

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ФАХОВИЙ БІЗНЕС-КОЛЕДЖ
Циклова комісія комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему
ТЕХНОЛОГІЇ ЗВ'ЯЗКУ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Виконав: студент групи 2К-22

Спеціальності

123 Комп'ютерна інженерія

Роман ВІЗАРКО

Керівник:

Дарина ЗЛОЧЕВСЬКА–КРАСНОЩОК

Черкаси 2026

ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ФАХОВИЙ БІЗНЕС-КОЛЕДЖ

Циклова комісія комп'ютерної інженерії та інформаційних технологій

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Освітня програма Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка циклової комісії КІ та ІТ

Наталя ФАЛЬЧЕНКО
(підпис)

« ____ » _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Візарку Роману Олеговичу

1. Тема кваліфікаційної роботи Технології зв'язку для систем автоматизації

Керівник роботи Злочевська–Краснощок Дарина Семенівна, викладач

затверджені наказом закладу вищої освіти від «06» жовтня 2025 року №84/1-у

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи 08.06.2026

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи : Нормативно-технічна література з питань автоматизації та технологій зв'язку, технічна документація на Arduino Uno, ESP8266 та L298N, матеріали щодо систем «Розумний будинок», засоби моделювання Tinkercad, сучасні технології бездротового зв'язку Wi-Fi.

4. Зміст кваліфікаційної роботи : Аналіз сучасних технологій зв'язку, дослідження систем автоматизації та керування віконними ролетами, проектування системи керування на базі Arduino Uno та ESP8266, висновки, список використаних джерел, додатки.

5. Дата видачі завдання 15.09.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	14.10.2025	
2	Розділ 1 Аналіз технологій зв'язку в системах автоматизації	09.12.2025	
3	Розділ 2 Проєктування системи управління віконними ролетами	10.03.2026	
4	Розділ 3 Реалізація, дослідження та аналіз результатів	28.04.2026	
5	Висновки	12.05.2026	
6	Оформлення кваліфікаційної роботи (чистовий варіант)	26.05.2026	
7	Перевірка кваліфікаційної роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів дозахисту)	02.06.2026	
8	Подання кваліфікаційної роботи на затвердження завідувачці циклової комісії (за 7 днів до захисту)	10.06.2026	

Студент

(підпис)

Роман ВІЗАРКО

Керівник роботи

_____ Дарина ЗЛОЧЕВСЬКА-КРАСНОЩОК
(підпис)

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі розглянуто сучасні технології зв'язку, які використовуються в системах автоматизації. Проведено аналіз проводових і бездротових технологій передачі даних, розглянуто їх особливості, переваги та сфери застосування. Досліджено основні протоколи обміну даними та можливості їх використання в автоматизованих системах.

У роботі виконано аналіз систем автоматизації та існуючих рішень для керування віконними ролетами. Розглянуто концепцію «Розумний будинок», особливості автоматизації віконних ролет та сучасні апаратні платформи для створення систем керування.

На основі проведеного аналізу розроблено систему керування віконними ролетами на базі мікроконтролера Arduino Uno та модуля бездротового зв'язку ESP8266. Визначено структуру системи, обґрунтовано вибір основних компонентів, розроблено схему електричних з'єднань та створено візуальну модель системи в середовищі Tinkercad.

Результати роботи можуть бути використані під час вивчення сучасних технологій автоматизації та розробки систем керування побутового призначення.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЇ ЗВ'ЯЗКУ, ARDUINO UNO, ESP8266, WI-FI, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, ВІКОННІ РОЛЕТИ, БЕЗДРОТОВІ МЕРЕЖІ.

ABSTRACT

This qualification work examines modern communication technologies used in automation systems. An analysis of wired and wireless data transmission technologies was carried out, and their features, advantages, and fields of application were considered. The main data exchange protocols and the possibilities of their use in automated systems were also studied.

The work includes an analysis of automation systems and existing solutions for window blind control. The concept of a Smart Home, the features of window blind automation, and modern hardware platforms for building control systems were reviewed.

Based on the conducted analysis, a window blind control system was developed using the Arduino Uno microcontroller and the ESP8266 wireless communication module. The structure of the system was defined, the choice of the main components was justified, an electrical connection diagram was developed, and a visual model of the system was created in the Tinkercad environment.

The results of this work can be used for studying modern automation technologies and for the development of home automation control systems.

KEYWORDS: AUTOMATION, COMMUNICATION TECHNOLOGIES, ARDUINO UNO, ESP8266, WI-FI, SMART HOME, WINDOW BLINDS, WIRELESS NETWORKS.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

RS-232 (Recommended Standard 232) – застарілий, але широко використовуваний стандарт послідовної передачі даних між терміналами та комунікаційним обладнанням на малі відстані.

RS-485 (Recommended Standard 485) – промисловий стандарт послідовного інтерфейсу для організації двопровідних диференціальних ліній зв'язку на великі відстані за топологією «шина».

CAN (Controller Area Network) – промисловий протокол та шина зв'язку, орієнтована на побудову високонадійних розподілених мереж реального часу у транспортній та промисловій автоматизації.

Ethernet (IEEE 802.3) – базова технологія пакетної передачі даних для організації локальних комп'ютерних мереж (LAN) за допомогою дротового підключення.

Modbus (TCP/RTU) – відкритий промисловий протокол прикладного рівня для комунікації пристроїв за архітектурою «провідний-ведений» (Master-Slave) через послідовні лінії (RTU) або мережі Ethernet (TCP).

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) – легковажний асинхронний протокол передачі даних, що працює за архітектурою «видавець-підписник» в інфраструктурі Інтернету речей.

WebSocket – протокол безперервного повнодуплексного двостороннього зв'язку між клієнтом (браузером) та сервером через одне TCP-з'єднання у реальному часі.

Wi-Fi (Wireless Fidelity / IEEE 802.11) – технологія організації бездротових локальних комп'ютерних мереж високошвидкісного доступу на базі радіоканалів.

ZigBee (IEEE 802.15.4) – протокол безперервного бездротового зв'язку з низьким енергоспоживанням, орієнтований на побудову самоорганізованих коміркових мереж (Mesh) у системах автоматизації.

Z-Wave – пропрієтарний бездротовий протокол зв'язку на субгігагерцових частотах, оптимізований для надійної домашньої автоматизації та систем «Розумного будинку».

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) – енергоефективний протокол бездротових мереж великого радіуса дії (LPWAN) для передачі малих обсягів даних від автономних IoT-сенсорів.

NB-IoT (NarrowBand Internet of Things) – стандарт стільникового зв'язку вузького діапазону, оптимізований для підключення великої кількості автономних IoT-пристроїв з низьким енергоспоживанням.

BLE (Bluetooth Low Energy) – технологія короткодистанційного бездротового радіозв'язку з суттєво зниженим енерговитрачанням для підключення мобільних та портативних пристроїв.

NFC (Near Field Communication) – технологія бездротового високочастотного зв'язку малого радіуса дії (до 10 см) для захищеного обміну даними між пристроями.

ESP8266 – популярний високоінтегрований 32-бітний мікроконтролер виробництва компанії Espressif Systems із вбудованим апаратним Wi-Fi інтерфейсом.

ESP32 – сучасний високоефективний одно- або двоядерний 32-бітний мікроконтролер із вбудованими модулями Wi-Fi та Bluetooth (включаючи BLE).

ШИМ (Широтно-імпульсна модуляція) / PWM (Pulse-Width Modulation) – спосіб керування аналоговим навантаженням шляхом зміни шпаруватості високочастотних цифрових імпульсів постійної амплітуди.

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) – універсальний асинхронний приймач-передавач; апаратний вузол для реалізації послідовної передачі даних між мікроконтролерами та периферією.

ПЛК (Програмований логічний контролер) / PLC (Programmable Logic Controller) – промисловий комп'ютер, що використовується для автоматизації технологічних процесів у режимі жорсткого реального часу.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	5
1.1 Класифікація технологій зв'язку в автоматизації	5
1.2 Дротові технології передачі даних у системах автоматизації	7
1.3 Бездротові технології передачі даних.....	9
1.4 Протоколи обміну даними в автоматизованих системах	12
1.5 Порівняльний аналіз сучасних технологій зв'язку	15
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РІШЕНЬ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВІКОННИМИ РОЛЕТАМИ.....	19
2.1 Концепція систем «Розумний будинок»	19
2.2. Автоматизація віконних ролет у сучасних будівлях	21
2.3. Аналіз існуючих систем керування віконними ролетами	23
2.4. Аналіз апаратних платформ для автоматизації	26
2.5 Вибір елементної бази для розробки системи	29
РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВІКОННИМИ РОЛЕТАМИ	33
3.1. Загальна структура системи	33
3.2 Вибір та характеристика основних компонентів системи.....	35
3.3 Схема електричних з'єднань системи	36
3.4 Візуальна модель системи	37
3.5 Переваги та перспективи розвитку системи	38
ВИСНОВКИ.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44
ДОДАТКИ.....	46

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку інформаційних технологій все більшого поширення набувають системи автоматизації, які застосовуються як у промисловості, так і в побуті. Одним із перспективних напрямків є створення систем «Розумний будинок», що забезпечують автоматичне керування різними пристроями та підвищують комфорт користувачів.

Важливим елементом таких систем є автоматизація керування віконними ролетами. Використання автоматизованих ролет дозволяє регулювати рівень освітлення приміщення, покращувати енергоефективність будівлі та забезпечувати зручність керування. Для реалізації подібних систем широко використовуються сучасні бездротові технології зв'язку та мікроконтролерні платформи.

Актуальність теми полягає у необхідності створення доступних та ефективних засобів автоматизації побутових процесів із використанням сучасних технологій передачі даних. Застосування бездротового зв'язку дозволяє спростити монтаж обладнання та забезпечити дистанційне керування системою.

Метою роботи є розробка системи автоматизації керування віконними ролетами на базі мікроконтролера Arduino Uno з використанням бездротових технологій зв'язку.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасні технології зв'язку в системах автоматизації;
- дослідити особливості використання бездротових технологій передачі даних;
- виконати аналіз існуючих систем керування віконними ролетами;
- обґрунтувати вибір елементної бази;
- розробити структурну та функціональну схеми системи;
- описати принцип роботи розробленої системи.

Об'єкт дослідження – процес автоматизованого керування віконними ролетами.

Предмет дослідження – технології зв'язку та технічні засоби побудови систем автоматизації керування віконними ролетами.

Практичне значення роботи полягає у розробці системи, яка може бути використана як складова системи «Розумний будинок» та як навчальний проєкт для вивчення сучасних засобів автоматизації.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗВ'ЯЗКУ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Класифікація технологій зв'язку в автоматизації

Сучасні системи автоматизації базуються на постійному обміні інформацією між різними пристроями, такими як датчики, контролери, виконавчі механізми та засоби керування. Для забезпечення надійної взаємодії між цими компонентами використовуються різноманітні технології зв'язку, які відрізняються принципом роботи, швидкістю передачі даних, дальністю дії та сферою застосування.

Технології зв'язку в системах автоматизації можна класифікувати за кількома основними ознаками. Найпоширенішою є класифікація за способом передачі даних, відповідно до якої технології поділяються на дротові та бездротові.

Дротові технології зв'язку передбачають передачу інформації за допомогою кабельних ліній. До найбільш поширених провідових рішень належать RS-232, RS-485, CAN, Modbus RTU та Ethernet. Такі технології широко використовуються в промисловій автоматизації завдяки високій надійності, стабільності роботи та стійкості до електромагнітних перешкод. Крім того, вони забезпечують безпечний обмін даними та можуть використовуватися на значних відстанях. Разом з тим необхідність прокладання кабельних мереж збільшує вартість монтажу та ускладнює модернізацію системи.

Бездротові технології зв'язку забезпечують передачу інформації без використання фізичних каналів передачі даних. Для цього застосовуються радіохвилі різних частотних діапазонів. До найбільш поширених бездротових технологій належать Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, LoRaWAN та NB-IoT. Головними перевагами бездротових рішень є простота встановлення, можливість швидкого розгортання мережі та зручність інтеграції мобільних пристроїв. Такі технології активно використовуються в системах «Розумного

будинку», де важливими є дистанційне керування обладнанням та мінімізація монтажних робіт.

За топологією мережі технології зв'язку поділяються на мережі типу «зірка», «шина», «кільце» та Mesh-мережі. Топологія «зірка» передбачає наявність центрального вузла, через який здійснюється обмін інформацією між усіма пристроями. Вона є однією з найпоширеніших завдяки простоті налаштування та обслуговування. Топологія «шина» використовує спільний канал передачі даних для всіх пристроїв мережі. Кільцева топологія забезпечує передачу інформації між вузлами по замкненому контуру. Mesh-мережі характеризуються можливістю кожного вузла передавати інформацію іншим вузлам, що підвищує надійність та відмовостійкість системи.

Ще однією важливою ознакою класифікації є дальність передачі даних. Для передачі інформації на невеликі відстані використовуються Bluetooth та NFC. Для середніх відстаней застосовуються Wi-Fi та ZigBee. Якщо необхідно забезпечити зв'язок на великій території, використовуються технології LoRaWAN або NB-IoT, які дозволяють передавати дані на відстані кількох кілометрів.

Технології зв'язку також відрізняються за швидкістю передачі даних(див. табл. 1.1). Високу швидкість забезпечують Ethernet та Wi-Fi, що дозволяє використовувати їх для передачі великих обсягів інформації. ZigBee та LoRaWAN мають меншу швидкість передачі, проте характеризуються низьким енергоспоживанням і можуть використовуватися в автономних системах протягом тривалого часу.

Таблиця 1.1 – Основні технології зв'язку в системах автоматизації

Технологія	Тип	Дальність дії	Швидкість передачі
RS-485	Дротова	до 1200 м	до 10 Мбіт/с
Ethernet	Дротова	до 100 м	до 1 Гбіт/с
Wi-Fi	Бездротова	до 100 м	до 600 Мбіт/с
Bluetooth	Бездротова	до 10 м	до 3 Мбіт/с
ZigBee	Бездротова	до 100 м	до 250 Кбіт/с
LoRaWAN	Бездротова	до 15 км	до 50 Кбіт/с

У сучасних системах автоматизації вибір технології зв'язку залежить від багатьох факторів, серед яких дальність передачі даних, вимоги до швидкодії, умови експлуатації, енергоспоживання та економічна доцільність. Для побутових систем автоматизації найбільшого поширення набули бездротові технології, оскільки вони забезпечують зручне дистанційне керування та просту інтеграцію в існуючу мережеву інфраструктуру.

1.2 Дротові технології передачі даних у системах автоматизації

Дротові технології передачі даних є одними з найпоширеніших засобів організації зв'язку в автоматизованих системах. Вони використовуються для обміну інформацією між датчиками, контролерами, виконавчими механізмами та іншими пристроями. Основними перевагами провідних технологій є висока надійність передачі даних, стійкість до електромагнітних завад, стабільність роботи та можливість функціонування в складних промислових умовах.

Однією з найвідоміших технологій є інтерфейс RS-232, який тривалий час використовувався для підключення різноманітного обладнання до персональних комп'ютерів і контролерів. Незважаючи на простоту реалізації, дана технологія має обмеження щодо дальності передачі даних та кількості підключених пристроїв, тому сьогодні її використання поступово скорочується.

Більш сучасним рішенням є інтерфейс RS-485, який забезпечує передачу даних на відстань до 1200 метрів та підтримує одночасне підключення великої кількості пристроїв. Завдяки високій завадостійкості RS-485 широко застосовується у промисловій автоматизації, системах диспетчеризації та охоронних комплексах.

Важливе місце серед провідних технологій займає мережа CAN (Controller Area Network). Вона була розроблена для автомобільної промисловості, але згодом почала активно використовуватися в промислових

системах керування. CAN забезпечує високу швидкість передачі даних, надійність та автоматичне виявлення помилок під час обміну інформацією.

Широкого поширення набула технологія Ethernet, яка використовується як у локальних комп'ютерних мережах, так і в сучасних системах автоматизації. Головною перевагою Ethernet є висока швидкість передачі даних та можливість інтеграції обладнання в єдину мережеву інфраструктуру. На базі Ethernet функціонують багато сучасних промислових протоколів, зокрема Modbus TCP та Profinet.

Для організації обміну даними між промисловими пристроями часто використовується протокол Modbus. Його популярність пояснюється простотою реалізації, відкритою архітектурою та широкою підтримкою виробниками обладнання. Протокол може працювати як через інтерфейс RS-485, так і через мережу Ethernet.

Дротові технології забезпечують високий рівень інформаційної безпеки, оскільки доступ до мережі потребує фізичного підключення до лінії зв'язку. Це зменшує ризик несанкціонованого доступу та втрати даних. Крім того, такі мережі характеризуються мінімальними затримками передачі інформації, що є важливим для систем реального часу.

Разом з перевагами дротові технології мають певні недоліки (див. табл. 2.2). Основним з них є необхідність прокладання кабельних ліній, що збільшує вартість монтажу та обслуговування системи. Також розширення мережі або перенесення обладнання часто потребує додаткових робіт із модернізації кабельної інфраструктури.

Таблиця 1.2 – Характеристика основних проводових технологій

Технологія	Максимальна відстань	Швидкість передачі	Основна сфера застосування
RS-232	до 15 м	до 115 Кбіт/с	Підключення периферійних пристроїв
RS-485	до 1200 м	до 10 Мбіт/с	Промислова автоматизація
CAN	до 1000 м	до 1 Мбіт/с	Автомобільні та промислові системи
Ethernet	до 100 м	до 1 Гбіт/с і більше	Комп'ютерні мережі та автоматизація
Modbus RTU	до 1200 м	до 115 Кбіт/с	Системи керування та моніторингу

Незважаючи на розвиток бездротових технологій, дротові рішення залишаються основою багатьох промислових систем автоматизації завдяки високій надійності та стабільності роботи. Вони використовуються там, де критично важливими є безперервність зв'язку, швидкість передачі даних та захист від зовнішніх впливів.

1.3 Бездротові технології передачі даних

Бездротові технології передачі даних відіграють важливу роль у сучасних системах автоматизації та керування. Їх використання дозволяє забезпечити обмін інформацією між пристроями без застосування кабельних ліній зв'язку. Завдяки цьому значно спрощується процес монтажу обладнання, зменшуються витрати на встановлення системи та підвищується гнучкість її подальшої модернізації. Саме тому бездротові технології набули широкого поширення в системах «Розумний будинок», Інтернеті речей (IoT), системах безпеки, енергомоніторингу та автоматизованого керування різноманітними пристроями.

На відміну від проводових систем, де передача інформації здійснюється через кабельні мережі, бездротові технології використовують електромагнітні хвилі. Передавання даних може відбуватися за допомогою радіосигналів, мобільних мереж або спеціалізованих бездротових протоколів. Вибір конкретної технології залежить від вимог до швидкості передачі даних, дальності зв'язку, енергоспоживання та умов експлуатації.

Однією з найпоширеніших бездротових технологій є Wi-Fi. Вона використовується для організації локальних комп'ютерних мереж і забезпечує високошвидкісний обмін інформацією між пристроями. Основною перевагою Wi-Fi є можливість підключення великої кількості пристроїв до єдиної мережі та доступ до Інтернету. У системах автоматизації Wi-Fi дозволяє здійснювати дистанційне керування обладнанням через смартфони, планшети або персональні комп'ютери. Крім того, ця технологія підтримується більшістю

сучасних пристроїв, що робить її зручною для використання в побутових системах автоматизації.

Для реалізації бездротового зв'язку на базі Wi-Fi часто використовуються модулі ESP8266 та ESP32. Вони мають вбудований мережевий контролер і дозволяють створювати пристрої Інтернету речей з мінімальними фінансовими витратами. Завдяки цьому Wi-Fi став одним із найбільш популярних рішень для систем «Розумного будинку».

Ще однією поширеною технологією є Bluetooth. Вона призначена для обміну даними на невеликих відстанях і характеризується низьким енергоспоживанням. Bluetooth використовується для підключення навушників, клавіатур, мишок, датчиків та інших периферійних пристроїв. У системах автоматизації ця технологія дозволяє організувати локальне керування обладнанням за допомогою мобільних пристроїв. Незважаючи на простоту використання, Bluetooth має обмежену дальність зв'язку, що дещо зменшує сферу його застосування.

Для створення енергоефективних мереж автоматизації широко застосовується технологія ZigBee. Вона спеціально розроблена для роботи з датчиками та пристроями, які повинні функціонувати тривалий час від автономних джерел живлення. ZigBee підтримує побудову Mesh-мереж, у яких кожен вузол може передавати інформацію іншим вузлам мережі. Завдяки цьому забезпечується висока надійність зв'язку та можливість охоплення значних територій без використання потужних передавачів.

Особливе місце серед сучасних бездротових технологій займає LoRaWAN. Її головною перевагою є можливість передачі даних на відстані до декількох кілометрів при дуже низькому енергоспоживанні. LoRaWAN широко використовується в системах моніторингу навколишнього середовища, сільському господарстві, міській інфраструктурі та інших сферах, де необхідно забезпечити зв'язок між віддаленими об'єктами.

Перспективною технологією також є NB-IoT (Narrowband Internet of Things), яка базується на використанні мереж мобільного зв'язку. Дана

технологія забезпечує стабільну передачу даних навіть у місцях зі складними умовами прийому сигналу. NB-IoT активно використовується для дистанційного збору інформації з лічильників, датчиків та інших пристроїв Інтернету речей.

Незважаючи на значну кількість переваг, бездротові технології мають певні недоліки (див. табл.1.3). Якість зв'язку може залежати від відстані між пристроями, наявності перешкод та рівня електромагнітних завад. Крім того, бездротові мережі потребують додаткових засобів захисту для запобігання несанкціонованому доступу до інформації. Саме тому питання інформаційної безпеки є одним із важливих аспектів під час проектування сучасних систем автоматизації.

Таблиця 1.3 – Порівняльна характеристика бездротових технологій

Технологія	Дальність дії	Швидкість передачі	Енергоспоживання	Основна сфера застосування
Wi-Fi	до 100 м	до 600 Мбіт/с	високе	Розумний будинок, локальні мережі
Bluetooth	до 10 м	до 3 Мбіт/с	низьке	Периферійні пристрої
ZigBee	до 100 м	до 250 Кбіт/с	дуже низьке	Сенсорні мережі
LoRaWAN	до 15 км	до 50 Кбіт/с	дуже низьке	Віддалений моніторинг
NB-IoT	до 10 км і більше	до 250 Кбіт/с	низьке	Інтернет речей (IoT)

Для системи автоматизації керування віконними ролетами, яка розробляється в даній роботі, найбільш доцільним є використання технології Wi-Fi. Це пояснюється широкою доступністю обладнання, високою швидкістю передачі даних, простотою інтеграції з мобільними пристроями та можливістю дистанційного керування через локальну мережу або Інтернет. Використання Wi-Fi також дозволяє легко інтегрувати систему до складу комплексу «Розумний будинок» та забезпечити зручне керування обладнанням для користувача.

1.4 Протоколи обміну даними в автоматизованих системах

Ефективна робота сучасних систем автоматизації значною мірою залежить від організації обміну інформацією між окремими пристроями. Для забезпечення взаємодії між датчиками, контролерами, виконавчими механізмами та засобами керування використовуються спеціальні протоколи обміну даними. Вони визначають правила передавання, приймання та обробки інформації, забезпечуючи сумісність обладнання різних виробників і стабільність функціонування системи.

Протокол обміну даними являє собою набір правил і стандартів, які регламентують формат повідомлень, порядок встановлення з'єднання, способи контролю помилок та механізми передачі інформації між пристроями. Використання стандартизованих протоколів дозволяє створювати масштабовані системи автоматизації та забезпечувати їх подальший розвиток без необхідності повної заміни обладнання.

Одним із найпоширеніших протоколів у промисловій автоматизації є Modbus. Він був розроблений компанією Modicon ще у 1979 році та досі активно використовується в різних галузях. Протокол характеризується простотою реалізації, відкритою архітектурою та широкою підтримкою виробниками обладнання. Modbus може працювати через інтерфейси RS-232, RS-485 або Ethernet. Його часто застосовують для зв'язку між програмованими логічними контролерами, датчиками та системами диспетчеризації.

Для мереж на основі Ethernet використовується протокол Modbus TCP. Він є розвитком класичного Modbus та дозволяє здійснювати обмін даними через локальні комп'ютерні мережі. Використання Ethernet значно підвищує швидкість передачі інформації та спрощує інтеграцію автоматизованих систем у корпоративну мережеву інфраструктуру.

У системах Інтернету речей та побутової автоматизації широкого поширення набув протокол MQTT (Message Queuing Telemetry Transport). Він був спеціально розроблений для пристроїв з обмеженими ресурсами та нестабільними каналами зв'язку. MQTT працює за принципом «видавець-

підписник», коли пристрої надсилають повідомлення на спеціальний сервер (брокер), а інші пристрої отримують ці повідомлення відповідно до налаштованих тем підписки.

Основною перевагою MQTT є мінімальний обсяг службової інформації, що дозволяє зменшити навантаження на мережу та скоротити енергоспоживання пристроїв. Завдяки цьому протокол широко використовується в системах «Розумного будинку», моніторингу навколишнього середовища та інших IoT-рішеннях.

Для взаємодії користувача з автоматизованими системами часто застосовується протокол HTTP (HyperText Transfer Protocol). Саме він використовується для роботи веб-сайтів і веб-додатків. У системах автоматизації HTTP дозволяє створювати веб-інтерфейси для керування обладнанням через браузер. Такий підхід забезпечує простий доступ до функцій системи без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення.

Проте HTTP має певні недоліки, зокрема значний обсяг службових даних та необхідність повторного встановлення з'єднання для кожного запиту. Через це в сучасних системах автоматизації його часто використовують разом із більш спеціалізованими протоколами.

Ще одним поширеним протоколом є WebSocket. Його головною особливістю є можливість підтримувати постійне двостороннє з'єднання між клієнтом і сервером. Завдяки цьому забезпечується швидкий обмін інформацією в режимі реального часу. WebSocket активно використовується в системах моніторингу та дистанційного керування обладнанням.

У промислових мережах також використовуються спеціалізовані протоколи Profibus, Profinet, EtherCAT та CANopen. Вони забезпечують високу швидкість передачі даних, синхронізацію роботи обладнання та підтримку складних виробничих процесів. Такі протоколи застосовуються на підприємствах, де висувуються підвищені вимоги до надійності та швидкодії систем автоматизації.

Під час вибору протоколу обміну даними необхідно враховувати особливості конкретної системи. Важливими критеріями є швидкість передачі даних, надійність роботи, складність реалізації, сумісність обладнання та рівень інформаційної безпеки. Для побутових систем автоматизації найчастіше використовуються MQTT та HTTP, оскільки вони легко реалізуються на сучасних мікроконтролерних платформах та забезпечують достатню функціональність.

У системі автоматизації керування віконними ролетами, яка розглядається в даній роботі, можуть використовуватися протоколи HTTP та MQTT. HTTP забезпечує створення зручного інтерфейсу керування через браузер, а MQTT дозволяє організувати швидкий та ефективний обмін даними між пристроями системи(див. табл.1.4).

Таблиця 1.4 – Порівняння основних протоколів обміну даними

Протокол	Тип мережі	Особливості	Сфера застосування
Modbus RTU	RS-485	Простота реалізації	Промислова автоматизація
Modbus TCP	Ethernet	Висока швидкість	Промислові мережі
MQTT	TCP/IP	Низьке навантаження на мережу	IoT, Smart Home
HTTP	TCP/IP	Простий веб-доступ	Веб-інтерфейси керування
WebSocket	TCP/IP	Робота в реальному часі	Моніторинг та керування
CANopen	CAN	Висока надійність	Промислові та транспортні системи

Проведений аналіз показує, що вибір протоколу обміну даними є важливим етапом під час проєктування автоматизованих систем. Від правильності вибору залежить швидкість роботи, надійність функціонування та можливість подальшого розширення системи. Для побутових систем автоматизації найбільш доцільним є використання протоколів MQTT та HTTP, які забезпечують зручність керування, сумісність із сучасними мережами та простоту реалізації на базі мікроконтролерних платформ.

1.5 Порівняльний аналіз сучасних технологій зв'язку

Сучасні системи автоматизації використовують широкий спектр технологій зв'язку, кожна з яких має власні технічні характеристики, переваги та недоліки. Вибір конкретної технології залежить від призначення системи, необхідної швидкості передачі даних, дальності зв'язку, енергоспоживання та умов експлуатації обладнання. Тому для розробки ефективної системи автоматизації важливо провести порівняльний аналіз найбільш поширених технологій передачі даних.

Дротові технології традиційно використовуються в промислових системах автоматизації. Вони забезпечують високу надійність передачі інформації та мінімальний вплив зовнішніх перешкод. Особливо це стосується інтерфейсів RS-485, CAN та Ethernet. Такі технології дозволяють створювати стабільні мережі зв'язку, які можуть функціонувати протягом тривалого часу без втрати даних. Проте необхідність прокладання кабелів збільшує складність монтажу та вартість реалізації системи.

Бездротові технології, навпаки, характеризуються простотою встановлення та високою гнучкістю використання. Вони дозволяють швидко розгортати мережі без додаткових монтажних робіт та забезпечують можливість дистанційного керування обладнанням. Найбільш популярними серед них є Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee та LoRaWAN. Кожна з цих технологій орієнтована на виконання певних завдань і має свої особливості.

Технологія Wi-Fi забезпечує одну з найвищих швидкостей передачі даних серед бездротових рішень. Вона підтримується більшістю сучасних мобільних пристроїв та мережевого обладнання, що робить її зручною для використання в системах «Розумного будинку». Завдяки можливості підключення до мережі Інтернет користувач може здійснювати керування обладнанням з будь-якого місця. Недоліком Wi-Fi є відносно високе енергоспоживання порівняно з іншими бездротовими технологіями.

Bluetooth використовується переважно для зв'язку на невеликих відстанях. Основною його перевагою є низьке енергоспоживання, що дозволяє

використовувати автономні пристрої протягом тривалого часу. Однак обмежена дальність дії значно звужує сферу застосування цієї технології в системах автоматизації будівель.

Технологія ZigBee створювалася спеціально для автоматизованих систем та пристроїв Інтернету речей. Вона характеризується низьким енергоспоживанням і підтримкою Mesh-мереж, які забезпечують високу відмовостійкість системи. ZigBee широко використовується в датчиках, системах освітлення та інших пристроях, де не потрібна висока швидкість передачі даних.

LoRaWAN суттєво відрізняється від інших технологій завдяки великій дальності зв'язку. Вона дозволяє передавати інформацію на відстані кількох кілометрів навіть при мінімальному енергоспоживанні. Проте швидкість передачі даних у таких мережах є значно меншою, ніж у Wi-Fi або Ethernet.

Порівнюючи дротові та бездротові технології, можна зробити висновок, що кожна з них має власну сферу застосування. Дротові мережі доцільно використовувати на промислових об'єктах, де критично важливими є стабільність та безперервність роботи. Бездротові технології є більш ефективними для побутових систем автоматизації, де пріоритетом є простота встановлення та можливість дистанційного керування.

Для системи автоматизації керування віконними ролетами особливе значення мають швидкість передачі команд, простота інтеграції зі смартфонами та можливість роботи через мережу Інтернет. З огляду на ці вимоги найбільш доцільним є використання технології Wi-Fi(див.табл.1.5). Вона забезпечує достатню швидкість обміну даними, широку підтримку сучасними пристроями та не потребує спеціалізованого обладнання для взаємодії з користувачем.

Таблиця 1.5 – Переваги та недоліки основних технологій зв'язку

Технологія	Переваги	Недоліки
RS-485	Надійність, велика дальність	Необхідність кабелів
Ethernet	Висока швидкість	Обмежена довжина лінії
Wi-Fi	Дистанційне керування, доступність	Високе енергоспоживання
Bluetooth	Простота використання	Мала дальність
ZigBee	Низьке енергоспоживання	Невисока швидкість
LoRaWAN	Дуже велика дальність	Низька швидкість передачі

Таким чином, проведений порівняльний аналіз показав, що для побутових систем автоматизації найбільш ефективними є бездротові технології передачі даних. Серед розглянутих варіантів саме Wi-Fi найбільш повно відповідає вимогам, які висуваються до системи автоматизації керування віконними ролетами.

Висновки до розділу 1

У першому розділі було розглянуто основні технології зв'язку, які використовуються в сучасних системах автоматизації. Проведено класифікацію технологій передачі даних та визначено їх основні особливості, переваги і недоліки. Встановлено, що вибір технології зв'язку залежить від вимог до швидкості передачі даних, дальності зв'язку, надійності роботи та умов експлуатації системи.

Було проаналізовано дротові технології передачі даних, зокрема RS-232, RS-485, CAN, Ethernet та Modbus. Визначено, що вони характеризуються високою надійністю, стабільністю роботи та стійкістю до зовнішніх впливів, що робить їх ефективними для використання в промислових системах автоматизації.

Також розглянуто основні бездротові технології передачі даних, серед яких Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, LoRaWAN та NB-IoT. Встановлено, що бездротові рішення забезпечують простоту монтажу, гнучкість використання та можливість дистанційного керування обладнанням. Саме ці переваги

сприяють їх широкому застосуванню в системах «Розумний будинок» та Інтернеті речей.

Окрему увагу приділено протоколам обміну даними, які забезпечують взаємодію між пристроями автоматизованих систем. Розглянуто особливості протоколів Modbus, MQTT, HTTP, WebSocket та CANopen. Проведений аналіз показав, що для побутових систем автоматизації найбільш доцільним є використання протоколів MQTT та HTTP завдяки простоті реалізації, сумісності із сучасними мережами та можливості організації дистанційного керування.

За результатами проведеного дослідження встановлено, що для системи автоматизації керування віконними ролетами найбільш доцільним є використання бездротової технології Wi-Fi. Дана технологія забезпечує достатню швидкість передачі даних, простоту інтеграції з мобільними пристроями та можливість підключення до мережі Інтернет. Отримані результати створюють теоретичну основу для подальшого аналізу існуючих систем автоматизації та проєктування власної системи керування віконними ролетами.

РОЗДІЛ 2

АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА РІШЕНЬ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ВІКОННИМИ РОЛЕТАМИ

2.1 Концепція систем «Розумний будинок»

Стрімкий розвиток інформаційних технологій сприяв появі сучасних автоматизованих систем керування житловими та комерційними будівлями. Одним із найбільш перспективних напрямків є концепція «Розумний будинок» (Smart Home), яка передбачає інтеграцію різноманітних технічних засобів у єдину систему керування. Основною метою таких систем є підвищення рівня комфорту, безпеки та енергоефективності будівлі шляхом автоматизації повсякденних процесів.

Система «Розумний будинок» являє собою комплекс програмних та апаратних засобів, що забезпечують автоматичний контроль і керування різними пристроями. До складу таких систем можуть входити освітлення, опалення, вентиляція, кондиціонування, системи відеоспостереження, охоронна сигналізація, електропостачання та інші інженерні підсистеми. Робота всіх елементів координується центральним контролером або мережею взаємопов'язаних пристроїв.

Основним принципом функціонування системи «Розумний будинок» є збір інформації від датчиків, її обробка та формування відповідних керуючих команд для виконавчих пристроїв. Наприклад, датчик освітленості може автоматично керувати роботою освітлювальних приладів, а датчик температури – системою опалення або кондиціонування.

Однією з ключових переваг концепції Smart Home є можливість дистанційного керування обладнанням через смартфон, планшет або персональний комп'ютер. Для цього використовуються сучасні технології зв'язку та мережа Інтернет. Користувач може контролювати стан обладнання, змінювати налаштування системи та отримувати повідомлення про події незалежно від свого місцезнаходження.

Важливим напрямком розвитку систем «Розумний будинок» є підвищення енергоефективності будівель. Автоматичне керування освітленням, опаленням та сонцезахисними системами дозволяє значно скоротити споживання електроенергії та зменшити витрати на експлуатацію приміщень. Особливо ефективним є використання автоматизованих віконних рошет, які можуть регулювати кількість сонячного світла, що потрапляє до приміщення.

Сучасні системи Smart Home можуть будуватися на базі різних технологій зв'язку. Для передачі даних використовуються Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave та інші протоколи. Вибір конкретної технології залежить від особливостей системи, кількості пристроїв та вимог до швидкості обміну інформацією.

В останні роки значного поширення набули рішення на базі відкритих мікроконтролерних платформ, таких як Arduino та ESP32. Їх використання дозволяє створювати функціональні системи автоматизації з невеликими фінансовими витратами та широкими можливостями модернізації. Завдяки відкритій архітектурі такі платформи активно застосовуються як у навчальних проєктах, так і в реальних системах автоматизації(див.табл.2.1).

Таблиця 2.1 – Основні підсистеми «Розумного будинку»

Підсистема	Призначення
Освітлення	Автоматичне керування освітленням
Клімат-контроль	Підтримання температурного режиму
Безпека	Охоронна сигналізація та відеоспостереження
Електроживлення	Контроль споживання електроенергії
Керування ролетами	Регулювання освітленості приміщення
Мультимедіа	Керування аудіо- та відеосистемами

Таким чином, концепція «Розумний будинок» є одним із найперспективніших напрямків розвитку сучасних автоматизованих систем. Вона дозволяє підвищити комфорт користувачів, покращити енергоефективність будівель та забезпечити зручне дистанційне керування різноманітним обладнанням.

2.2. Автоматизація віконних ролет у сучасних будівлях

Автоматизація віконних ролет є одним із важливих напрямків розвитку сучасних систем керування будівлями. Використання автоматизованих сонцезахисних систем дозволяє підвищити рівень комфорту користувачів, забезпечити ефективне використання природного освітлення та зменшити енергетичні витрати на опалення й кондиціонування приміщень. Саме тому автоматичні ролети дедалі частіше застосовуються як у житлових будинках, так і в офісних, адміністративних та промислових спорудах.

Традиційні ролети керуються вручну за допомогою механічних приводів або спеціальних шнурів. Такий спосіб керування є простим, однак не забезпечує достатньої зручності під час експлуатації, особливо коли необхідно керувати великою кількістю вікон або здійснювати регулювання на значній висоті. У зв'язку з цим все більшого поширення набувають автоматизовані системи керування ролетами.

Основним елементом автоматизованої ролети є електричний привід, який забезпечує підняття та опускання полотна. Робота приводу контролюється спеціальним електронним пристроєм, який отримує команди від користувача або автоматично формує їх на основі інформації від датчиків. Як правило, керування може здійснюватися за допомогою кнопок, пульта дистанційного керування, мобільного додатка або веб-інтерфейсу.

Сучасні системи автоматизації ролет можуть працювати за різними алгоритмами. Найпростішим варіантом є дистанційне керування, при якому користувач самостійно визначає момент відкриття або закриття ролети. Більш складні системи здатні працювати в автоматичному режимі, використовуючи інформацію від датчиків освітленості, температури, часу доби або погодних умов.

Використання датчиків освітленості дозволяє автоматично регулювати положення ролет залежно від інтенсивності сонячного світла. У сонячну погоду ролети можуть частково або повністю закриватися для запобігання

перегріванню приміщення, а при зменшенні освітленості автоматично відкриватися для максимального використання природного світла.

Не менш важливою є інтеграція автоматизованих ролет із системами клімат-контролю. У літній період закриті ролети зменшують нагрівання приміщення сонячним випромінюванням, що дозволяє знизити навантаження на кондиціонери. У зимовий період вони можуть сприяти зменшенню тепловтрат через вікна та покращувати енергоефективність будівлі.

Сучасні автоматизовані ролети часто інтегруються до систем «Розумного будинку». У такому випадку керування здійснюється через єдиний центр керування, а робота ролет може бути синхронізована з іншими підсистемами будівлі. Наприклад, під час активації режиму «Відсутність» система може автоматично закрити всі ролети, вимкнути освітлення та перевести інші пристрої в енергозберігаючий режим.

Для реалізації автоматизованого керування використовуються різні апаратні платформи. У промислових системах застосовуються спеціалізовані контролери, а в побутових рішеннях широко використовуються мікроконтролери Arduino, ESP8266 та ESP32. Такі платформи дозволяють створювати функціональні системи керування з мінімальними фінансовими витратами та забезпечують можливість подальшої модернізації.

Перевагами автоматизованих систем керування ролетами є підвищення комфорту користування, економія електроенергії, покращення мікроклімату приміщення та можливість дистанційного керування. Крім того, автоматизація сприяє збільшенню терміну служби механізмів завдяки рівномірному навантаженню на привід та виключенню помилок користувача під час експлуатації.

Разом із перевагами існують і певні недоліки. До них належать залежність від електроживлення, необхідність налаштування програмного забезпечення та додаткові витрати на встановлення обладнання. Однак розвиток мікроконтролерних технологій та зниження вартості електронних

компонентів поступово роблять такі системи більш доступними для широкого кола користувачів(див.табл.2.2).

Таблиця 2.2 – Основні способи керування віконними ролетами

Спосіб керування	Характеристика	Переваги
Ручне	Керування за допомогою механічного приводу	Простота та низька вартість
Кнопкове	Використання стаціонарних кнопок	Зручність керування
Дистанційне	Використання пульта керування	Комфорт експлуатації
Через Wi-Fi	Керування через смартфон або веб-інтерфейс	Дистанційний доступ
Автоматичне	Робота за даними датчиків	Енергоефективність та автономність

Таким чином, автоматизація віконних ролет є важливою складовою сучасних систем «Розумного будинку». Використання автоматизованих рішень дозволяє підвищити комфорт проживання, покращити енергоефективність будівель та забезпечити зручне дистанційне керування сонцезахисними системами.

2.3. Аналіз існуючих систем керування віконними ролетами

На сучасному ринку представлена велика кількість систем автоматизованого керування віконними ролетами, які відрізняються функціональними можливостями, способом керування, вартістю та рівнем інтеграції з іншими системами автоматизації. Такі рішення використовуються як у житлових будинках, так і в офісних, комерційних та промислових об'єктах.

Існуючі системи керування ролетами можна умовно поділити на три основні групи: локальні, дистанційні та інтегровані системи. Локальні системи передбачають керування ролетами за допомогою кнопок або перемикачів, розташованих безпосередньо біля вікна. Такі рішення є простими в реалізації та мають невисоку вартість, проте не забезпечують можливості віддаленого доступу та автоматизації процесів.

Дистанційні системи використовують пульти керування або бездротові технології зв'язку для передавання команд виконавчим механізмам. Найчастіше для цього застосовуються Wi-Fi, Bluetooth або радіоканали. Подібні рішення забезпечують зручність використання та дозволяють керувати ролетами з будь-якої точки приміщення. Крім того, деякі моделі підтримують групове керування кількома ролетами одночасно.

Найбільш функціональними є інтегровані системи, які входять до складу комплексів «Розумний будинок». У таких системах робота ролет координується з іншими підсистемами будівлі, включаючи освітлення, клімат-контроль та охоронні системи. Користувач може налаштовувати сценарії роботи, за якими ролети автоматично змінюють своє положення залежно від часу доби, погодних умов або показників датчиків.

Одним із відомих виробників систем автоматизації ролет є компанія Somfy. Її продукція відрізняється високою надійністю, широкими можливостями інтеграції та підтримкою сучасних бездротових технологій. Системи Somfy дозволяють здійснювати керування через мобільні додатки та голосових помічників. Однак їхнім недоліком є висока вартість обладнання та залежність від фірмового програмного забезпечення.

Популярними також є рішення на платформі Tuuya Smart. Вони забезпечують керування ролетами через мобільний додаток і підтримують інтеграцію з різними пристроями Інтернету речей. Перевагами таких систем є доступна ціна та широкий вибір сумісного обладнання. До недоліків можна віднести залежність від хмарних сервісів та необхідність підключення до мережі Інтернет.

Останніми роками значного поширення набули системи, побудовані на відкритих апаратних платформах Arduino та ESP32. Такі рішення дозволяють створювати власні системи автоматизації з урахуванням індивідуальних потреб користувача. Вони характеризуються низькою вартістю, простотою модернізації та можливістю повного контролю над програмним

забезпеченням. Разом з тим для їх реалізації необхідні базові знання в галузі електроніки та програмування.

Під час аналізу існуючих рішень було встановлено, що більшість комерційних систем орієнтовані на забезпечення максимальної зручності користування та інтеграції з іншими пристроями. Проте їх висока вартість часто обмежує можливість використання в невеликих побутових проєктах. Саме тому розробка власної системи на базі доступних мікроконтролерних платформ залишається актуальним напрямком(див.табл.2.3).

Таблиця 2.3 – Порівняння існуючих систем керування віконними ролетами

Система	Спосіб керування	Переваги	Недоліки
Механічна	Ручне керування	Простота, низька вартість	Відсутність автоматизації
Кнопкова	Кнопки керування	Зручність використання	Обмежений функціонал
Somfy	Мобільний додаток, пульт	Надійність, автоматизація	Висока вартість
Tuya Smart	Wi-Fi, мобільний додаток	Простота інтеграції	Залежність від Інтернету
Arduino + ESP8266	Wi-Fi, веб-інтерфейс	Низька вартість, гнучкість	Потребує налаштування

Важливим критерієм оцінювання сучасних систем керування є можливість масштабування та модернізації. Багато готових рішень мають закриту архітектуру, що ускладнює додавання нових функцій або інтеграцію з обладнанням інших виробників. Відкриті платформи, навпаки, дозволяють легко змінювати функціональність системи відповідно до потреб користувача(рис.2.1).

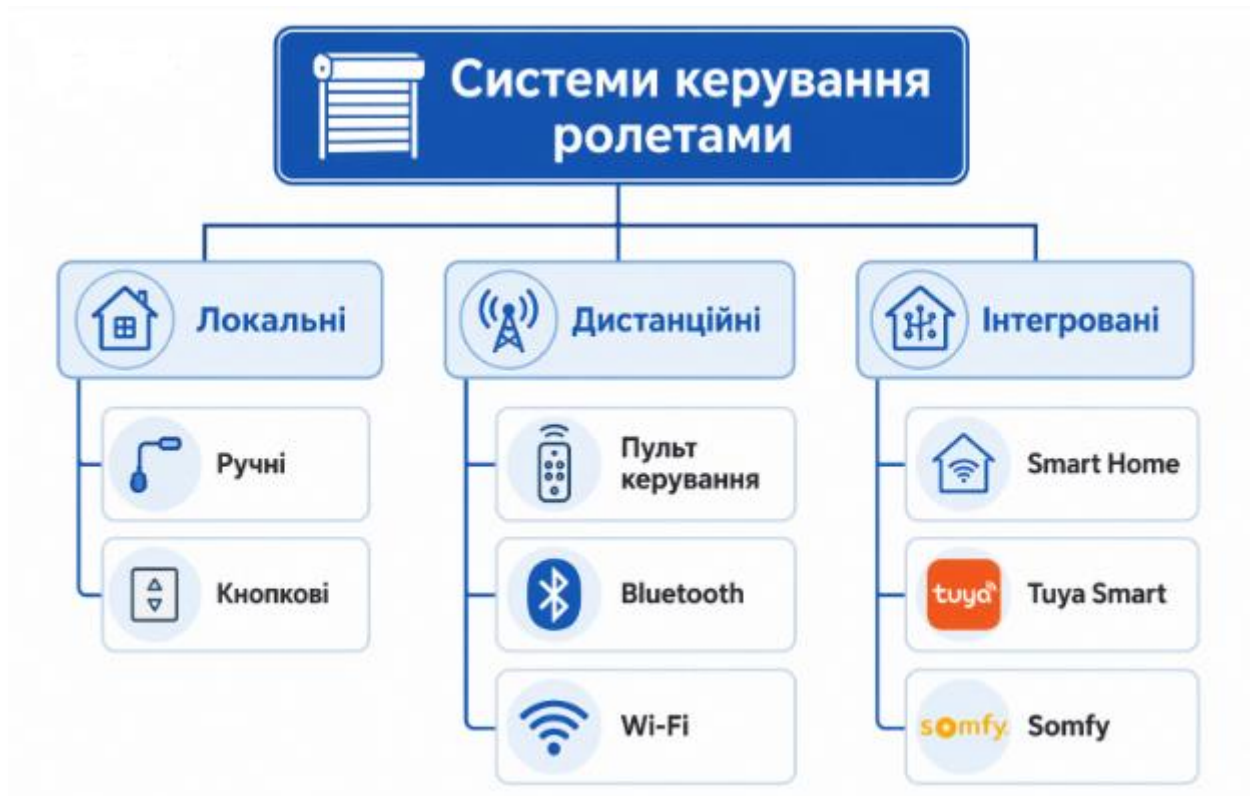


Рисунок 2.1 – Класифікація систем керування віконними ролетами

Проведений аналіз показує, що найбільш доцільним варіантом для створення системи автоматизації керування віконними ролетами є використання мікроконтролерної платформи Arduino у поєднанні з бездротовими технологіями зв'язку. Такий підхід забезпечує достатню функціональність, невисоку вартість реалізації та можливість подальшого розширення системи.

2.4. Аналіз апаратних платформ для автоматизації

Сучасні системи автоматизації будуються на основі різноманітних апаратних платформ, які забезпечують обробку інформації, виконання керуючих команд та взаємодію з периферійними пристроями. Вибір апаратної платформи є одним із найважливіших етапів під час розробки систем автоматизації, оскільки саме від її характеристик залежить функціональність, надійність та можливість подальшого розширення системи.

На сьогоднішній день найбільшого поширення набули програмовані логічні контролери (ПЛК), одноплатні комп'ютери та мікроконтролерні платформи. Кожен із цих типів обладнання має свої особливості, переваги та сферу застосування.

Програмовані логічні контролери широко використовуються в промисловій автоматизації. Вони характеризуються високою надійністю, стійкістю до зовнішніх впливів та можливістю роботи в складних умовах експлуатації. ПЛК забезпечують обробку великої кількості сигналів та підтримують різноманітні промислові протоколи зв'язку. Проте їхнім недоліком є відносно висока вартість, що обмежує доцільність використання в невеликих побутових проєктах.

Одноплатні комп'ютери, такі як Raspberry Pi, поєднують у собі функції персонального комп'ютера та контролера автоматизації. Вони мають високу обчислювальну потужність, підтримують сучасні операційні системи та дозволяють реалізовувати складні алгоритми керування. Raspberry Pi активно використовується в системах «Розумний будинок», мультимедійних комплексах та пристроях Інтернету речей. Разом з тим використання повноцінної операційної системи потребує більших обчислювальних ресурсів і ускладнює розробку порівняно з мікроконтролерними платформами.

Особливе місце серед засобів автоматизації займають мікроконтролерні платформи. Вони характеризуються простотою використання, невисокою вартістю та широкими можливостями підключення зовнішніх пристроїв. Найбільш популярними серед них є Arduino Uno, Arduino Mega, ESP8266 та ESP32.

Arduino Uno є однією з найпоширеніших платформ для створення навчальних та побутових систем автоматизації. Основою плати є мікроконтролер ATmega328P, який забезпечує достатню продуктивність для реалізації більшості завдань керування. Перевагами Arduino Uno є простота програмування, велика кількість бібліотек та значна спільнота користувачів.

Платформа Arduino Mega є розширеною версією Arduino Uno та має більшу кількість цифрових і аналогових входів та виходів. Це дозволяє використовувати її в системах, які потребують підключення великої кількості датчиків та виконавчих пристроїв.

Модуль ESP8266 став популярним завдяки наявності вбудованого Wi-Fi адаптера. Він дозволяє реалізовувати бездротовий обмін даними без використання додаткового обладнання. Завдяки невисокій вартості та компактним розмірам ESP8266 активно використовується в системах Інтернету речей та домашньої автоматизації.

Подальшим розвитком даної платформи є ESP32. На відміну від ESP8266, вона підтримує не лише Wi-Fi, а й Bluetooth, має вищу продуктивність, більший обсяг пам'яті та ширші функціональні можливості. Це робить ESP32 універсальним рішенням для створення сучасних автоматизованих систем(див.табл.2.4).

Таблиця 2.4 – Порівняння апаратних платформ автоматизації

Платформа	Частота процесора	Бездротовий зв'язок	Переваги	Недоліки
Arduino Uno	16 МГц	Ні	Простота використання	Потребує зовнішнього Wi-Fi модуля
Arduino Mega	16 МГц	Ні	Велика кількість входів/виходів	Вища вартість
ESP8266	80 МГц	Wi-Fi	Низька ціна, компактність	Обмежена кількість входів
ESP32	до 240 МГц	Wi-Fi, Bluetooth	Висока продуктивність	Складніше налаштування
Raspberry Pi	до 2 ГГц	Wi-Fi, Bluetooth	Великі можливості	Вища вартість та енергоспоживання

Під час вибору апаратної платформи для системи керування віконними ролетами необхідно враховувати складність поставленого завдання, кількість підключених пристроїв, необхідність використання бездротового зв'язку та економічну доцільність реалізації проєкту. Для побутових систем автоматизації найбільш доцільним є використання мікроконтролерних платформ, які забезпечують достатню функціональність при відносно низькій вартості.



Рисунок 2.2 – Основні апаратні платформи автоматизації

Проведений аналіз показує, що для реалізації системи автоматизації керування віконними ролетами доцільно використовувати платформу Arduino Uno у поєднанні з модулем ESP8266. Таке рішення забезпечує простоту розробки, підтримку бездротового зв'язку та можливість подальшого вдосконалення системи.

2.5 Вибір елементної бази для розробки системи

Одним із найважливіших етапів проєктування будь-якої системи автоматизації є вибір елементної бази. Від правильності вибору компонентів залежить функціональність системи, її надійність, вартість реалізації та можливість подальшого вдосконалення. Для системи автоматизації керування віконними ролетами необхідно забезпечити виконання таких основних функцій: прийом команд користувача, обробка інформації, передача даних через бездротову мережу та керування виконавчим механізмом.

Основою розроблюваної системи було обрано мікроконтролерну платформу Arduino Uno. Дана плата побудована на базі мікроконтролера ATmega328P та є однією з найпоширеніших платформ для створення систем автоматизації. Arduino Uno має достатню кількість цифрових і аналогових входів та виходів, підтримує роботу з великою кількістю датчиків і модулів, а також відзначається простотою програмування. Важливою перевагою є наявність великої кількості готових бібліотек та технічної документації, що значно спрощує процес розробки.

Для реалізації бездротового зв'язку було обрано модуль ESP8266. Даний модуль підтримує технологію Wi-Fi та забезпечує підключення системи до локальної мережі або мережі Інтернет. Використання ESP8266 дозволяє реалізувати дистанційне керування віконними ролетами за допомогою смартфона, планшета або персонального комп'ютера. Крім того, модуль характеризується низькою вартістю, компактними розмірами та простотою інтеграції з платформою Arduino.

Як виконавчий механізм у системі використовується двигун постійного струму. Його основним призначенням є забезпечення підняття та опускання полотна ролети. Для керування напрямком обертання та швидкістю роботи двигуна необхідний спеціальний драйвер.

Для цієї задачі було обрано драйвер двигунів L298N. Він дозволяє керувати двома двигунами постійного струму або одним кроковим двигуном. Основною перевагою даного модуля є можливість зміни напрямку обертання двигуна та регулювання швидкості за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ). Завдяки цьому забезпечується плавна робота механізму та зменшується навантаження на його елементи.

Для індикації роботи системи використовується світлодіод. Він дозволяє візуально контролювати стан обладнання та сигналізувати про виконання певних команд. Незважаючи на простоту конструкції, світлодіодна індикація значно підвищує зручність експлуатації системи.

Живлення системи здійснюється від зовнішнього джерела постійного струму. Для стабільної роботи всіх компонентів необхідно забезпечити відповідність напруги живлення вимогам виробників обладнання. Особливу увагу слід приділити живленню модуля ESP8266, який працює при напрузі 3,3 В та є чутливим до перевищення допустимих значень(див.табл.2.5).

Під час вибору компонентів враховувалися такі критерії:

- доступність обладнання на ринку;
- простота підключення та налаштування;
- сумісність між окремими компонентами;
- надійність роботи;
- можливість подальшого розширення функціональності;
- невисока вартість реалізації проєкту.

Таблиця 2.5 – Основні компоненти системи

Компонент	Призначення	Робоча напруга	Основні особливості
Arduino Uno	Центральний контролер системи	5 В	Простота програмування та підключення
ESP8266	Забезпечення Wi-Fi зв'язку	3,3 В	Вбудований Wi-Fi модуль
L298N	Керування двигуном	5–35 В	Керування напрямком і швидкістю двигуна
Двигун постійного струму	Підняття та опускання ролети	6–12 В	Простота керування
Світлодіод	Індикація роботи системи	2–3 В	Візуальна індикація стану системи
Блок живлення	Забезпечення живлення компонентів	—	—

Обрана елементна база повністю відповідає поставленим вимогам та дозволяє реалізувати систему автоматизації керування віконними ролетами з використанням бездротової технології Wi-Fi. Використання Arduino Uno та ESP8266 забезпечує необхідний рівень функціональності при мінімальних витратах на розробку та впровадження системи.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було розглянуто особливості сучасних систем автоматизації та проаналізовано існуючі рішення для керування віконними ролетами. Встановлено, що концепція «Розумний будинок» є одним із найбільш перспективних напрямків розвитку побутової автоматизації, оскільки дозволяє підвищити рівень комфорту, безпеки та енергоефективності будівель.

Проведено аналіз існуючих систем керування віконними ролетами та встановлено, що сучасний ринок пропонує широкий вибір готових рішень різного рівня складності. Разом з тим більшість комерційних систем характеризуються відносно високою вартістю та обмеженими можливостями модернізації, що зумовлює доцільність розробки власного рішення на базі відкритих апаратних платформ.

Також було досліджено сучасні апаратні платформи автоматизації, серед яких програмовані логічні контролери, одноплатні комп'ютери та мікроконтролерні системи. В результаті аналізу встановлено, що для реалізації системи керування віконними ролетами найбільш доцільним є використання мікроконтролерних платформ завдяки їх доступності, простоті використання та достатнім функціональним можливостям.

На основі проведеного аналізу було обґрунтовано вибір елементної бази для розроблюваної системи. Як основний контролер обрано платформу Arduino Uno, для реалізації бездротового зв'язку – модуль ESP8266, а для керування виконавчим механізмом – драйвер двигунів L298N. Обрані компоненти забезпечують необхідну функціональність системи, простоту реалізації та можливість подальшого розширення її можливостей.

Отримані результати дослідження створюють основу для подальшого проєктування системи автоматизації керування віконними ролетами та розробки її структурної, функціональної й електричної схем у наступному розділі роботи.

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВІКОННИМИ РОЛЕТАМИ

3.1. Загальна структура системи

Проектування системи автоматизації керування віконними ролетами передбачає створення комплексу апаратних засобів, які забезпечують прийом команд користувача, їх обробку та виконання відповідних дій виконавчим механізмом. Основною метою розробки є створення доступної та функціональної системи, здатної забезпечити дистанційне керування віконними ролетами за допомогою бездротового зв'язку.

Розроблена система складається з декількох взаємопов'язаних елементів, кожен з яких виконує певні функції. Центральним компонентом системи є мікроконтролер Arduino Uno, який здійснює обробку команд керування та формує сигнали для роботи інших модулів. Саме мікроконтролер координує роботу всієї системи та забезпечує взаємодію між її окремими складовими.

Для реалізації бездротового зв'язку використовується модуль ESP8266. Даний модуль забезпечує підключення системи до мережі Wi-Fi та прийом команд від користувача. Завдяки використанню бездротової технології з'являється можливість керування ролетами за допомогою смартфона, планшета або персонального комп'ютера без необхідності прокладання додаткових кабелів.

Виконавча частина системи побудована на основі драйвера двигунів L298N та двигуна постійного струму. Драйвер забезпечує передачу керуючих сигналів від мікроконтролера до двигуна, а також дозволяє змінювати напрямок його обертання. Двигун використовується для підняття та опускання полотна ролети відповідно до отриманих команд.

Для індикації стану роботи системи використовується світлодіодний індикатор. Він дозволяє візуально контролювати виконання команд та

сигналізує про активний режим роботи системи. Використання індикатора підвищує зручність експлуатації пристрою та полегшує його налагодження.

Живлення всіх компонентів здійснюється від зовнішнього джерела постійного струму. Для забезпечення стабільної роботи системи використовуються відповідні режими живлення кожного з модулів. Особлива увага приділяється живленню Wi-Fi модуля ESP8266, який потребує стабільної напруги 3,3 В.

Структурна схема розробленої системи наведена на рисунку 3.1.

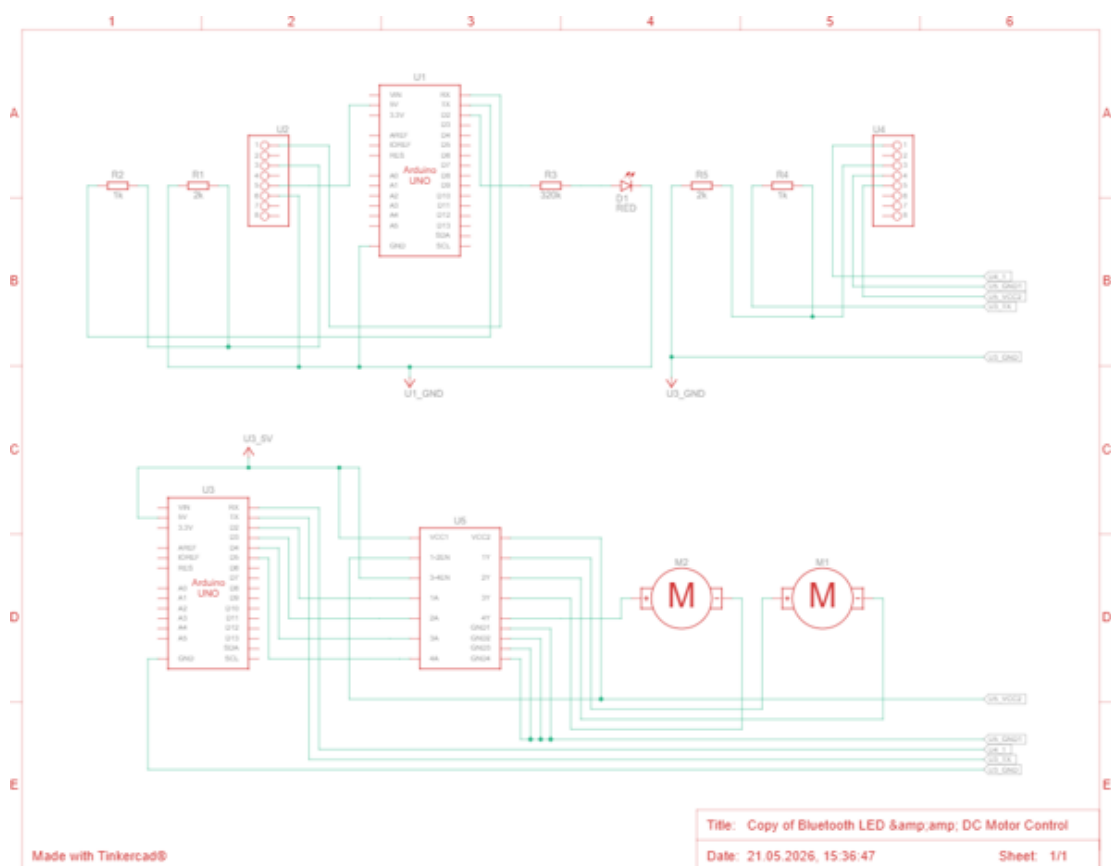


Рисунок 3.1 – Структурна схема системи керування віконними ролетами

Загальна структура системи побудована за модульним принципом, що забезпечує можливість подальшого розширення функціональних можливостей. За необхідності до системи можуть бути додані датчики освітленості, температури, кінцеві вимикачі положення ролети або інші елементи автоматизації. Це дозволяє адаптувати систему до конкретних умов експлуатації та підвищити її функціональність.

3.2 Вибір та характеристика основних компонентів системи

Для реалізації системи автоматизації керування віконними ролетами було обрано компоненти, які забезпечують необхідну функціональність, простоту підключення та невисоку вартість. Вибір елементної бази здійснювався з урахуванням можливості реалізації бездротового керування та подальшого розширення системи.

Основним елементом системи є мікроконтролер Arduino Uno, який виконує функції керування та координації роботи всіх пристроїв. Плата побудована на базі мікроконтролера ATmega328P та має достатню кількість цифрових і аналогових входів та виходів для реалізації поставлених завдань. Завдяки простоті програмування та великій кількості готових бібліотек Arduino Uno широко використовується в системах автоматизації та навчальних проєктах.

Для організації бездротового зв'язку використовується модуль ESP8266. Він забезпечує підключення системи до мережі Wi-Fi та дозволяє здійснювати дистанційне керування ролетами. Модуль має компактні розміри, невисоку вартість та підтримує роботу з більшістю сучасних мережевих протоколів.

Керування виконавчим механізмом здійснюється за допомогою драйвера L298N. Даний модуль використовується для зміни напрямку обертання двигуна та регулювання його швидкості. Наявність вбудованої схеми керування спрощує підключення двигуна до мікроконтролера та підвищує надійність роботи системи.

Як виконавчий механізм використовується двигун постійного струму, який забезпечує переміщення полотна ролети. Залежно від команди користувача двигун може обертатися в різних напрямках, забезпечуючи підняття або опускання ролети.

Для візуальної індикації роботи системи застосовується світлодіод, який сигналізує про виконання команд та поточний стан пристрою.

Отже, обрана елементна база забезпечує реалізацію всіх необхідних функцій системи автоматизації керування віконними ролетами та дозволяє створити доступне і функціональне рішення для використання в системах «Розумний будинок».

3.3 Схема електричних з'єднань системи

Електрична схема є одним із найважливіших елементів розробленої системи, оскільки визначає порядок підключення всіх компонентів та забезпечує їх правильну взаємодію. Від коректності виконання електричних з'єднань залежить надійність роботи пристрою та стабільність виконання команд керування.

Основою схеми є мікроконтролер Arduino Uno, до якого підключаються всі інші модулі системи. Для організації бездротового зв'язку використовується модуль ESP8266, який обмінюється даними з мікроконтролером через послідовний інтерфейс UART. Завдяки цьому забезпечується прийом команд через мережу Wi-Fi та їх передача до центрального контролера.

Керування двигуном здійснюється за допомогою драйвера L298N. Виходи Arduino Uno підключаються до входів драйвера, через які передаються сигнали керування. Драйвер забезпечує зміну напрямку обертання двигуна та його запуск відповідно до отриманої команди.

Двигун постійного струму підключається до вихідних клем драйвера L298N. При подачі відповідних сигналів двигун починає обертатися в потрібному напрямку, забезпечуючи підняття або опускання ролети.

Для індикації роботи системи використовується світлодіод, який підключається до одного з цифрових виводів Arduino через обмежувальний резистор. Під час виконання команди індикатор вмикається та сигналізує про активний режим роботи системи.

Живлення системи здійснюється від зовнішнього джерела постійного струму. Для коректної роботи всі модулі повинні мати спільний провід «землі» (GND), що забезпечує правильний обмін сигналами між компонентами.

Для кращого розуміння підключення основних елементів системи складено таблицю 3.4 електричних з'єднань.

Таблиця 3.4 – Основні електричні з'єднання

Елемент	Підключення
ESP8266	Arduino Uno (RX, TX)
L298N	Цифрові виходи Arduino
Двигун	Виходи драйвера L298N
Світлодіод	Цифровий вихід Arduino через резистор
Блок живлення	Живлення всіх компонентів

Таким чином, розроблена схема електричних з'єднань забезпечує взаємодію всіх складових системи та створює основу для реалізації дистанційного керування віконними ролетами через мережу Wi-Fi.

3.4 Візуальна модель системи

Для попередньої перевірки працездатності та правильності підключення компонентів була створена візуальна модель системи в середовищі Tinkercad. Використання середовищ комп'ютерного моделювання дозволяє виконати перевірку схеми до етапу фізичного складання пристрою, що сприяє зменшенню кількості помилок та спрощує процес налагодження.

У створеній моделі відображено основні компоненти системи: мікроконтролер Arduino Uno, модуль керування двигуном L298N, двигун постійного струму, світлодіодний індикатор та з'єднувальні провідники. Розташування елементів відповідає розробленій електричній схемі та дозволяє наочно продемонструвати принцип побудови системи.

Візуальна модель дає можливість оцінити правильність підключення компонентів, перевірити логіку роботи системи та підготуватися до практичної реалізації проєкту. Крім того, використання Tinkercad значно

спрощує документування розробки та підготовку графічних матеріалів для кваліфікаційної роботи.

Загальний вигляд розробленої моделі наведено на рисунку 3.3.

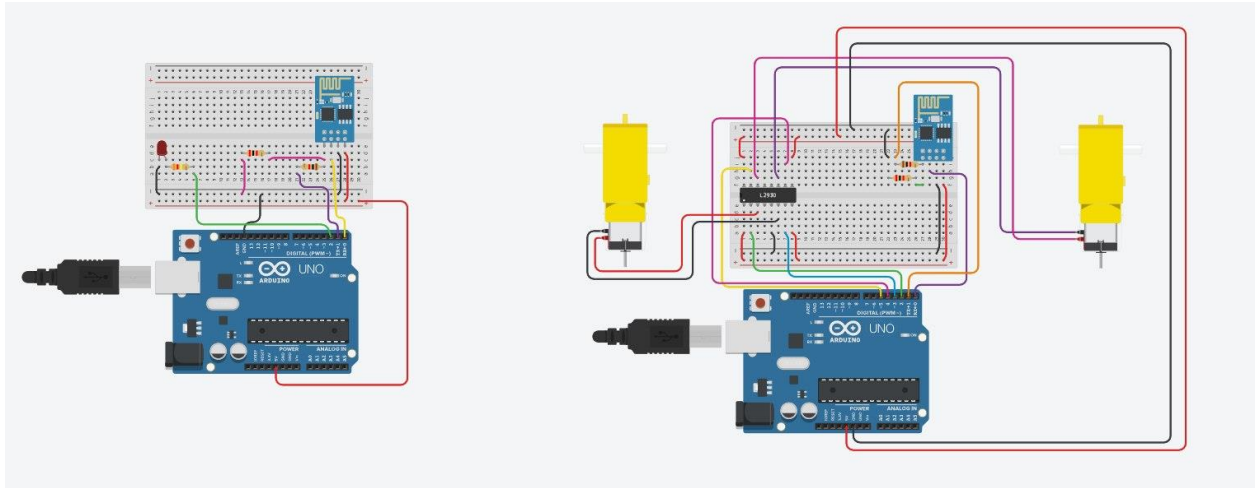


Рисунок 3.3 – Візуальна модель системи керування віконними ролетами в середовищі Tinkercad

Створена модель підтверджує можливість реалізації розробленої системи на обраній елементній базі та дозволяє використовувати її як основу для подальшого складання і тестування пристрою.

3.5 Переваги та перспективи розвитку системи

Розроблена система автоматизації керування віконними ролетами має низку переваг, які роблять її придатною для використання в побутових умовах та інтеграції до систем «Розумного будинку». Однією з головних переваг є можливість дистанційного керування через мережу Wi-Fi. Це дозволяє користувачу керувати ролетами за допомогою смартфона або комп'ютера без необхідності безпосереднього контакту з пристроєм.

Важливою перевагою системи є використання доступних електронних компонентів. Застосування Arduino Uno, ESP8266 та драйвера L298N дозволяє зменшити вартість реалізації проєкту порівняно з багатьма готовими

комерційними рішеннями. Крім того, обрані компоненти мають широку підтримку та велику кількість технічної документації.

Ще однією перевагою є можливість модернізації системи. Завдяки модульній структурі до неї можуть бути додані додаткові датчики, засоби автоматичного керування або нові функції без суттєвих змін основної конструкції.

Разом з перевагами система має певні обмеження. Її робота залежить від наявності електроживлення та стабільного Wi-Fi з'єднання. Також функціональні можливості системи визначаються характеристиками використаних компонентів.

Подальший розвиток системи може бути пов'язаний із впровадженням датчиків освітленості, температури та положення ролети. Це дозволить реалізувати автоматичне керування без участі користувача. Також перспективним напрямком є інтеграція системи з голосовими помічниками та платформами «Розумного будинку».

Отже, розроблена система є доступним та функціональним рішенням для автоматизації керування віконними ролетами, а її конструкція дозволяє здійснювати подальше вдосконалення відповідно до потреб користувачів.

Висновки до розділу 3

У третьому розділі кваліфікаційної роботи було виконано проєктування системи автоматизації керування віконними ролетами з використанням мікроконтролерної платформи Arduino Uno та бездротової технології Wi-Fi. На основі проведеного аналізу існуючих рішень розроблено структуру системи, яка забезпечує дистанційне керування виконавчим механізмом та може бути використана як складова сучасної системи «Розумний будинок».

У процесі проєктування було визначено основні функціональні елементи системи та їх взаємодію. Центральним елементом обрано мікроконтролер Arduino Uno, який виконує обробку команд керування та координує роботу інших компонентів. Для організації бездротового зв'язку

використано модуль ESP8266, що забезпечує можливість передачі команд через мережу Wi-Fi. Керування двигуном реалізовано за допомогою драйвера L298N, який забезпечує зміну напрямку обертання виконавчого механізму відповідно до отриманих команд.

На основі обраних компонентів була розроблена схема електричних з'єднань системи, яка визначає порядок підключення всіх пристроїв та забезпечує їхню коректну взаємодію. Створена схема дозволяє реалізувати дистанційне керування ролетами та є основою для практичного складання пристрою.

Для візуалізації проєкту було створено модель системи в середовищі Tinkercad. Використання засобів комп'ютерного моделювання дало можливість наочно представити структуру системи, перевірити правильність розташування та підключення основних елементів, а також підготувати графічні матеріали для оформлення кваліфікаційної роботи.

Крім того, було проаналізовано переваги та можливості подальшого розвитку розробленої системи. До основних переваг можна віднести простоту конструкції, використання доступних компонентів, можливість дистанційного керування через Wi-Fi, а також перспективу інтеграції до більш складних систем автоматизації. Модульна структура проєкту дозволяє у майбутньому розширити його функціональні можливості шляхом додавання датчиків освітленості, температури, положення ролети або інтеграції з іншими підсистемами «Розумного будинку».

Отже, у результаті виконання третього розділу було розроблено структуру системи автоматизації керування віконними ролетами, обґрунтовано вибір елементної бази, створено схему електричних з'єднань та візуальну модель системи. Отримані результати підтверджують можливість реалізації запропонованого рішення та його подальшого використання для автоматизації керування віконними ролетами в житлових і офісних приміщеннях.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розглянуто питання розробки системи автоматизації керування віконними ролетами з використанням сучасних технологій зв'язку та мікроконтролерних засобів керування. Актуальність даної теми обумовлена стрімким розвитком інформаційних технологій, зростанням популярності концепції «Розумний будинок» та необхідністю підвищення рівня комфорту, безпеки й енергоефективності сучасних будівель.

У ході виконання роботи було проведено дослідження сучасних технологій зв'язку, які використовуються в системах автоматизації. Розглянуто класифікацію технологій передачі даних, їх основні характеристики та особливості застосування. Проаналізовано дротові та бездротові технології зв'язку, визначено їх переваги та недоліки. Особливу увагу приділено бездротовим технологіям, які сьогодні широко використовуються в системах автоматизації побутового призначення завдяки простоті монтажу та можливості дистанційного керування обладнанням.

Також було розглянуто основні протоколи обміну даними, що застосовуються в автоматизованих системах. Проведений аналіз показав, що для побутових систем автоматизації найбільш ефективними є рішення, які базуються на використанні мережі Wi-Fi та сучасних мережевих протоколів. Це дозволяє забезпечити взаємодію між пристроями та створити зручні засоби дистанційного керування.

У роботі було досліджено сучасні системи автоматизації та проаналізовано існуючі рішення для керування віконними ролетами. Встановлено, що автоматизовані ролети є важливим елементом систем «Розумний будинок», оскільки дозволяють підвищити комфорт користувачів, забезпечити ефективніше використання природного освітлення та сприяти зменшенню енергетичних витрат. Проведений аналіз існуючих систем показав, що більшість комерційних рішень мають широкий функціонал, проте

характеризуються високою вартістю та обмеженими можливостями модернізації.

Окрему увагу було приділено аналізу апаратних платформ, які можуть використовуватися для побудови систем автоматизації. Розглянуто особливості програмованих логічних контролерів, одноплатних комп'ютерів та мікроконтролерних платформ. На основі проведеного аналізу обґрунтовано вибір платформи Arduino Uno як основного елемента розроблюваної системи. Додатково було обрано модуль ESP8266 для забезпечення бездротового зв'язку та драйвер L298N для керування виконавчим механізмом.

У процесі виконання роботи було розроблено структуру системи автоматизації керування віконними ролетами. Визначено основні функціональні вузли системи та принципи їх взаємодії. Створено схему електричних з'єднань, яка забезпечує коректне підключення всіх компонентів та реалізацію необхідних функцій керування. Крім того, було створено візуальну модель системи в середовищі Tinkercad, що дозволило наочно представити структуру розробленого пристрою та підготувати графічні матеріали для оформлення роботи.

Під час виконання проектування було встановлено, що використання платформи Arduino Uno у поєднанні з модулем ESP8266 дозволяє реалізувати функціональну систему дистанційного керування віконними ролетами без значних фінансових витрат. Обрана елементна база є доступною, простою в налаштуванні та має значні можливості для подальшого розвитку.

До основних переваг розробленої системи можна віднести простоту конструкції, доступність комплектуючих, можливість дистанційного керування через мережу Wi-Fi, модульну структуру та можливість інтеграції до системи «Розумний будинок». Також важливою перевагою є можливість подальшого розширення функціоналу шляхом додавання додаткових датчиків, автоматичних режимів роботи та інших засобів автоматизації.

Перспективами подальшого розвитку системи є впровадження автоматичного керування на основі показників датчиків освітленості та

температури, реалізація керування за розкладом, інтеграція з мобільними додатками та голосовими помічниками, а також підключення до комплексних систем автоматизації будівель. Такі вдосконалення дозволять підвищити функціональність системи та розширити сферу її практичного застосування.

Таким чином, у ході виконання кваліфікаційної роботи було досягнуто поставленої мети та виконано всі визначені завдання. Отримані результати підтверджують можливість створення доступної та ефективної системи автоматизації керування віконними ролетами на базі сучасних мікроконтролерних засобів та бездротових технологій зв'язку. Розроблене рішення може бути використане як основа для створення практичних систем автоматизації побутового призначення та подальших досліджень у сфері «Розумного будинку».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Петренко О. В. Технології Інтернету речей. К.: Ліра-К, 2022. 240 с.
2. Денисенко В. В. Комп'ютерні мережі та телекомунікації. К.: Центр учбової літератури, 2021. 368 с.
3. Кузьмін О. Є. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Л.: Видавництво Львівської політехніки, 2021. 298 с.
4. Основи автоматизації та робототехніки: навчальний посібник. К.: Ліра-К, 2021. 356 с.
5. Литвин В. В. Інтелектуальні системи та технології. Л.: Новий Світ-2000, 2022. 312 с.
6. Системи автоматичного керування: навчальний посібник. К.: Кондор, 2022. 420 с.
7. Технології бездротового зв'язку в автоматизованих системах. Х.: Факт, 2023. 284 с.
8. Smart Home Systems and Technologies. Academic Press, 2021. 310 p.
9. Building Automation and Smart Technologies. Elsevier, 2022. 354 p.
10. Internet of Things: Principles and Applications. McGraw-Hill, 2020. 428 p.
11. Wireless Communication Technologies for Automation Systems. Springer, 2021. 296 p.
12. Home Automation Technologies. CRC Press, 2022. 338 p.
13. Industrial Automation and Control Systems. Wiley, 2023. 412 p.
14. Modern Smart Home Solutions. Routledge, 2022. 275 p.
15. IoT and Embedded Systems Design. Springer, 2023. 367 p.
16. Arduino Documentation. Arduino Docs. URL: <https://docs.arduino.cc>.
17. Arduino Language Reference. Arduino Language Reference. URL: <https://www.arduino.cc/reference/en/>.
18. Arduino Programming Documentation. Arduino Programming Guide. URL: <https://docs.arduino.cc/programming/>.
19. Arduino Uno Board Anatomy. Arduino Uno Board Anatomy. URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3/>.

- 20.Arduino Official Website. Arduino Official Website. URL: <https://www.arduino.cc>.
- 21.ESP8266 Technical Reference Manual. ESP8266 Technical Reference. URL: <https://www.espressif.com>.
- 22.ESP8266 Technical Documents. Espressif Technical Documents. URL: <https://www.espressif.com/en/support/documents/technical-documents>.
- 23.ESP8266 Wi-Fi SoC Overview. ESP8266 Wi-Fi SoC. URL: <https://www.espressif.com/en/products/socs/esp8266>.
- 24.ESP8266 Hardware Design Guidelines. ESP8266 Hardware Design Guidelines. URL: <https://www.espressif.com>.
- 25.ESP8266 Arduino Core Documentation. ESP8266 Arduino Core Documentation. URL: <https://arduino-esp8266.readthedocs.io>.
- 26.ESP8266EX Datasheet. ESP8266EX Datasheet. URL: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf.
- 27.Wi-Fi Alliance. Wi-Fi Technology Overview. URL: <https://www.wi-fi.org>.
- 28.MQTT Organization. MQTT Standard Documentation. URL: <https://mqtt.org/documentation/>.
- 29.Modbus Application Protocol Specification V1.1b3. Modbus Organization, 2021.
- 30.IEEE Standard 802.11 Wireless LAN. IEEE, 2023.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А – ЛІСТИНГ КОДУ МОДУЛІВ ARDUINO

```

1  int led13=13;
2
3  int estado=0;
4  void setup() {
5      Serial.begin(9600);
6      pinMode(led13,OUTPUT);
7
8  }
9  void loop(){
10     if(Serial.available()>0){
11         estado = Serial.read();
12     }
13
14     if (estado == 'a'){
15         digitalWrite(led13,HIGH);
16         Serial.print(estado);
17     }
18
19     if(estado=='b'){
20         digitalWrite(led13,LOW);
21         Serial.print(estado);
22     }
23 }

```

Лістинг А.1 – Код першого модуля Arduino

```

1  String readvoice;
2  int k=0;
3  void setup() {
4      Serial.begin(9600);
5      pinMode(2,OUTPUT);
6      pinMode(3,OUTPUT);
7      pinMode(4,OUTPUT);
8      pinMode(5,OUTPUT);
9  }
10 void loop() {
11     while (Serial.available())
12     {
13         delay(3);
14         char c = Serial.read();
15         readvoice += c;
16     }
17     if(readvoice.length() > 0)
18     {
19         Serial.println(readvoice);
20
21         if(readvoice == "forward")
22         {
23             digitalWrite(2, HIGH);
24             digitalWrite(3, LOW);
25             digitalWrite(4, HIGH);
26             digitalWrite(5, LOW);
27             k=1;
28         }
29         if(readvoice == "backward")
30         {
31             digitalWrite(2, LOW);
32             digitalWrite(3, HIGH);
33             digitalWrite(4, LOW);
34             digitalWrite(5, HIGH);
35             k=2;
36         }
37         if(readvoice == "right")
38         {
39             if (k==2)
40             {
41                 digitalWrite(2, HIGH);
42                 digitalWrite(3, LOW);
43                 digitalWrite(4, LOW);
44                 digitalWrite(5, LOW);
45                 delay(1000);
46                 digitalWrite(2, LOW);
47                 digitalWrite(3, HIGH);
48                 digitalWrite(4, LOW);
49                 digitalWrite(5, HIGH);
50             }
51             else
52             {
53                 digitalWrite(2, HIGH);
54                 digitalWrite(3, LOW);
55                 digitalWrite(4, LOW);
56                 digitalWrite(5, LOW);
57                 delay(1000);
58                 digitalWrite(2, HIGH);
59                 digitalWrite(3, LOW);
60                 digitalWrite(4, HIGH);
61                 digitalWrite(5, LOW);
62             }
63         }
64         if(readvoice == "left")
65         {
66             if (k==2)
67             {
68                 digitalWrite(2, LOW);
69                 digitalWrite(3, LOW);
70                 digitalWrite(4, HIGH);
71                 digitalWrite(5, LOW);
72                 delay(1000);
73                 digitalWrite(2, LOW);
74                 digitalWrite(3, HIGH);
75                 digitalWrite(4, LOW);
76                 digitalWrite(5, HIGH);
77             }
78             else
79             {
80                 digitalWrite(2, LOW);
81                 digitalWrite(3, LOW);
82                 digitalWrite(4, HIGH);
83                 digitalWrite(5, LOW);
84                 delay(1000);
85                 digitalWrite(2, HIGH);
86                 digitalWrite(3, LOW);
87                 digitalWrite(4, HIGH);
88                 digitalWrite(5, LOW);
89             }
90         }
91     }
92     if(readvoice == "stop")
93     {
94         digitalWrite(2, LOW);
95         digitalWrite(3, LOW);
96         digitalWrite(4, LOW);
97         digitalWrite(5, LOW);
98     }
99     readvoice="";
100 }

```

Лістинг А.2 – Код другого модуля Arduino