюється. Алгоритм роботи автономної парковки представлений на рис. 4.1

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

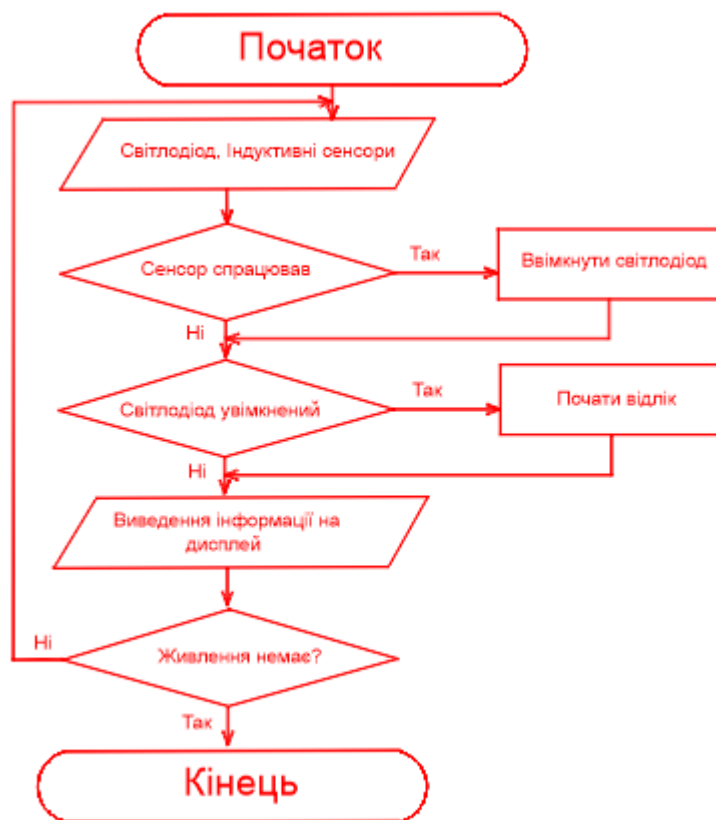


Рисунок 4.1- Алгоритм IoT-системи керування парковкою

IoT-система керування розумною парковкою працює в повністю автоматичному режимі моніторингу. Оскільки виконання всіх операцій відбувається циклічно, то почнемо розгляд нашого алгоритму з етапу збору даних. Так як всі датчики до системи вже підключені, то на кожному етапі циклу ми вже маємо актуальну інформацію про стан кожного з восьми паркувальних місць. У разі, якщо датчик фіксує замикання контактів (імітація заїзду автомобіля), то автоматично вмикається відповідний світлодіод на фізичному макеті.

Разом з тим система починає відлік часу паркування для конкретного клієнта. При цьому інформація про зайнятість місця та поточну вартість послуги постійно оновлюється і відображається в додатку. Якщо на паркомісці триває сесія паркування, то це відображається як світловою індикацією, так і текстовим повідомленням про нараховану суму.

Аналогічним чином, якщо автомобіль залишає місце, то це фіксує мікроконтролер, вимикаючи світлодіод, а фінальна інформація про вартість додається до загальної каси. Моніторинг фінансових надходжень відбувається дистанційно через додаток. Якщо автомобіль виїхав, система автоматично формує чек. Під час роботи парковки постійно контролюється статус з'єднання з сервером. Інформація про загальний прибуток відображається у спеціальному полі додатку. Якщо сума каси змінюється, то це значення миттєво оновлюється на екрані смартфона.

Перед створенням інтерфейсу додатку IoT-системи керування парковкою, необхідно розробити веб-інтерфейс. Для цього необхідно визначитись з віджетами, які будуть відображати необхідну інформацію про статус місць та фінанси. Для відображення інформації про наявність автомобіля на місці використаємо віджет LED. Цей віджет буде засвічуватись відповідним кольором у разі зміни логічного рівня на віртуальному піні (V0–V7). Для виведення текстової інформації про поточну вартість паркування для кожного місця розташуємо вісім віджетів Label, прив'язавши їх до відповідних пінів (V10–V17). Таким чином ми зможемо бачити ціну в реальному часі. Для відображення фінального чека та загальної суми накопичених коштів "Загальна каса" також використаємо текстові віджети, налаштовані на прийом рядкових даних. Під час налаштування всіх віджетів необхідно вказати віртуальний пін, через який буде надходити інформація від ESP32 до віджета. Разом з тим є можливість обрати кольорову гаму індикаторів та розмір шрифту для кращого візуального сприйняття.

					<i>КПТР.22085.01.14 ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		46

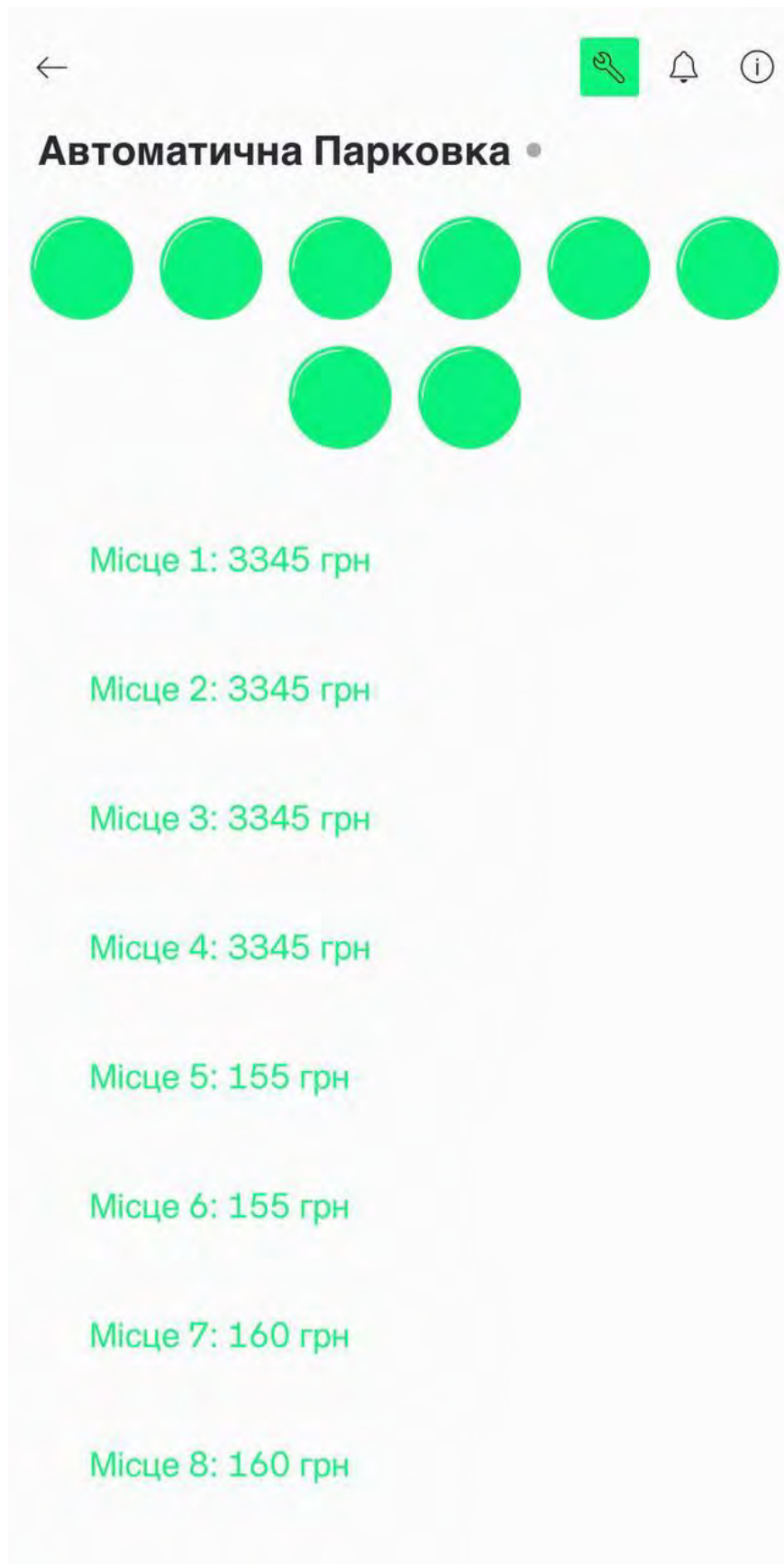


Рисунок 4.2- Інтерфейс IoT-системи парковки

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

4.3 Розробка програмного забезпечення для обробки даних від сенсорів

Для оптимізації структури програмного коду та забезпечення стабільності з'єднання з сервером, бібліотека Blynk дозволяє винести операції з опитування сенсорів у окремі підпрограми, що викликаються за розкладом таймера. Разом з тим представимо функції для первинної обробки вхідних даних. Оскільки датчики наявності автомобілів є дискретними пристроями, для визначення їх поточного статусу використаємо зчитування цифрових сигналів із портів загального призначення. Ось як виглядає функція обробки даних:

1. Бібліотеки та налаштування Blynk

Ця частина відповідає за підключення необхідних інструментів та ідентифікацію твого пристрою в системі.

```
#define BLYNK_PRINT Serial

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4mbTK9Db_"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "za2"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "6PPJXuhJ1n6EBKrxn-SJibDIW04AvOoj"

#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

2. Дані для підключення
char ssid[] = "iPhoneMaks";
char pass[] = "153648153648";
```

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

3. Конфігурація пінів

Тут відбувається прив'язка фізичних та віртуальних пінів. Використання масивів дозволяє легко керувати 8 місцями через цикл, а не писати код для кожного окремо.

```
const int TOTAL_SPOTS = 8;
const int ledPins[TOTAL_SPOTS] = {22, 23, 5, 16, 32, 25, 27, 12};
const int switchPins[TOTAL_SPOTS] = {19, 18, 17, 4, 33, 26, 14, 13};
const int blynkVPins[TOTAL_SPOTS] = {V0, V1, V2, V3, V4, V5, V6,
V7};
const int costVPins[TOTAL_SPOTS] = {V10, V11, V12, V13, V14,
V15, V16, V17};
```

4. Глобальні змінні

Змінні, що зберігають стан системи під час її роботи

```
bool isParked[TOTAL_SPOTS];
unsigned long startTimes[TOTAL_SPOTS];
float pricePerSecond = 5.0;
float totalIncome = 0.0;
BlynkTimer timer;
```

5. Функція setup()

Виконується один раз при старті.

```
void setup() {
  Serial.begin(115200);
  for (int i = 0; i < TOTAL_SPOTS; i++) {
    pinMode(ledPins[i], OUTPUT);
    digitalWrite(ledPins[i], LOW);
    pinMode(switchPins[i], INPUT_PULLUP);
    isParked[i] = false;
  }
}
```

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

```

Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);
Blynk.virtualWrite(V9, "0.00 грн");
timer.setInterval(10000L, updateLiveCosts);
}

```

6. Головний цикл

```

void loop() {
  Blynk.run();
  timer.run();
  checkParking();
}

```

7. Логіка парковки

Тут відбувається виявлення заїзду та виїзду.

Заїзд автомобіля

```

if (active && !isParked[i]) {
  delay(50);
  if (digitalRead(switchPins[i]) == LOW) {
    isParked[i] = true;
    startTimes[i] = millis();
    digitalWrite(ledPins[i], HIGH);
    Blynk.virtualWrite(blynkVPins[i], 1);
  }
}

```

Виїзд автомобіля

```

else if (!active && isParked[i]) {
  if (digitalRead(switchPins[i]) == HIGH) {
    isParked[i] = false;
    digitalWrite(ledPins[i], LOW);

    unsigned long duration = (millis() - startTimes[i]) / 1000;

```

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

```

float cost = duration * pricePerSecond;
totalIncome += cost;

Blynk.virtualWrite(V8, receipt);
Blynk.virtualWrite(V9, String(totalIncome, 2) + " грн");
}
}

```

8. Онлайн оновлення

Ця функція викликається таймером кожні 10 секунд.

```

void updateLiveCosts() {
  for (int i = 0; i < TOTAL_SPOTS; i++) {
    if (isParked[i]) {
      unsigned long duration = (millis() - startTimes[i]) / 1000;
      float currentCost = duration * pricePerSecond;
      Blynk.virtualWrite(costVPins[i], liveMsg);
    }
  }
}

```

Загальний код виглядає ось так:

```

#define BLYNK_PRINT Serial

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL4mbTK9Db_"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "za2"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "6PPJXuhJ1n6EBKrxn-SJibDIW04AvOoj"

#include <WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>

```

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

```

//char ssid[] = "TANYSHA";
//char pass[] = "qwer1378";
char ssid[] = "iPhoneMaks";
char pass[] = "153648153648";

const int TOTAL_SPOTS = 8;

const int ledPins[TOTAL_SPOTS] = {22, 23, 5, 16, 32, 25, 27, 12};
const int switchPins[TOTAL_SPOTS] = {19, 18, 17, 4, 33, 26, 14, 13};

const int blynkVPins[TOTAL_SPOTS] = {V0, V1, V2, V3, V4, V5, V6, V7};
const int costVPins[TOTAL_SPOTS] = {V10, V11, V12, V13, V14, V15,
V16, V17};

bool isParked[TOTAL_SPOTS];
unsigned long startTimes[TOTAL_SPOTS];
float pricePerSecond = 5.0;
float totalIncome = 0.0;

BlynkTimer timer;

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  for (int i = 0; i < TOTAL_SPOTS; i++) {
    pinMode(ledPins[i], OUTPUT);
    digitalWrite(ledPins[i], LOW);
    pinMode(switchPins[i], INPUT_PULLUP);
  }
}

```

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Эмн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

```

    isParked[i] = false;
}

Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, ssid, pass);

Blynk.virtualWrite(V9, "0.00 грн");

for (int i = 0; i < TOTAL_SPOTS; i++) {
    String msg = "Місце " + String(i+1) + ": Вільно";
    Blynk.virtualWrite(costVPins[i], msg);
}

timer.setInterval(10000L, updateLiveCosts);
}

void loop() {
    Blynk.run();
    timer.run();
    checkParking();
}

void updateLiveCosts() {
    for (int i = 0; i < TOTAL_SPOTS; i++) {
        if (isParked[i]) {
            unsigned long duration = (millis() - startTimes[i]) / 1000;
            float currentCost = duration * pricePerSecond;

            String liveMsg = "Місце " + String(i+1) + ": " + String(currentCost, 0) + "
грн";

```

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

```

    Blynk.virtualWrite(costVPins[i], liveMsg);
  }
}
}

void checkParking() {
  for (int i = 0; i < TOTAL_SPOTS; i++) {
    bool active = digitalRead(switchPins[i]) == LOW;

    if (active && !isParked[i]) {
      delay(50);
      if (digitalRead(switchPins[i]) == LOW) {
        isParked[i] = true;
        startTimes[i] = millis();

        digitalWrite(ledPins[i], HIGH);
        Blynk.virtualWrite(blynkVPins[i], 1);

        String startMsg = "Місце " + String(i+1) + ": 0 грн";
        Blynk.virtualWrite(costVPins[i], startMsg);

        Serial.printf("Місце %d: ЗАЙНЯТО\n", i + 1);
      }
    }

    else if (!active && isParked[i]) {
      delay(50);
      if (digitalRead(switchPins[i]) == HIGH) {

```

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

```

isParked[i] = false;

digitalWrite(ledPins[i], LOW);
Blynk.virtualWrite(blynkVPins[i], 0);

String freeMsg = "Місце " + String(i+1) + ": Вільно";
Blynk.virtualWrite(costVPins[i], freeMsg);

unsigned long duration = (millis() - startTimes[i]) / 1000;
float cost = duration * pricePerSecond;
totalIncome += cost;

String receipt = String("Місце ") + (i + 1) + ": " + duration + "с. Сума: "
+ String(cost, 2) + " грн";
Blynk.virtualWrite(V8, receipt);

Blynk.virtualWrite(V9, String(totalIncome, 2) + " грн");
Serial.println(receipt);
}
}
}
}

```

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ВИСНОВКИ

В ході проектування було розроблено систему парковки з використанням технології IoT. Метою даного проекту була розробка структури та програмного забезпечення для системи дистанційного моніторингу майданчика паркування на базі сервісу Vlynk IoT.

Відповідно до поставленої мети, користуючись сучасними САПР під час проектування, розроблено наступні креслення:

- а) креслення структурної схеми КПТР.22085.01.14 Е1;
- б) креслення алгоритму роботи КПТР.22085.01.14 Е2;
- в) креслення електричної схеми КПТР.22085.01.14 Е3.

Разом з тим у другому розділі розроблено структурну схему IoT-системи керування парковкою та обрано пристрої введення і виведення даних. Зокрема, до пристроїв введення даних належать вісім індуктивних датчиків наближення LJ12A3-4-Z-VU для фіксації автомобілів. До пристроїв виведення — мобільний інтерфейс Vlynk та фізичні індикаторні світлодіоди, що відображають статус кожного паркомісця безпосередньо на макеті.

У четвертому розділі розроблено алгоритм функціонування IoT-системи, який забезпечує автоматичне детектування заїзду/виїзду авто, запуск відліку часу та розрахунок вартості послуг. Розроблено програмний код для мікроконтролера ESP32, що реалізує функції зчитування сигналів із сенсорів, обробки даних та передачі телеметрії до хмарного сервера. Крім того, розроблено веб-інтерфейс та інтерфейс мобільного додатка Vlynk для дистанційного фінансового моніторингу та контролю зайнятості місць у реальному часі.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жураковський Б. Ю. Технології інтернету речей: навч. посіб. для студ. спец. 126 «Інформаційні системи та технології» / Б. Ю. Жураковський, І. О. Зенів. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с.

2. Пулеко І. В. Архітектура та технології Інтернету речей : навч. посіб. / І. В. Пулеко, А. А. Єфіменко. – Житомир : Державний університет «Житомирська політехніка», 2022. – 234 с.

3. Тищенко К. В. Програмування систем збору і аналізу даних / К. В. Тищенко, О. П. Ткач. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 168 с.

4. Kshirsagar M. Smart Car Washing Center using IoT Based / M. Kshirsagar, K. Inamdar // International Journal for Scientific Research & Development. – 2019. – Vol. 7, Issue 02. – Pp. 2060–2064.

5. Gupta A. IoT-Based Smart Parking System Using Inductive Sensors / A. Gupta, R. Sharma // International Journal of Engineering Research & Technology. – 2021. – Vol. 10, No. 03. – Pp. 145–150.

6. Maier A. A Comparative Analysis of IoT Solutions Based on ESP32 Microcontroller / A. Maier, A. Sharp, Y. Vagapov // Proceedings of the 25th International Conference on Automation and Computing. – Lancaster : IEEE, 2019. – Pp. 1–6. DOI : 10.23919/ICoNAC.2019.8895138.

7. Naik N. Choice of Effective Messaging Protocols for IoT Systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP / N. Naik // 2017 IEEE International Systems Engineering Symposium (ISSE). – Vienna : IEEE, 2017. – Pp. 1–7. DOI : 10.1109/SysEng.2017.8088251.

8. Parra L. Design and Implementation of a Pressure Monitoring System Based on IoT for Water Supply Networks / L. Parra et al. // Sensors. MDPI. – 2020. – Vol. 20, No. 15. – Art. 4247. DOI : 10.3390/s20154247.

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

9. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. – Київ : Держстандарт України, 1994. – 92 с.

10. ДСТУ ІЕС 61709:2018. Компоненти електронні. Надійність. Довідкові умови для показників інтенсивності відмов та моделі для перерахування. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 82 с.

11. MIL-HDBK-217F. Reliability Prediction of Electronic Equipment [Електронний ресурс]. – Washington : Department of Defense, 1991. – Режим доступу : <https://www.reliabilityeducation.com/mil-hdbk-217.pdf>

12. LJ12A3-4-Z/BY Inductive Proximity Sensor. Datasheet [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://cdn.competec.ch/documents2/2/3/8/238102/238102.pdf>

13. ESP32-WROOM-32 Datasheet v3.4 [Електронний ресурс] / Espressif Systems. – Режим доступу : https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf

14. Мікроконтролер ESP32: огляд, характеристики та можливості [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://itmaster.biz.ua/directory/microcontrollers/esp32.html>

15. PCF8574 Remote 8-Bit I/O Expander for I2C Bus. Datasheet [Електронний ресурс] / Texas Instruments. – 2015. – Режим доступу : <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/pcf8574.pdf>

16. WebCatalog : Blynk IoT App [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://webcatalog.io/uk/apps/blynk>

17. Blynk 2.0 Documentation. Getting Started with ESP32 [Електронний ресурс] / Blynk Inc. – 2023. – Режим доступу : <https://docs.blynk.io/en/getting-started/what-do-i-need-to-blynk>

18. Що таке DIP-перемикачі та де вони використовуються? [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.e-switch.com/uk/news-events/blog/switches-simplified/what-are-dip-switches-what-are-their-uses/>

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

19. Що таке світлодіод : види, характеристики та застосування [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://gsm-komplekt.ua/ua/blog/ssho-take-svitlodiod-jogo-vidi-ta-de-vikoristovuyetsya-n204>

20. Інтернет речей : поняття, архітектура та сфери застосування [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://uk.wikipedia.org/wiki/Інтернет_речей

21. Khanna A. IoT based Smart Parking System / A. Khanna, R. Anand // Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA). – Pune : IEEE, 2016. – Pp. 266–270. DOI : 10.1109/IOTA.2016.7562735.

22. Al-Fuqaha A. Internet of Things : A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications / A. Al-Fuqaha et al. // IEEE Communications Surveys & Tutorials. – 2015. – Vol. 17, No. 4. – Pp. 2347–2376. DOI : 10.1109/COMST.2015.2444095.

23. Fraden J. Handbook of Modern Sensors : Physics, Designs, and Applications / J. Fraden. – 5th ed. – New York : Springer, 2016. – 758 p. ISBN 978-3-319-19302-1.

24. I2C-Bus Specification and User Manual Rev. 7.0 [Електронний ресурс] / NXP Semiconductors. – 2021. – Режим доступу : <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>

					КПТР.22085.01.14 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

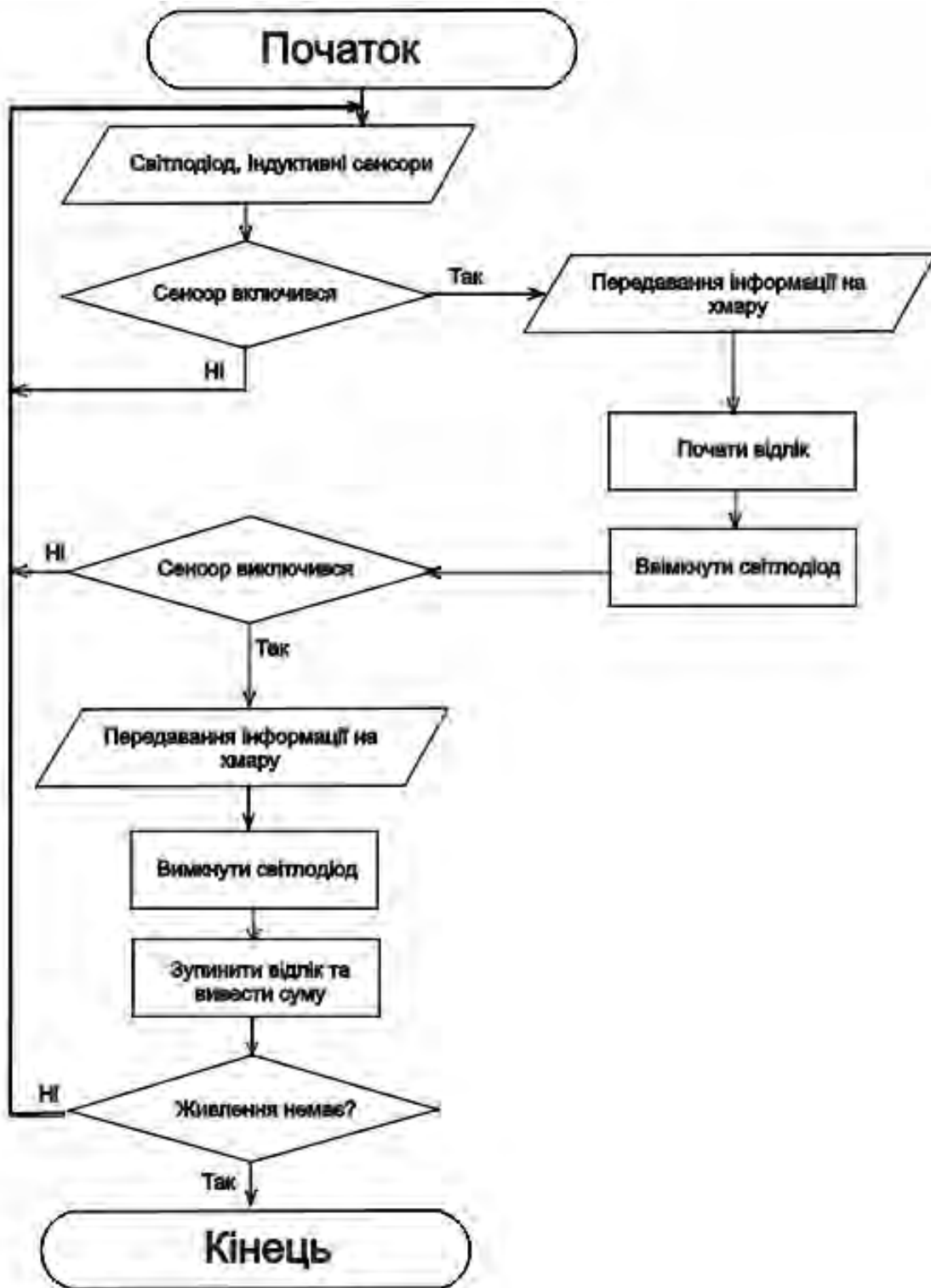
Поз познач	Найменування	Кіл	Примітка
	Конденсатори		
C1..C3	Керамічний SMD 10uF 10V Hitano	3	
	Мікросхеми		
DA1..DA8	PC817 Sharp Microelectronics	8	
DA9	LP38513 Texas Instruments	1	
DD1	ESP32-WROOM-32 USB Type-C CP2102 Espressif Systems	1	
	Резистори		
R1..R8	390 Ом 5% 0.25 Вт Xuliang	8	
R9..R16	3.3 кОм 5% 0.25 Вт Xuliang	8	
R17..R24	1 кОм 5% 0.25 Вт Xuliang	8	
R25	10 кОм 5% 0.25 Вт Xuliang	1	
R26	68 Ом 5% 0.25 Вт Xuliang	1	
R29..R35	68 Ом 5% 0.25 Вт Xuliang	7	
R27	2 кОм 1% 0.25 Вт Xuliang	1	
R28	357 Ом 1% 0.25 Вт Xuliang	1	
	Діоди		
VD1..VD8	Світлодіод індикаторний червоний 5 мм G-Nor	8	
	Комутаційні прилади		
SB1	Кнопка тактова 6x6 мм Daier	1	
	Роз'ємтя		
X1..X8	Індуктивний датчик наближення LJ12A3-4-Z/BU HURON	8	

КПТР.22085.01.14 ПЕЗ				
Зем	Арх	№ докум	Підпис	Дата
Розроб		Трахитчук	<i>[Підпис]</i>	
Перевір		Петрушак	<i>[Підпис]</i>	
Т. Контр		Степанюк	<i>[Підпис]</i>	
Н. Контр		Степанюк	<i>[Підпис]</i>	
Затверд		Підченко	<i>[Підпис]</i>	
Система моніторингу майданчика паркування автомобілів				
		Лист	Арх	Архив
			1	2
гр. TP2-22-1, ХНУ				

ДОДАТКИ

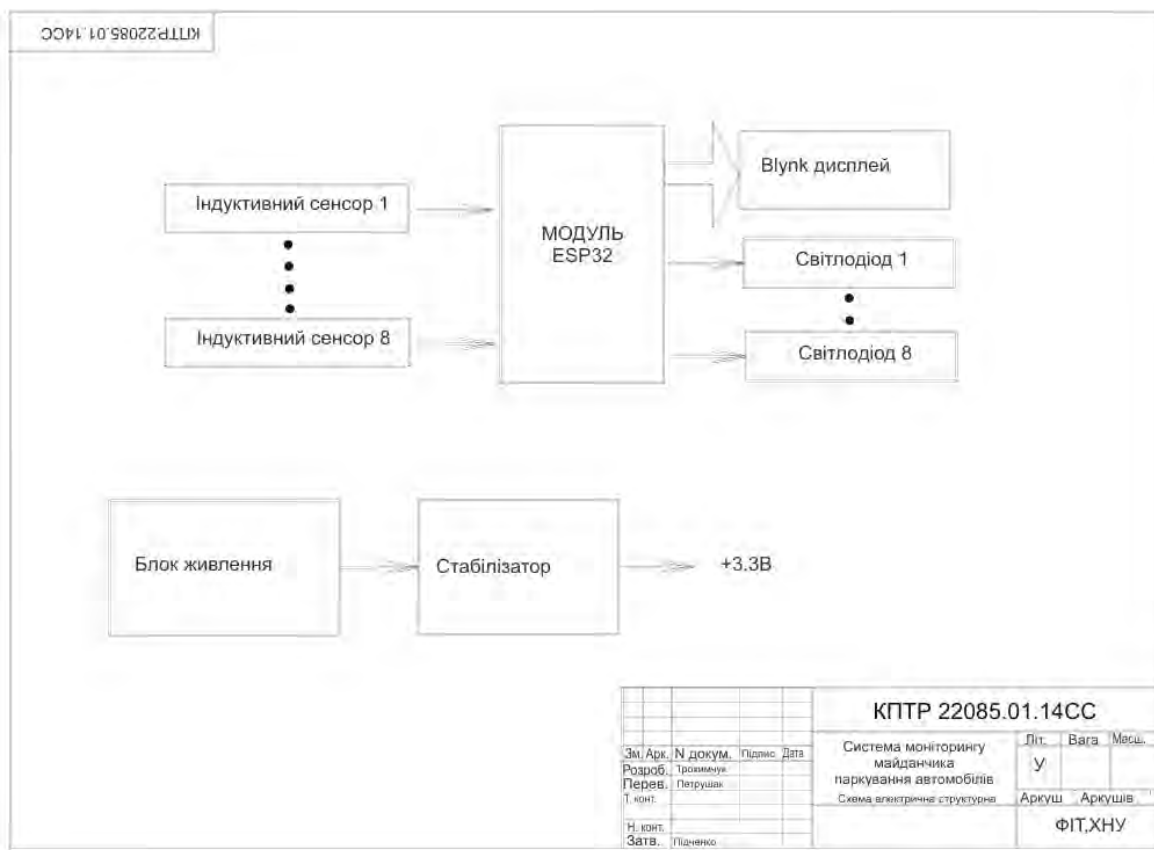
ДОДАТОК А

Алгоритм роботи автономної парковки



ДОДАТОК Б

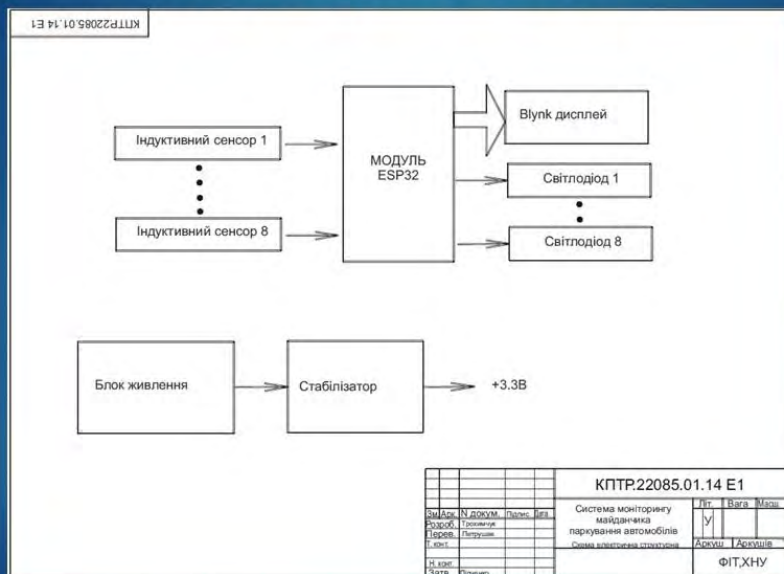
Структурна схема роботи автономної парковки



Система моніторингу майданчика паркування автомобілів

ВИКОНАВ СТ. ГР. ТР2-22-1
ТРОХИМЧУК МАКСИМ

Структурна схема



Алгоритм роботи

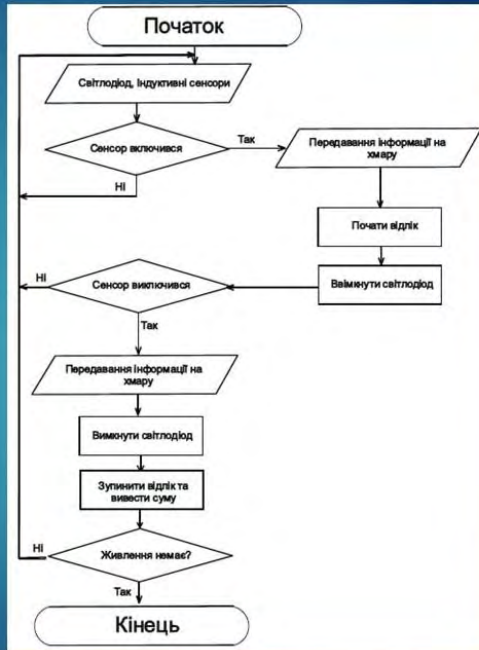
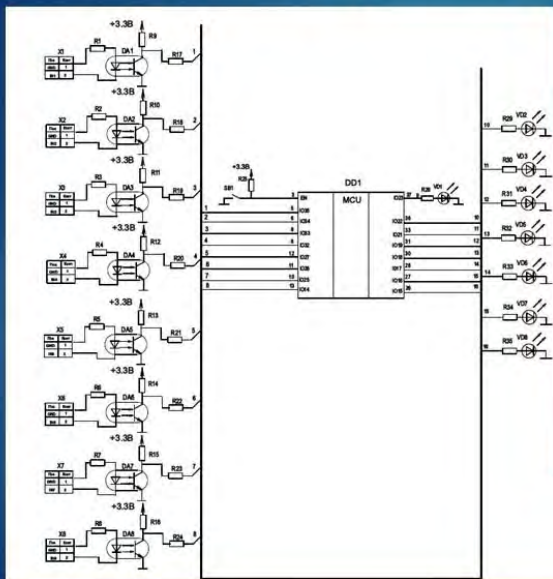
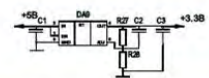


Схема електрична принципова



Мікросхема	DD1
+3.3В	2
0В	38



Вигляд інтерфейсу ДОДАТКА



Участь роботи у міжнародному конкурсі наукових робіт "Black Sea Science"



ВИСНОВОК:

У результаті виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було успішно розроблено та досліджено систему моніторингу майданчика паркування автомобілів на базі технології Інтернету речей (IoT). Виконано повний цикл проектування — від вибору елементної бази та розробки принципової електричної схеми до програмної реалізації та інтеграції з хмарним сервісом. Розроблена IoT-система є економічно доцільною, масштабованою та повністю відповідає поставленому технічному завданню. Вона дозволяє автоматизувати контроль за паркомісцями, знизити витрати на обслуговування та є готовою до впровадження на реальних об'єктах паркувальної інфраструктури.

Завідувачу кафедри телекомунікацій,
медійних та інтелектуальних технологій
д.т.н., професору ПІДЧЕНКУ Сергію
здобувача вищої освіти
Трохимчука Максима Ігоровича
ФІТ, гр. ТР2-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті, згідно з яким виявлення академічного плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту і застосування заходів академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання спеціалізованих програмних засобів (СПЗ) StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність академічного плагіату оповіщений. Надаю університету право на передачу мого кваліфікаційного проекту для обробки та збереження в базах даних СПЗ і використання роботи для виявлення академічного плагіату в інших роботах, які перевіряються СПЗ.

Також надаю свою згоду на обробку й збереження університетом мого кваліфікаційного проекту «Система моніторингу майданчика паркування автомобілів» в Інституційному репозитарії Хмельницького національного університету.

Робота надається для перевірки в електронному варіанті. Електронна версія мого кваліфікаційного проекту збігається (ідентична) з друкованою.

20 травня 2026 р.

 (підпис)

Anti-Plagiarism (<http://ap.km.ua>) v-16.718

Максимальне співпадіння з одним документом 5.0%

Словники перевірки: UA, US, RU. Помилки в документах: 15%

ID: 272259 Назва: Система моніторингу майданчика паркування автомобілів Додано в БД: 2026-05-25 Автора: Трохимчук Максим Ігорович Керівники: Петрушак Володимир Степанович Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	63128	538	5611 (9%)	76 (14%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Протокол аналізу звіту подібності науковим керівником

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Максим ТРОХИМЧУК_ТР2-22-1

Співавтор:

Назва: Система моніторингу майданчика паркування автомобілів

Науковий керівник: Володимир ПЕТРУШАК, к.т.н., доц

Підрозділ: Кафедра телекомунікацій, медійних та інтелектуальних технологій

Коефіцієнт подібності 1:26.31%

Коефіцієнт подібності 2:13.65%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 6

Дата створення звіту: 2026-05-26 01:42:21.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

Дата 26.05.2026р

експерт

 Олександр ПИВОВАР

РІШЕННЯ КАФЕДРИ
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ, МЕДИЦИНСЬКИХ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОГО ПРОЕКТУ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система моніторингу майданчика паркування автомобілів

Автор: Трохимчук Максим Ігорович

Спеціальність: 172 Телекомунікації та радіотехніка

Освітня програма: Телекомунікації та радіотехніка

Науковий керівник: к.т.н., доц. Петрушак Володимир Стенанович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом(далі-зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	<u>Відповідає</u>
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: Запозичення у розмірі 26,31%, виявлені в роботі відповідають тексту стандартних бланків, решта запозичень є випадковими, тому ці запозичення не є плагіатом, бо вони не стосуються практичної значущості роботи.

27. 05 .2026р.

Відповідальний за перевірку на плагіат
к.т.н., доц.

Гарбат О.П.

Зав.каф. ТМІТ
д.т.н., доц.

Нивовар О.С.

Стецюк В.І.

Підченко С.М.

ВІДГУК

на кваліфікаційний проект студента групи ТР2-22-1


Трохимчука Максима Ігоровича

«Система моніторингу майданчика паркування автомобілів»

Розроблена електронна система моніторингу майданчика паркування автомобілів базується на технології інтернет речей. Особливістю використання технології інтернет речей є можливість доступу до органів керування та сенсорів системи моніторингу майданчика паркування автомобілів з будь-якої відстані від автомобіля. Це дозволило зменшити кількість дротів та усунути необхідність у виносному пульті керування, оскільки інтерфейс пульта керування системою моніторингу майданчика паркування автомобілів доступний через додаток BLYNK IOT, що розташований на смартфоні.

Під час виконання кваліфікаційного проекту студент Трохимчук Максим Ігорович з належною наполегливістю віднісся до вирішення поставлених завдань, зарекомендував себе кваліфікованим спеціалістом в області телекомунікацій та радіотехніки з глибокими системними теоретичними знаннями та добрими практичними навичками.

В цілому кваліфікаційний проект Трохимчука Максима Ігоровича, «Система моніторингу майданчика паркування автомобілів» відповідає вимогам до кваліфікаційних проектів, заслуговує на оцінку «відмінно», а її автор – на присвоєння кваліфікаційного рівня бакалавр зі спеціальності 172 – «Телекомунікації та радіотехніка».

Науковий керівник к.т.н., доцент  (Володимир Петрушак)

« 8 » 06 2026 р.

Рецензія

1. Короткий зміст кваліфікаційного проєкту та прийнятих рішень

Кваліфікаційний проєкт «Система моніторингу майданчика паркування автомобілів» приєвчений розробці автоматизованої системи дистанційного контролю зайнятості паркомісць та обліку вартості послуг. Проєктом передбачено створення апаратно-програмного комплексу на базі мікроконтролера ESP32, який зчитує показники з індуктивних датчиків наближення, керує локальною світлодіодною індикацією та передає дані на хмарний сервер Blynk IoT.

2. Висновок про відповідність кваліфікаційного проєкту завданню

Зміст кваліфікаційного проєкту повністю відповідає завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу

У першому розділі проведено аналіз літературних та електронних джерел за темою проєкту. Виконано огляд і класифікацію існуючих рішень для автоматизації паркувальних майданчиків (зокрема комп'ютерного зору, ToF-камер, геомагнітних датчиків), здійснено їх порівняльний аналіз та обґрунтовано вибір базового прототипу.

У другому розділі обґрунтовано вибір технічного обладнання та розроблено загальну структурну схему системи. Детально розглянуто обрану апаратну платформу для розробки (ESP32), а також необхідні пристрої введення (індуктивні датчики) та виведення (світлодіоди, Blynk IoT).

У третьому розділі здійснено розрахунок та розробку електричної принципової схеми. Наведено детальні схеми підключення модуля ESP32, розрахунок елементів гальванічної розв'язки (оптронів) та стабілізатора напруги, а також проведено оцінку надійності розробленої апаратної частини системи.

У четвертому розділі описано розробку програмного забезпечення. Розглянуто особливості застосування хмарного сервісу Blynk IoT, розроблено алгоритм роботи системи, користувацький інтерфейс у мобільному додатку, а також написано програмний код для обробки даних від сенсорів та динамічного розрахунку вартості паркування.

4. Позитивні сторони кваліфікаційного проєкту

1. Проведено ґрунтовний огляд існуючих рішень для моніторингу паркомісць та систем на базі технологій IoT. Виділено їхні особливості, проаналізовано переваги та недоліки, що дозволило обґрунтовано обрати оптимальну архітектуру.

2. Розроблено структурну та електричну принципову схему системи на базі мікроконтролера ESP32. Здійснено вдалий підбір сучасної елементної бази (індуктивні датчики LJ12A3-4-Z/BY, оптрони для захисту входів мікроконтролера) та проведено фахову оцінку надійності (MTBF складає 9810 годин).

3. Успішно реалізовано програмну складову проєкту з інтеграцією у хмарний сервіс Blynk IoT. Розроблено надійний алгоритм збору й обробки даних від сенсорів, а також створено зручний мобільний додаток для віддаленого моніторингу статусу місць та ведення фінансового обліку (каси) в режимі реального часу.

5. Негативні сторони кваліфікаційного проєкту

Серед недоліків роботи можна відмітити недостатньо розгорнутий аналіз впливу агресивних кліматичних факторів на чутливість індуктивних датчиків під час тривалої експлуатації на відкритих паркінгах. Крім того, по текету пояснювальної записки зустрічаються окремі орфографічні помилки та русизми.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки кваліфікаційного проєкту

З точки зору оформлення кваліфікаційний проєкт представлений графічними кресленнями і пояснювальною запискою обсягом 60 сторінок (з додатками), складається з 4 головних розділів. Оформлення пояснювальної записки знаходиться на належному рівні, послідовність викладення матеріалу є логічною та зрозумілою. Крім того, робота оформлена з використанням сучасних засобів автоматизованого проєктування та документування, зокрема пакету MS Office.

7.Відгук про кваліфікаційний проєкт в цілому

Виконаний проєкт відповідає загальним вимогам, що пропонуються до кваліфікаційних проєктів бакалавра

8.Інші зауваження

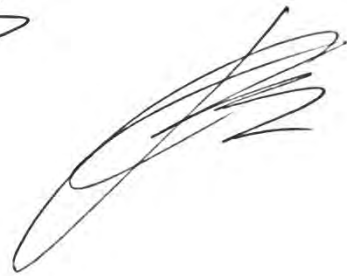
Немає

9.Оцінка кваліфікаційної роботи

Виконаний проєкт заслуговує оцінки "відмінно", а Трохимчук Максим Ігорович – присвоєння кваліфікації бакалавра зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

Рецензент *К. Т. Ч., доц. кафедри інформатики*

Мурер І.В



ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Трохимчук Максим Ігорович на захист кваліфікаційної роботи

(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 172 - Телекомунікації та радіотехніка

На тему: Система моніторингу майданчика паркування автомобілів

Кваліфікаційна робота, рецензія і довідка про перевірку на академічні запозичення додаються.

В.О. Декан факультету



Сергей Лосенко

(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Трохимчук М.І. з 2022 по 2025 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за:

національною шкалою: відмінно 65,22 %, добре 30,43 %, задовільно 4,35 %.

шкалою ЄКТС: А 65,22 %, В 17,39 %, С 13,04 %, D 4,35 %, Е 0,00 %.

Методист факультету

Тарасенко

(підпис)

Тарасенко Тарас

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Максим Трохимчук в ході виконання кваліфікаційного проекту, вумівся доповнити зображення з експерименту не повністю. Нормативними рисами кваліфікаційного проекту є системність та повнота викладання матеріалу, а також застосування прогресивного досвіду сфери використання технології інтернет речей в системі моніторингу майданчика паркування автомобілів

Оцінка кваліфікаційної роботи Відмінно

Керівник кваліфікаційної роботи

В.О. Лосенко

(підпис)

Сергей Лосенко

(ім'я, прізвище)

" 8 " 06

2026 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Кваліфікаційну роботу розглянуто. Студент Трохимчук М.І. допускається до її захисту на екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

ТНІТ

(назва)

Міщенко С.К.

(підпис, ім'я, прізвище)

" 8 " 06

2026 р.