

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет навчально-науковий центр заочної форми навчання

Кафедра електронних обчислювальних машин

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Комп'ютерна інженерія
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

здобувачеві Шелестовій Софії Денисівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Комп'ютерна система управління освітленням в приміщенні

затверджена наказом по університету від “ 05 ” травня 2025 р. № 72 СТз

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 16 червня 2025 р.

3. Вхідні дані до роботи комп'ютерна система

освітлення

керування

Proteus

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі _____

Аналіз предметної області та постановка завдання

Проектування систем

Функціонування системи та ПЗ

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій 11 слайдів

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання та аналіз літератури	05.05.2025–07.05.2025	
2	Огляд існуючих аналогів	08.05.2025–13.05.2025	
3	Вибір алгоритмів	13.05.2025–17.05.2025	
4	Вибір програмних засобів	18.05.2025–23.05.2025	
5	Програмна реалізація	24.05.2025–26.05.2025	
6	Аналіз отриманих результатів	27.05.2025–28.05.2025	
7	Оформлення записки	28.05.2025–01.06.2025	

Дата видачі завдання “ 05 ” травня 2025 р.

Здобувач


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

ас. Дмитро ДЯЧЕНКО

(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 54 с., 14 рис., 1 дод.,
12 джерел.

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА, ОСВІТЛЕННЯ, КЕРУВАННЯ, МІКРОКОНТРОЛЕР.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка комп'ютерної системи управління освітленням у приміщенні з використанням технологій «розумного будинку».

У ході виконання кваліфікаційної роботи розроблено одну з підсистем розумного будинку, що відповідає за управління освітленням. Система базується на використанні МК Arduino на базі AtMega1280. Система контролює освітлення усередині приміщення.

ABSTRACT

Bachelor's thesis: 54 pages, 14 figures, 1 appendices, 12 sources.

COMPUTER SYSTEM, LIGHTING, CONTROL, MICROCONTROLLER.

The major goal of this thesis is the development of a computer-based lighting control system for indoor environments using smart home technologies.

In order to a subsystem of a smart home was designed to manage indoor lighting. The system is built around an Arduino microcontroller based on the AtMega1280 platform. It is responsible for monitoring and controlling lighting conditions within the premises.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	7
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ.....	10
1.1 Розумне освітлення	10
1.2 Аналіз технічного завдання	11
1.3 Огляд аналогів	12
1.4 Історія IoT	14
1.5 Як керувати пристроями Internet of Things	16
1.6 Industrial Internet of Things	18
1.7 Зв'язок машина–машина та IIoT	19
1.8 Переваги IIoT у виробництві та за його межами	20
1.9 IoT-шарова архітектура	21
1.10 Перетворення енергії	22
2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ.....	24
2.1 Проектування системи певному об'єкті.....	24
2.2 Структурна схема системи	26
2.3 Підбір функціоналу та модулів.....	26
2.4 Обґрунтування прийнятого рішення.....	27
3 ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТА ПЗ	40
3.1 Розробка програмного забезпечення.....	41
3.2 Моделювання системи.....	42
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	46
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	48

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

IoT – Інтернет речей

МК – мікроконтролер

ОС – операційна система

ПЗ – програмні засоби

ЦП – центральний процесор

ВСТУП

В усі історичні епохи люди прагнули створити максимально комфортне середовище для проживання, і з розвитком технологічного прогресу ці прагнення набули нових форм. Виникнення сучасних пристроїв для автоматизації житлового простору стало результатом поступової еволюції побутових технологій, що не лише підвищили рівень зручності, а й істотно змінили уявлення про функціональність житла. Із часом автономні пристрої почали інтегруватися в комплексні системи, які сьогодні функціонують як складні, багатокомпонентні архітектури на основі сучасних обчислювальних засобів і засобів зв'язку.

Поняття «розумного будинку», що виникло у 70-х роках ХХ століття в рамках досліджень Інституту інтелектуальних споруд, спочатку стосувалося оптимізації офісного середовища. Згодом це поняття еволюціонувало до цілісної концепції побудови житлових систем, які функціонують на базі мікроконтролерних платформ, що здійснюють централізоване або розподілене управління окремими функціональними модулями. Інтелектуальна система здатна керувати кліматичними умовами, освітленням, системами безпеки, а також надає засоби мобільного та віддаленого керування через мережу Інтернет або мобільний зв'язок.

Усі ці функції стали доступними завдяки масштабному розвитку таких технологій, як Інтернет речей (IoT), високошвидкісний мобільний зв'язок, стандартизовані протоколи передачі даних, відкриті програмні середовища та апаратна мікроелектроніка. На цьому тлі системи управління освітленням у приміщенні розглядаються як одна з ключових функціональних складових «розумного будинку», що забезпечує адаптивне середовище освітлення відповідно до зовнішніх параметрів, графіків користувача або контексту навколишнього середовища.

Кваліфікаційна робота орієнтована на проектування комп'ютерної

системи управління освітленням, яка базується на сучасних технологіях розумного середовища. Головною метою дослідження є створення повнофункціональної архітектури інтелектуального керування освітленням, що передбачає програмну та апаратну реалізацію.

У рамках поставленої мети вирішуються три ключові завдання: по-перше, здійснюється комплексний аналіз технологій Інтернету речей, їхньої придатності для задач побудови автономних систем управління; по-друге, проєктується безпосередня логіка та функціональна архітектура системи управління освітленням, що адаптується до умов середовища; по-третє, здійснюється обґрунтований вибір технічних і програмних засобів, необхідних для практичної реалізації системи

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Розумне освітлення

Інтелектуальні системи освітлення становлять сучасний етап еволюції технологій штучного освітлення, спрямований на підвищення енергоефективності, функціональності та персоналізованого контролю за світловими параметрами. Їх поява стала можливою завдяки інтеграції сенсорних пристроїв, автоматизованих систем керування, а також засобів бездротової комунікації, які дозволяють адаптувати рівень освітлення до умов середовища та індивідуальних уподобань користувача.

Попри те, що перші автоматизовані системи вмикання світла виникли ще у ХХ столітті, лише з початку 2010-х років технологія «розумного освітлення» набула чітких рис інтелектуальної взаємодії з навколишнім середовищем і стала невід'ємною складовою концепції «розумного будинку». Центральне місце у функціонуванні таких систем посідають сенсори освітленості, інфрачервоні датчики, детектори руху, звукові модулі та цифрові інтерфейси, що дозволяють не лише вмикати або вимикати освітлення, а й здійснювати його динамічну регуляцію відповідно до змінних параметрів навколишнього середовища.

У технічному плані керування інтелектуальним освітленням здійснюється через комбінацію апаратних та програмних компонентів, до яких належать димери, багатофункціональні перемикачі, вузли зв'язку з підтримкою Wi-Fi, Bluetooth або радіосигналів, а також централізовані контролери, так звані хаби. Завдяки такій інтеграції забезпечується можливість дистанційного контролю за освітленням через мобільні застосунки, голосові асистенти або інші цифрові інтерфейси.

Принцип роботи найпростішої моделі розумного освітлення полягає у використанні лише одного датчика освітленості, який активує світло при

зменшенні природного освітлення нижче встановленого порогу. Такий підхід активно використовується у вуличному та комунальному освітленні. Зі збільшенням складності системи додаються інші типи сенсорів, зокрема детектори присутності або теплового випромінювання, що дозволяють вмикати світло лише у присутності людини в зоні дії. У громадських просторах, таких як коридори, зупинки громадського транспорту або санітарні приміщення, подібні технології стали невід'ємним елементом енергозбереження.

Подальша розробка систем передбачає їхню інтеграцію з програмованими алгоритмами, які враховують часові параметри, активність користувача та контекст використання приміщення. Такий підхід особливо поширений в офісах, виробничих зонах та комерційних приміщеннях. Завдяки цьому система здатна не лише реагувати на поточні зміни, а й працювати за наперед заданими сценаріями, оптимізуючи розподіл світлових потоків протягом дня.

На вищому рівні розвитку інтелектуальні системи освітлення забезпечують двосторонню взаємодію з користувачем. Вони можуть бути інтегровані з персональними пристроями, такими як смартфони чи пульти дистанційного керування, дозволяючи користувачам задавати індивідуальні параметри освітлення – інтенсивність, спектральну температуру чи колірне рішення. Це відкриває широкі можливості для створення адаптивного освітлювального середовища, що враховує не лише технічні, а й емоційно-психологічні аспекти сприйняття простору.

1.2 Аналіз технічного завдання

Розроблювана система має відповідати сукупності функціональних та технічних вимог, які визначають її адаптивність до реального об'єкта, гнучкість в керуванні та сумісність із сучасними технічними рішеннями. Ключовим є використання апаратної платформи на основі стандартного

мікроконтролера, що забезпечує достатній рівень продуктивності, підтримку цифрових інтерфейсів, а також можливість розширення з урахуванням архітектури конкретної будівлі, для якої проєктується система. Важливою умовою є інтеграція керування освітленням як у внутрішніх, так і зовнішніх просторах споруди, з урахуванням особливостей розміщення освітлювальних приладів та потреб користувачів.

Система повинна підтримувати як ручний, так і автоматизований режими керування, що дозволяє забезпечити її гнучку адаптацію до різних сценаріїв використання. Автоматичне керування реалізується за допомогою датчиків, які фіксують рівень освітленості, наявність руху або часові параметри, тоді як ручне управління здійснюється безпосередньо користувачем через локальні або дистанційні інтерфейси. Окрему увагу необхідно приділити можливості керування зовнішніми та внутрішніми джерелами світла, з урахуванням архітектурних особливостей будівлі та зонального поділу простору.

Крім освітлення, до функціоналу системи входить керування електроприводами віконних жалюзі, що дозволяє реалізувати автоматизоване затемнення або освітлення приміщень відповідно до інсоляції, температури, режиму дня або завдання користувача. Така взаємодія з природним світлом дозволяє досягати оптимального балансу між енергоефективністю та комфортом у межах смарт-середовища.

1.3 Огляд аналогів

У сфері автоматизованого управління будинком існує широкий спектр пристроїв, функціональність яких виходить далеко за межі звичайного регулювання освітлення. В основі таких систем лежить мікроконтролер, який виступає центральним вузлом обробки та координації, забезпечуючи взаємодію між сенсорами, виконавчими модулями та програмним забезпеченням користувача. Його призначення полягає не лише у вмиканні

або вимиканні джерел світла, але й у розширеному керуванні побутовими функціями, що охоплюють як комфорт, так і безпеку.

До таких функцій належать автоматизоване відкривання дверей, що реалізується за допомогою електроприводів та ідентифікаційних систем, таких як RFID або біометричні сканери. Також мікроконтролер може керувати побутовими приладами, дозволяючи вмикати, вимикати або програмувати їх роботу відповідно до сценаріїв, що формуються користувачем або системою на основі зібраних даних. У системах відеоспостереження мікроконтролер виконує роль координатора, керуючи записом, потоковою передачею даних та збереженням відео.

Ще однією важливою складовою інтегрованого керування є охоронні функції, які реалізуються через сповіщення, блокування, виявлення руху або розпізнавання вторгнень, і забезпечують оперативне реагування як з боку користувача, так і автоматизованих алгоритмів. Таким чином, сучасна система управління базується на централізованій логіці, що поєднує в собі інтелектуальне освітлення, контроль доступу, керування побутовими пристроями та моніторинг безпеки у єдиному технологічному середовищі.

Наведений опис ілюструє розвиток і прикладне впровадження систем розумного освітлення та автоматизації будівель. Продукт RT0003 репрезентує сучасний підхід до створення інтелектуальних систем з модульною структурою, де базовий комплект включає основні сенсори, але архітектура дозволяє масштабування за рахунок додавання додаткових пристроїв. В основі управління – контролер із підтримкою Z-Wave Plus, що забезпечує гнучке розширення та сумісність із широким спектром пристроїв, а також зручність керування через веб-інтерфейс або мобільні додатки.

Компанія HDL демонструє інший підхід до побудови розумних систем, орієнтований на професійне використання в архітектурі, комерційних та житлових об'єктах. Завдяки підтримці таких протоколів, як HDL Buspro, KNX/EIB і ZigBee, можливе створення масштабованих, відмовостійких систем з високим ступенем інтеграції. Архітектура HDL базується на

децентралізованій концепції, що виключає необхідність єдиного центрального процесора, надаючи кожному модулю функціональну автономність. Завдяки цьому система зберігає працездатність навіть у випадку виходу з ладу окремих компонентів.

HDL Buspro є провідною розподіленою системою, яка дозволяє інтегрувати контроль освітлення, клімату, штор, мультимедіа та охоронних систем в єдине кероване середовище, доступне з будь-якого пристрою. Рішення HDL масштабуються до тисяч приладів, мають підтримку мобільного та віддаленого керування через iRidium, і можуть адаптуватися до найвимогливіших сценаріїв, що підтверджується широким спектром реалізованих проєктів – від приватних будинків до музеїв та готельних комплексів.

Таким чином, як RT0003, так і рішення HDL демонструють ефективність сучасних технологій в побудові інтелектуальних систем управління, орієнтованих на комфорт, енергоефективність, безпеку та технологічну гнучкість.

1.4 Історія IoT

Поданий текст є розгорнутим історичним і концептуальним оглядом розвитку технологій Інтернету речей (IoT) – від експериментального тостера 1990 року до сучасних систем автоматизації, пов'язаних із Big Data, штучним інтелектом і телематикою (рисунки 1.1, 1.2). Історія IoT починається як демонстрація ідеї про те, що будь-який фізичний об'єкт може бути підключений до мережі з можливістю обміну даними та реагування на зовнішні умови. Вона поступово еволюціонувала в самостійну техніко-економічну галузь із великою сферою застосування.

Згідно з викладеним матеріалом, термін "Інтернет речей", запропонований Кевіном Ештоном у 1999 році, уособлює ідею про те, що об'єкти реального світу можуть виступати як "органи чуття" цифрових

збором і передачею даних. У сучасному уявленні Інтернет речей перетворився на повноцінну платформу цифрової трансформації, де апаратна, мережна і програмна частини зливаються в єдине інтегроване середовище.

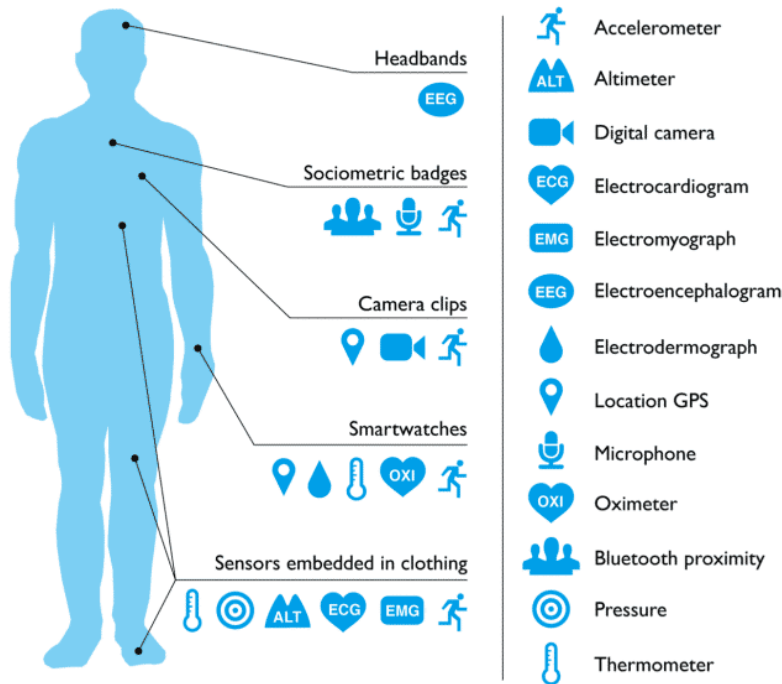


Рисунок 1.2 – Інтернет Речей

Таким чином, розвиток IoT – це не лише технологічна інновація, але й зміна парадигми взаємодії між цифровими системами та фізичним світом, що дозволяє трансформувати класичні галузі діяльності та формувати нові моделі бізнесу й управління.

1.5 Як керувати пристроями Internet of Things

Для повноцінного виконання своїх функцій пристрої Інтернету речей потребують комплексного управління як на внутрішньому, так і на зовнішньому рівнях. Внутрішнє управління включає в себе технічне обслуговування, оновлення вбудованого програмного забезпечення, контроль стану пристрою та забезпечення його стабільної роботи відповідно до

заданих алгоритмів. Воно охоплює також механізми самодіагностики, виявлення збоїв і відновлення працездатності без участі людини, що є критичним у розподілених мережах з великою кількістю пристроїв.

Зовнішнє управління передбачає взаємодію пристрою з іншими компонентами системи – як безпосередньо з іншими пристроями IoT у межах локальної мережі, так і через мережеву інфраструктуру з хмарними платформами, шлюзами або користувацькими застосунками. Ця взаємодія реалізується за допомогою стандартизованих протоколів зв'язку, таких як MQTT, CoAP або HTTP, що забезпечують обмін повідомленнями, синхронізацію станів, реагування на події та централізоване керування.

Таким чином, ефективне управління IoT-пристроями базується на поєднанні внутрішньої стабільності, оновлюваності та автономності з можливістю зовнішнього контролю, інтеграції в більші екосистеми і масштабованості, що дозволяє забезпечити надійність, безпеку та гнучкість у їх використанні

Функціонування сучасної IoT-інфраструктури значною мірою залежить від централізованого контролю, що реалізується через спеціалізовані центри управління та контролю (Control and Command – C&C). Саме ці центри забезпечують комплексне обслуговування пристроїв, включаючи їх налаштування, моніторинг, оновлення мікропрограмного забезпечення, а також виправлення помилок і усунення вразливостей без фізичного доступу до пристроїв. Окрім того, центри управління відіграють ключову роль у процедурі автентифікації пристроїв та обробці запитів на реєстрацію, що гарантує безпечне включення нових елементів до мережі IoT.

Комунікація між пристроями у такій системі реалізується через відкриті інтерфейси прикладного програмування (API), які виконують роль стандартизованого каналу для обміну даними. Після відкриття API виробником, сторонні розробники або інші пристрої можуть ініціювати взаємодію, отримуючи доступ до функціоналу пристрою, зчитуючи з нього показники або надсилаючи команди. Таким чином, API перетворюється на

критичний елемент інтероперабельності в екосистемі IoT.

За допомогою API адміністратори систем можуть реалізувати сценарії віддаленого керування, які раніше вимагали фізичної присутності. Наприклад, диспетчер може оперативнo змінити статус дверей, вимкнути освітлення або скоригувати кліматичні параметри в будівлі на основі показників датчиків, отриманих у реальному часі. Така архітектура значно підвищує гнучкість, масштабованість та безпеку систем розумного середовища.

1.6 Industrial Internet of Things

Індустріальний Інтернет речей (IIoT, англ. Industrial Internet of Things) – це еволюційний напрям розвитку IoT, що охоплює використання інтелектуальних пристроїв, сенсорів, машин, систем автоматизації та аналітичного програмного забезпечення в промисловому середовищі. Спершу концепція IIoT асоціювалася виключно з технічною інфраструктурою для синхронізації обладнання за допомогою цифрових технологій, таких як обмін даними між машинами (M2M), хмарні обчислення та віртуалізація виробничих процесів. Згодом, у контексті Четвертої промислової революції (Industry 4.0), IIoT перетворився на стратегічну платформу для цифрової трансформації виробництва, логістики, енергетики, аграрного сектору та інших галузей.

Сьогодні під IIoT розуміють системну взаємодію машин, комп'ютерних систем та людей у виробничому середовищі, що базується на обробці великого обсягу даних, отриманих від сенсорів та пристроїв в реальному часі. Така взаємодія дозволяє досягти значного підвищення ефективності, передбачуваності технічного обслуговування, зниження виробничих ризиків та оптимізації витрат.

Визначальною особливістю IIoT є орієнтація на використання розширеної аналітики, штучного інтелекту та машинного навчання, які

перетворюють зібрані дані в цінні бізнес-інсайти. Таким чином, Індустріальний Інтернет речей стає основою для створення кіберфізичних систем, які здатні не лише відображати поточний стан виробництва, а й прогнозувати його поведінку, адаптуватися до зовнішніх змін і підтримувати автономне керування технологічними процесами.

1.7 Зв'язок машина–машина та ІоТ

У контексті концепцій "машина до машини" (M2M) та "Індустрія 4.0" основна перевага сучасних промислових систем полягає у їх здатності до напівавтономного функціонування з мінімальним втручанням оператора. Такі системи демонструють високий рівень адаптивності завдяки здатності обробляти інформацію в режимі реального часу та самостійно приймати рішення на основі зворотного зв'язку. Завдяки впровадженним механізмам контролю, збирання даних та аналітики, вони можуть не лише реагувати на зміни у виробничому середовищі, але й коригувати власну поведінку, забезпечуючи гнучкість та оптимізацію технологічних процесів.

Комунікація між машинами, що є невід'ємною частиною Інтернету речей, відіграє ключову роль у забезпеченні такого функціонування. Вона дозволяє здійснювати безперервний обмін інформацією між елементами промислової інфраструктури, створюючи підґрунтя для побудови інтелектуальних систем управління. Саме з такої взаємодії розпочався розвиток Індустріального Інтернету речей, який еволюціонував від ізольованих рішень до повноцінних цифрових екосистем, де машини, пристрої та аналітичне програмне забезпечення функціонують як єдине ціле.

У цьому контексті Індустріальний Інтернет речей (ІоТ) розглядається як еволюційний крок у напрямку до створення «розумних машин», здатних діяти з надзвичайною точністю та ефективністю. Завдяки використанню передових сенсорних систем, алгоритмів обробки даних і автономного

управління, ПоТ-системи досягають рівня функціонування, що значно перевершує можливості, притаманні ручному або навіть традиційному автоматизованому управлінню.

Такі машини не лише виконують виробничі завдання з високою точністю, але й можуть прогнозувати технічні несправності, оптимізувати витрати ресурсів, адаптуватися до змін у навколишньому середовищі та самостійно вдосконалювати свої алгоритми роботи на основі зібраних даних. У результаті відбувається поступовий перехід від індустріальних процесів, орієнтованих на людину, до саморегульованих інтелектуальних систем, що функціонують з мінімальним зовнішнім втручанням.

1.8 Переваги ПоТ у виробництві та за його межами

Однією з основних переваг Індустріального Інтернету речей (ПоТ) є суттєве зниження впливу людського чинника, що дозволяє мінімізувати помилки, скоротити обсяги ручної праці та значно підвищити загальну продуктивність виробничих процесів. Завдяки застосуванню розподілених сенсорних систем, інтелектуального контролю та механізмів аналітики даних, досягається економія ресурсів у часовому та фінансовому вимірах, що є критично важливим для висококонкурентних галузей. Особливу роль у цьому відіграє можливість організації безперервного моніторингу якості та своєчасного виявлення потенційних відхилень у роботі обладнання, що позитивно впливає на надійність і стабільність виробничих процесів.

ПоТ, як складова ширшої концепції Інтернету речей, базується на багаторівневому зборі, обробці та обміні інформацією між пристроями, що забезпечує гнучкість і масштабованість у впровадженні систем автоматизації. У промисловому контексті це трансформує традиційну роль працівника, зменшуючи потребу в рутинних діях, водночас породжуючи попит на нові професійні компетенції, орієнтовані на управління цифровими процесами, аналітику великих даних та інтеграцію IoT-платформ.

Завдяки зворотним зв'язкам між пристроями та здатності до адаптації на основі зібраної інформації, IoT не лише сприяє підвищенню точності операцій, але й підсилює загальний рівень безпеки технологічного середовища. У галузях із підвищеними вимогами до надійності функціонування, таких як енергетика, хімічна промисловість або транспорт, ця здатність до саморегулювання та превентивного обслуговування має вирішальне значення.

У перспективі розвиток IoT супроводжуватиметься уніфікацією протоколів взаємодії та створенням спільних архітектур, що сприятиме кращій сумісності між пристроями та системами різного походження. Така інтеграція відкриє нові горизонти для побудови повністю автономних виробничих середовищ із гнучким управлінням ресурсами та високим рівнем адаптивності до зовнішніх змін. У цьому контексті IoT виступає не лише інструментом технологічної модернізації, але й рушієм інноваційного оновлення традиційних галузей промисловості.

1.9 IoT-шарова архітектура

Еталонна модель Інтернету речей передбачає багаторівневу організацію архітектури, що забезпечує структуроване представлення взаємодії апаратних і програмних компонентів системи. Згідно з усталеною концепцією, модель IoT розділяється на чотири взаємопов'язані шари, які функціонують у напрямку від фізичного середовища до кінцевих користувачів.

Найнижчий рівень – елементний, або рівень сприйняття – відповідає за збирання даних за допомогою фізичних пристроїв: сенсорів, виконавчих механізмів, контролерів. Цей шар забезпечує зв'язок з фізичним світом і формує первинну інформацію, що надходить до системи.

Наступний – мережевий рівень – забезпечує передачу зібраних даних від пристроїв до центрів обробки або зберігання через комунікаційні

протоколи (Wi-Fi, ZigBee, NB-IoT тощо). Саме цей рівень гарантує надійний транспорт даних та ідентифікацію пристроїв у розподіленому середовищі.

Рівень обслуговування виконує роль посередника, який відповідає за обробку даних, керування ресурсами, а також реалізацію логіки взаємодії між сервісами. Він дозволяє реалізовувати функції агрегації, фільтрації, зберігання даних, а також забезпечує динамічну взаємодію між пристроями та користувацькими системами.

Верхній рівень – рівень додатків – орієнтований на реалізацію кінцевих сервісів для користувача, наприклад, систем моніторингу, автоматичного керування, аналітики чи візуалізації. На цьому рівні відбувається взаємодія з людьми через інтерфейси управління (мобільні застосунки, веб-панелі, API), що забезпечують доступ до функцій IoT-системи.

Така ієрархічна модель дозволяє стандартизувати архітектурний підхід до побудови IoT-систем, спрощуючи інтеграцію нових пристроїв і сервісів, забезпечуючи масштабованість і гнучкість при розгортанні рішень у найрізноманітніших галузях.

Кожен рівень має свої компоненти, стандарти зв'язку та протоколи.

1.10 Перетворення енергії

У запропонованій концепції використовується кремнієва сонячна батарея як основне джерело енергії, що дозволяє забезпечити живлення пристроїв у системах з низьким енергоспоживанням. Завдяки простій конструкції, здатності функціонувати при слабкому освітленні та мінімальних витратах на експлуатацію, сонячні батареї демонструють високу ефективність для енергонезалежних мереж. Вони генерують напругу до 0,6 В, а коефіцієнт корисної дії зазвичай становить 15–20%, залежно від умов освітлення.

Для реалізації контролю енергоспоживання в системі застосовується

мікроконтролер серії Si1012 від Silicon Labs, який дозволяє не лише координувати роботу пристроїв, а й інтегрувати альтернативні джерела енергії у разі відсутності доступу до сонячного живлення. Такий підхід забезпечує надійність і автономність роботи в критичних умовах або ізольованих середовищах.

Запропонована архітектура системи знайшла практичне застосування в різних галузях, зокрема в автоматизації будівель, індустриальних сенсорних мережах, телемедицині, інфраструктурному моніторингу та охоронних системах. Вона забезпечує ефективну передачу даних, гнучкість при інтеграції нових джерел живлення та високу надійність завдяки енергонезалежності.

Одним із провідних стандартів для реалізації таких систем є ZigBee GreenPower (GP), який оптимізовано для пристроїв із мінімальним споживанням енергії. Цей стандарт дозволяє вузлам передавати короткі GP-кадри лише за потреби, що значно знижує навантаження на мережу. Проксі-вузли, що отримують ці кадри, виконують їх тунелювання у формат стандартних ZigBee-кадрів для подальшої обробки в мережі. Завдяки цьому забезпечується безперебійна передача інформації навіть від енергетично обмежених або ізольованих вузлів.

Стандарт ZigBee GP особливо ефективний для систем, де акумулятори не можуть бути замінені або обслуговувані, а вузли працюють у важкодоступних або небезпечних місцях. Його використання дозволяє відмовитися від традиційних джерел живлення, скоротити вартість і спростити встановлення пристроїв. У підсумку, впровадження таких рішень у сферу бездротових сенсорних мереж відкриває нові можливості для створення гнучких, економічних та екологічних систем з високим рівнем автономності.

2 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ

2.1 Проектування системи певному об'єкті

У межах даного проєкту система автоматизованого керування буде реалізована в межах одноповерхової будівлі садибного типу, що включає як основну житлову споруду, так і додаткові підсобні приміщення на прилеглій території. Такий архітектурний формат дозволяє рівномірно розмістити керовані об'єкти та інтегрувати виконавчі пристрої у внутрішньому і зовнішньому середовищі.

Розташування всіх елементів системи – датчиків, виконавчих механізмів, інтерфейсів управління та вузлів зв'язку – оптимізовано для забезпечення максимального охоплення, швидкого реагування на зміни середовища та зручності обслуговування. Всередині приміщення передбачено встановлення датчиків руху, освітлення та температури, які взаємодіють із системою керування освітленням, кліматичними пристроями та автоматичними жалюзі. На вулиці передбачено розміщення датчиків освітленості та вологозахищених освітлювальних приладів, які автоматично вмикаються в темну пору доби або за заданим розкладом.

На рисунку 2.1 представлено схему інтеграції системи, яка ілюструє просторове розташування пристроїв у житлових приміщеннях, на терасі та в зоні подвір'я. Такий підхід дозволяє забезпечити безперервний контроль за параметрами середовища, підвищити енергоефективність житла, а також створити комфортні умови для мешканців шляхом автоматизованого регулювання внутрішнього мікроклімату, освітлення та безпеки.

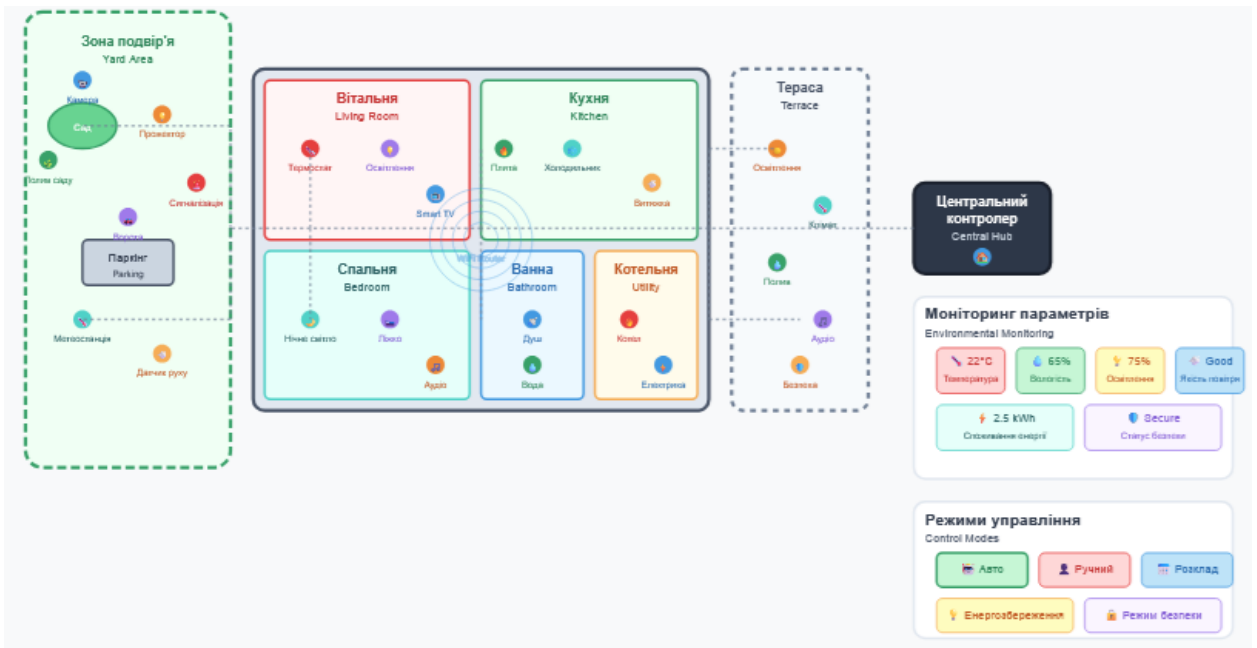


Рисунок 2.1 – Схема розположення елементів

Для забезпечення зручного орієнтування в структурі системи автоматизованого керування, яка реалізується в одноповерховому будинку садибного типу, використовуються умовні графічні позначення, що відповідають ключовим функціональним компонентам. Кожен елемент системи має унікальний номер, що спрощує ідентифікацію та аналіз структури системи в межах архітектурного плану або схеми розміщення.

Позначення охоплюють основні засоби автоматизації: пристрої керування освітленням, сенсори, виконавчі механізми та елементи взаємодії користувача. Зокрема, передбачено окремі позначення для внутрішнього та зовнішнього освітлення, сенсорів руху й освітленості, а також моторизованих елементів, що забезпечують автоматичне переміщення, наприклад, жалюзі чи штор. Спеціальні побутові вимикачі реалізують як загальне керування, так і активацію нічного режиму, що підвищує енергоефективність і комфорт у темний період доби.

Таким чином, умовні позначення системи виконують важливу роль у візуалізації топології керованих пристроїв, надаючи змогу легко ідентифікувати функціональні блоки як у процесі проектування, так і під час монтажу та обслуговування.

2.2 Структурна схема системи

Структурна схема представлена рисунку 2.2.

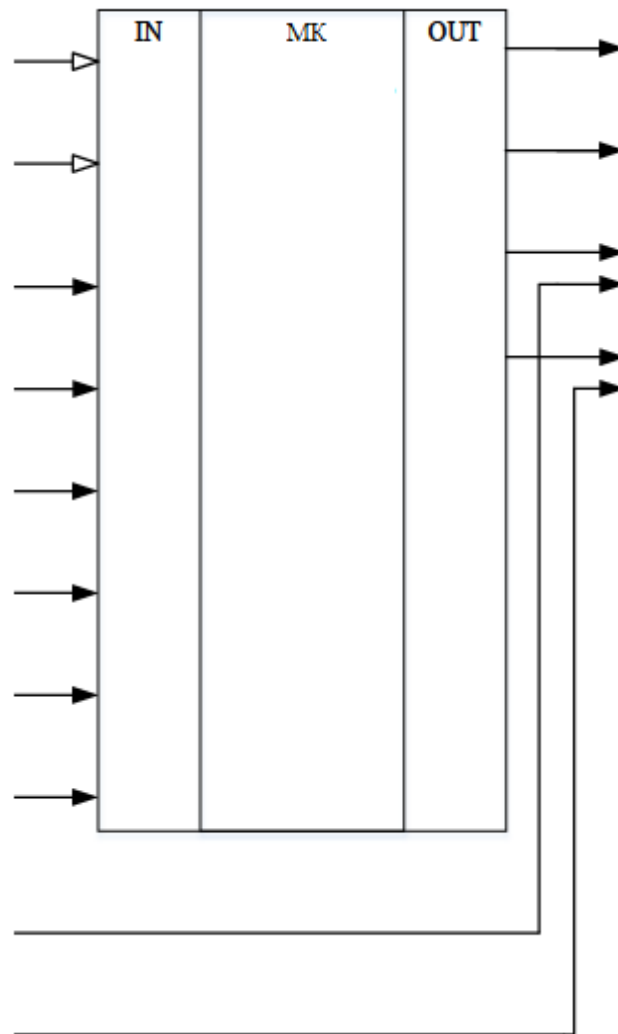


Рисунок 2.2 – Схема МК

2.3 Підбір функціоналу та модулів

Загальна структура сучасної системи керування освітленням базується на інтеграції сенсорних технологій, мікроконтролерної логіки та виконавчих механізмів, що дозволяє досягти високого рівня автоматизації та енергоефективності. У такій системі ключову роль відіграють інфрачервоні датчики руху, які забезпечують точне виявлення присутності людини в

приміщенні або зоні спостереження. Вони мають високу чутливість до повільних переміщень, на відміну від ультразвукових сенсорів, і тому є ефективними у побутових сценаріях.

Контроль рівня освітленості реалізується за допомогою спеціалізованого датчика, встановленого на відкритій поверхні поза зоною дії штучних джерел світла. Завдяки компактним габаритам, сенсор легко інтегрується у простір інтер'єру, наприклад, біля настінного вимикача. Отримані ним дані аналізуються мікроконтролером, який приймає рішення про активацію або вимкнення світлових приладів, зокрема світлодіодних стрічок, яскравість яких регулюється відповідно до заданих алгоритмів.

У системі також реалізовано управління природним освітленням шляхом автоматизованого контролю положення штор. Механічне переміщення штор забезпечується моторизованим приводом, керованим тим самим мікроконтролером. Для визначення граничного положення штор використовуються кінцеві вимикачі, які сигналізують про досягнення відповідного положення полотна. Ці сигнали служать командою для припинення руху мотора, запобігаючи перевантаженню або механічним пошкодженням.

Загалом, система забезпечує адаптивне освітлення як у денний, так і в нічний час, автоматизуючи процеси ввімкнення штучного освітлення та регулювання доступу природного світла, що створює комфортне середовище з мінімальним втручанням користувача.

2.4 Обґрунтування прийнятого рішення

Після аналізу існуючих рішень у сфері автоматизації освітлення було встановлено, що переважна більшість пристроїв функціонує за однаковим принципом – центральним елементом є мікроконтролер, до якого під'єднуються різноманітні сенсори. Хоча такі системи демонструють загальну ефективність, вони часто мають низку недоліків, серед яких варто

відзначити високу вартість та обмежену гнучкість у підключенні додаткових модулів, що ускладнює їх адаптацію до змін у конфігурації або функціоналі системи. Саме ці обмеження спонукали до вибору альтернативного підходу – використання апаратної платформи Arduino.

Arduino виявилася оптимальним рішенням завдяки низці техніко-економічних переваг. Вона характеризується доступною вартістю, підтримкою великої кількості цифрових та аналогових пристроїв, широкою спільнотою користувачів і розробників, а також наявністю значної кількості відкритих інструкцій, прикладів та бібліотек, які значно спрощують реалізацію проєктів будь-якої складності. До того ж, програмне середовище для створення та завантаження прошивок до плати Arduino є безкоштовним і кросплатформним, що полегшує розробку та тестування системи навіть для користувачів без глибоких знань в області мікроелектроніки.

Arduino репрезентує платформу для проєктування інтерактивних електронних пристроїв, які забезпечують тісну інтеграцію з фізичним середовищем. Вона побудована на основі друкованої плати з відкритою архітектурою та власним середовищем розробки з відкритим вихідним кодом. Завдяки такому підходу, Arduino здатна приймати сигнали від широкого спектра сенсорів, обробляти їх та впливати на зовнішні виконавчі елементи. Крім того, ця платформа дозволяє створювати автономні системи або забезпечує можливість їхньої інтеграції з іншими програмними продуктами, що працюють на персональному комп'ютері, такими як Flash, Processing чи MaxMSP.

З огляду на вищезазначене, Arduino обґрунтовано розглядається як ефективна основа для побудови адаптивної, масштабованої та економічно доцільної системи автоматизації освітлення у межах запропонованого проєкту.

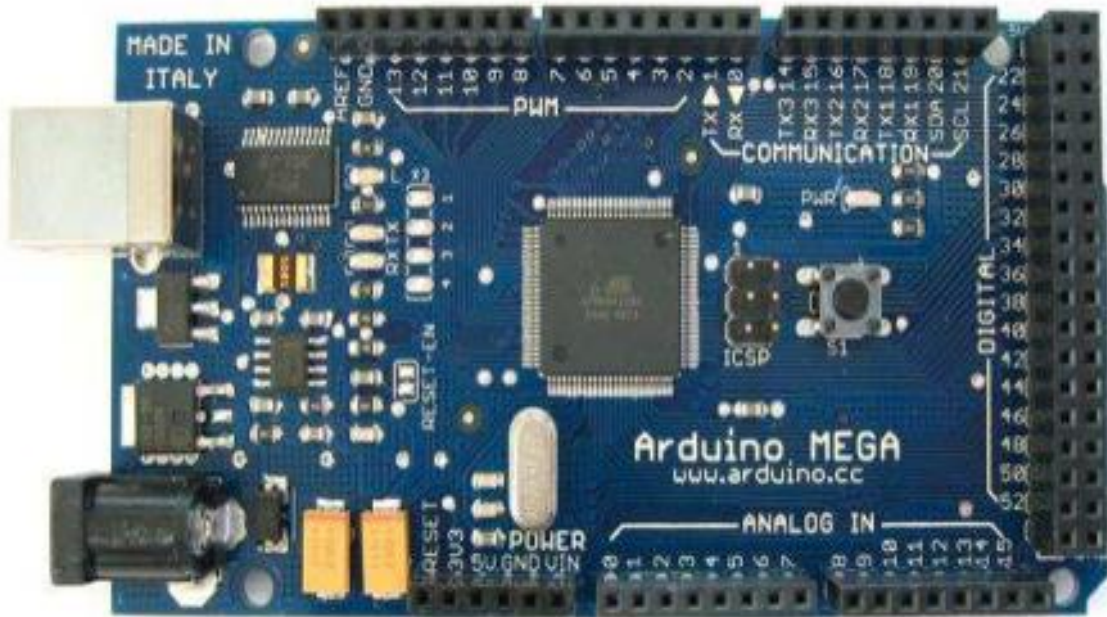


Рисунок 2.3– Модуль системи МК Arduino Mega

Arduino представлена низкою апаратних рішень, що задовольняють різні вимоги до функціональності, габаритів та кількості доступних входів/виходів. До найбільш відомих варіантів належать: Arduino Micro – компактна версія з мікроконтролером ATmega32u4, Arduino Uno – базова платформа з найбільшою популярністю серед користувачів, Arduino Nano – мініатюрна плата, зручна для макетування, Arduino Mega – розширена версія з великою кількістю входів/виходів, оптимальна для складних систем.

У контексті розробки системи автоматизації освітлення, що передбачає підключення значної кількості сенсорів, виконавчих пристроїв і модулів зв'язку, найдоцільнішим вибором стала платформа Arduino Mega. Її обчислювальне ядро – мікроконтролер ATmega2560 – забезпечує високу продуктивність і має достатній обсяг пам'яті: 256 КБ флеш-пам'яті для коду, 8 КБ оперативної пам'яті та 4 КБ EEPROM.

Arduino Mega підтримує 54 цифрові входи/виходи, з яких 14 можуть працювати в режимі ШІМ, що дозволяє точно регулювати рівні яскравості світлодіодних освітлювальних елементів. Плата має 16 аналогових входів із роздільною здатністю 10 біт, що забезпечує точну обробку аналогових

сигналів від датчиків освітленості, температури тощо. Чотири послідовні інтерфейси UART, підтримка I2C та SPI дозволяють зручно інтегрувати плату в складні багатокомпонентні системи.

Arduino Mega може живитися як через USB, так і через зовнішні джерела живлення в межах від 6 до 20 В. Однак рекомендованим вважається діапазон 7–12 В, що забезпечує стабільну роботу без перегріву регулятора напруги. Виводи живлення платформи (VIN, 5V, 3.3V, GND) дозволяють підключати як регульовані, так і нерегульовані джерела живлення, а також забезпечують живлення підключених модулів.

Перевагою є також можливість автоматичного вибору джерела живлення, а завдяки використанню мікроконтролера Atmega8U2 як конвертера USB-to-Serial, забезпечується надійна передача даних через USB-інтерфейс.

Функціональні можливості Arduino Mega дозволяють реалізовувати складні сценарії автоматизації з використанням зовнішніх переривань, широтно-імпульсної модуляції, серійних інтерфейсів зв'язку, а також інтегрувати її з іншими пристроями, що забезпечує масштабованість і гнучкість розробленої системи. Усе це робить платформу ідеальною для побудови інтелектуальної системи управління освітленням, яка реагує на умови навколишнього середовища та потреби користувача в реальному часі.

2.5 Вибір та опис використовуваних датчиків

Для реалізації функції адаптивного освітлення на основі навколишнього світла в системі використовується фотомодуль на основі фоторезистора, що вже містить необхідні електронні компоненти для зручного підключення до плати Arduino. Зазвичай такі модулі обладнані компаратором і мають два типи виходів: аналоговий, який передає змінне значення напруги пропорційно освітленості, і цифровий – для сигналу, що формується при перевищенні порогу, який задається підстроювальним

резистором. Це забезпечує гнучкість у виборі типу керування залежно від логіки проєкту.

Фоторезистор, на відміну від звичайного резистора, змінює свій опір у відповідь на зміну інтенсивності світла. Зокрема, при збільшенні освітленості опір зменшується, а при зниженні – зростає. Ця властивість дозволяє Arduino зчитувати аналогове значення напруги, що падає на фоторезисторі в ділянці напруги, і відповідно реагувати на умови освітлення: вмикати чи вимикати освітлення, відкривати жалюзі тощо. Недоліками цього типу сенсора є його спектральна вибірковість та низька швидкодія. Наприклад, при штучному освітленні певного спектра або при мерехтінні фоторезистор може неточно передавати інформацію про рівень освітленості, особливо при високій частоті зміни світлового потоку.

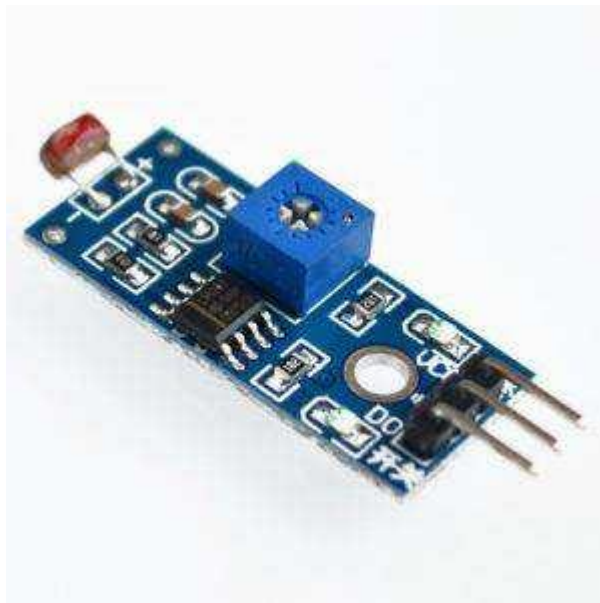


Рисунок 2.4 – Готовий модуль з фоторезистором

У якості сенсора присутності людини в системі обрано інфрачервоний датчик HC-SR501, який виявляє рух на основі зміни теплового випромінювання в межах зони огляду. PIR-датчики є недорогими, надійними та ефективними для реалізації базових систем автоматичного ввімкнення/вимкнення освітлення. Модуль HC-SR501 працює з живленням 5

В, має широкий кут огляду приблизно 110° по горизонталі і 70° по вертикалі, а дальність виявлення руху сягає до 6 метрів. Вихідний сигнал формується у вигляді цифрового рівня: при відсутності руху сигнал дорівнює 0, у разі виявлення руху – сигнал піднімається до 1, що дозволяє легко інтегрувати його в цифрову логіку Arduino без необхідності в додатковому перетворенні.

Поєднання фотомодуля з фоторезистором та інфрачервоного датчика HC-SR501 дозволяє системі керування освітленням враховувати як рівень навколишнього світла, так і наявність людей у приміщенні, забезпечуючи адаптивну та енергоефективну поведінку.

Для реалізації функції виявлення руху в системі автоматизованого керування освітленням використовується інфрачервоний датчик HC-SR501, що є прикладом пасивного піроелектричного сенсора (PIR). Його конструкція базується на двох чутливих елементах, які реєструють зміни інфрачервоного випромінювання, властивого живим об'єктам. Важливою особливістю є те, що сенсор не генерує власного випромінювання, а лише реагує на енергію, яку випромінює тіло людини або тварини, тому його класифікують як пасивний пристрій.

Фокусування теплових сигналів на сенсор здійснюється за допомогою спеціальної лінзи Френеля, що дозволяє значно розширити зону охоплення та підвищити чутливість модуля. Виявлення об'єкта базується на відмінності сигналів, які надходять на обидва чутливі елементи, що дає змогу мікросхемі розпізнати факт переміщення в межах контрольованої області.

Модуль HC-SR501 підтримує два режими роботи, що визначаються за допомогою перемички. У режимі H (повторюваний режим) за наявності руху таймер автоматично перезапускається, забезпечуючи підтримку високого рівня сигналу на виході доти, поки об'єкт залишається в зоні дії сенсора. Цей режим зручний для постійного освітлення, поки в приміщенні перебуває людина.

У режимі L (одиначний режим) вихідний сигнал переходить у високий рівень лише один раз при першому спрацьовуванні, незалежно від

подальших рухів. Після цього формується затримка, тривалість якої встановлюється змінним резистором. Упродовж цього часу датчик ігнорує всі інші події, що дозволяє уникнути надмірної чутливості в динамічному середовищі.

Візуально модуль HC-SR501 має компактну конструкцію, в якій піроелектричний датчик закрито сферичною лінзою Френеля. Завдяки простоті підключення, низькому енергоспоживанню та високій надійності, цей датчик широко використовується в системах «розумного дому», системах безпеки та автоматизації побутових процесів.



Рисунок 2.5 – Датчик руху HC-SR501

У рамках реалізації системи автоматизованого управління, де необхідне точне та надійне керування електродвигунами, використання мікроконтролера обмежується його апаратними характеристиками, зокрема недостатньою вихідною потужністю. З цієї причини доцільно впровадити спеціалізований модуль – драйвер двигунів, який забезпечує узгодження між низькопотужними логічними сигналами мікроконтролера та високими струмами, необхідними для функціонування електродвигунів.

Одним з найбільш оптимальних варіантів для реалізації такого керування є використання драйвера L298N. Цей модуль ґрунтується на двоканальній Н-мостовій схемі, що дозволяє одночасно керувати двома двигунами постійного струму або одним кроковим двигуном, реалізуючи як зміну напрямку обертання, так і регулювання швидкості.

Функціонування плати L298N забезпечується через чотири цифрові входи (IN1–IN4), які відповідають за зміну полярності на виводах двигунів. Для кожного каналу передбачено окремий вхід керування швидкістю – ENA для першого двигуна та ENB для другого. Ці входи можуть функціонувати у двох основних режимах. У "динамічному" режимі на входи EN подається широтно-імпульсний сигнал (PWM), що дозволяє здійснювати тонке регулювання швидкості обертання шляхом зміни скважності сигналу. Такий підхід забезпечує адаптивне керування, що особливо важливо для сценаріїв з плавною зміною умов або необхідністю точної реакції на зміну середовища.

Альтернативно, у "статичному" режимі на входи EN подається постійний логічний високий рівень (+5 В), який активує канал без можливості подальшої зміни швидкості. Для цього на модулі передбачено встановлення джамперів на відповідні штирі. У такому режимі двигуни працюють на максимальній швидкості, а керування зводиться лише до зміни напрямку або повного вимкнення, що реалізується подачею однакових логічних сигналів на обидва входи IN одного каналу.

Завдяки простоті інтеграції, надійності та можливості апаратного регулювання швидкості, драйвер L298N є ефективним рішенням для проєктів на базі Arduino, що потребують роботи з виконавчими пристроями, зокрема двигунами, які керують механічними елементами, наприклад, відкриванням та закриванням штор, поворотними механізмами або переміщенням платформ.

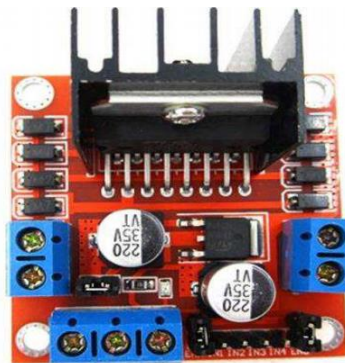


Рисунок 2.6 – Драйвер двигунів

У контексті реалізації автоматизованої системи управління шторами доцільно було обрати саме мотор-редуктор типу JA12-N20 (рисунок 2.8), з огляду на його технічні характеристики, що відповідають вимогам до низькоенергетичних і компактних виконавчих елементів.

Цей тип двигуна поєднує в собі електродвигун постійного струму з вбудованим редуктором, що дозволяє значно зменшити швидкість обертання вала, водночас істотно збільшуючи обертовий момент. Така комбінація є критично важливою для задач, де необхідне точне і плавне переміщення, зокрема в системах відкривання та закривання штор, де важливо уникнути різких ривків або надмірного навантаження на механіку.

Серед переваг JA12-N20 слід виокремити низьке енергоспоживання, що дозволяє ефективно застосовувати його у пристроях з автономним живленням, зокрема на базі акумуляторів або в умовах живлення від сонячних панелей. Діапазон входної напруги зазвичай становить 3–12 В, що забезпечує широку сумісність із популярними платформами мікроконтролерів, зокрема Arduino. Крім того, конструктивні особливості двигуна забезпечують достатній крутний момент навіть при низьких напругах, що дає змогу надійно виконувати завдання з переміщення елементів інтер'єру без потреби у використанні більш громіздких та енергоємних рішень.

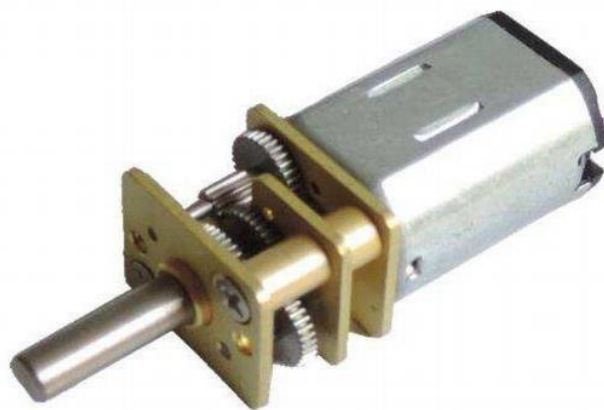


Рисунок 2.7 – Мотор-редуктор

У контексті автоматизованої системи керування освітленням та іншими електричними пристроями, використання реле є ключовим рішенням, що дозволяє забезпечити надійне перемикання силових навантажень, які не можуть бути безпосередньо керовані мікроконтролером через обмеження струму та напруги на його виходах.

Реле функціонує як електромеханічний перемикач, що має два ізольовані ланцюги: ланцюг управління (контакти A1 і A2), який отримує низьковольтний сигнал від мікроконтролера, та силовий ланцюг (контакти 1, 2, 3), який замикає або розмикає електричний струм високої потужності, необхідний для живлення навантаження, наприклад, лампи освітлення. Між цими ланцюгами відсутній фізичний електричний зв'язок, що гарантує гальванічну розв'язку та захищає керуючу схему від перенапруги або коротких замикань.

Принцип роботи реле базується на використанні електромагнітного ефекту. Коли через керуючий ланцюг подається струм, обмотка навколо металевого сердечника створює магнітне поле, що притягує рухомий якір. У цей момент відбувається перемикання з контакту 3 на контакт 1, і електричне коло для живлення навантаження замикається. У разі припинення подачі струму магнітне поле зникає, і під дією поворотної пружини якір повертається у вихідне положення, розмикаючи коло.



Рисунок 2.8 – Реле

Застосування реле є особливо доцільним для підключення змінного струму 220 В, що живить побутові прилади, адже воно дозволяє зберегти безпеку та надійність роботи системи, зокрема при керуванні освітленням, вентиляцією або іншими побутовими пристроями. Вигляд стандартного модулю реле наведено на рисунку 2.9, де зображено як розташовані керуючі та силові контакти, а також конструктивні елементи, зокрема електромагнітна котушка, рухомий якір і контактна група.

У системах автоматичного управління шторами точне визначення їхніх крайніх положень є критично важливим для запобігання перевантаженням мотор-редуктора, забезпечення надійної зупинки руху та правильного виконання команд користувача. Для цієї мети доцільно використовувати оптичні кінцеві вимикачі, як показано на рисунку 2.10.

На відміну від механічних кінцевиків, які мають рухомі частини та можуть зношуватись з часом, оптичні датчики забезпечують безконтактне виявлення положення, що значно підвищує надійність і точність системи. Усередині пристрою знаходиться оптопара, що складається зі світлодіода (як джерела інфрачервоного випромінювання) і фоторезистора або фототранзистора, який вловлює випромінювання. У нормальному стані інфрачервоне світло безперешкодно потрапляє на приймач. Коли в зазор між випромінювачем і приймачем потрапляє перешкода, наприклад, край елемента, що рухається, оптичний зв'язок переривається – і це сприймається як сигнал про досягнення кінцевої точки руху.

Серед ключових переваг оптичних кінцевиків:

- висока точність та швидкість спрацювання, що особливо важливо для систем з динамічним переміщенням;
- беззвучна робота, що робить систему зручною для використання в побуті;
- відсутність механічного зносу, оскільки відсутні контактні елементи.

Разом з тим, існують певні обмеження у використанні таких датчиків. Вони можуть:

- неправильно функціонувати при яскравому зовнішньому освітленні, особливо при потраплянні прямих сонячних променів у вікно датчика;
- дати хибні сигнали через пил або бруд, який накопичується в зоні оптичного зазору.

Отже, при встановленні оптичних кінцевиків доцільно забезпечити захист від прямого світла та періодично очищувати робочу область датчика для збереження його функціональності. У рамках цього проєкту такі кінцеві вимикачі забезпечують чітку зупинку штор у крайньому положенні та передають відповідні сигнали на мікроконтролер для завершення руху мотора.

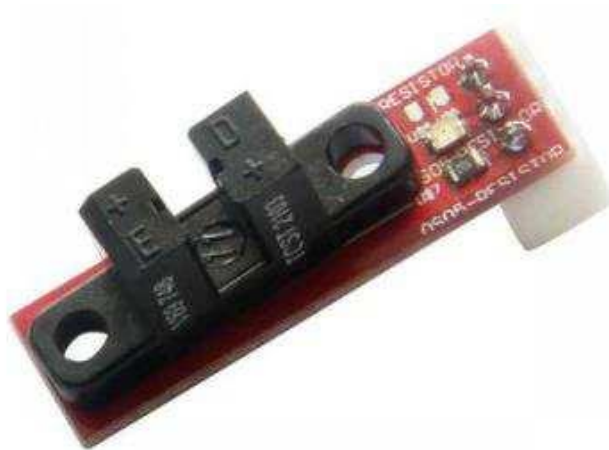


Рисунок 2.9 – Кінцевий вимикач



Рисунок 2.10 – Побутовий вимикач

У даному проєкті для ручного керування станом освітлення та положенням штор передбачено використання звичайних побутових вимикачів, що дозволяє забезпечити інтуїтивно зрозумілий інтерфейс управління для користувача. На рисунку 2.11 зображено стандартний приклад такого вимикача, який може бути інтегрований у систему автоматизації без необхідності модифікації звичних побутових елементів керування

Для керування освітленням застосовується вимикач з двома перемикачами. Один із них відповідає за безпосереднє вмикання та вимикання світла, а другий використовується для перемикання між ручним та автоматичним режимами освітлення. Така організація дозволяє гнучко адаптувати поведінку системи відповідно до потреб користувача – у разі необхідності перейти до повністю ручного керування або, навпаки, надати контроль мікроконтролеру, який визначає необхідність освітлення на основі даних з датчиків руху та освітленості.

Аналогічний підхід застосовується для керування шторами, де вимикач виконує функцію подання сигналів до мікроконтролера для запуску відкривання або закривання. Така система забезпечує подвійний рівень контролю: автоматизований за допомогою сенсорів і виконавчих механізмів, а також традиційний ручний, що важливо з точки зору зручності, резервування та безпеки.

Інтеграція побутових вимикачів у систему автоматизації дозволяє зберегти знайомий користувацький досвід, не змінюючи логіку повсякденного використання елементів освітлення або штор, водночас доповнюючи її сучасними функціональними можливостями.

3 ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ТА ПЗ

Описані алгоритми керування реалізують інтелектуальну систему побутової автоматизації, в якій поєднуються як сенсорні механізми, так і традиційні ручні елементи керування. Система функціонує на базі мікроконтролера Arduino Mega і охоплює освітлення внутрішніх приміщень, вуличне освітлення, а також автоматизоване керування шторами. У випадках, коли приміщення не має природного освітлення, активація джерел світла здійснюється при виявленні руху. Час дії освітлення визначається параметрами датчика і завершується автоматично, коли рух припиняється. Якщо йдеться про приміщення з вікнами, то до основного критерію додається ще й рівень освітленості: світло вмикається лише в разі виявлення руху при недостатньому освітленні, тоді як за природного денного світла система не активує штучне джерело.

Ручне керування залишається незалежним від логіки мікроконтролера і здійснюється через побутові вимикачі, які безпосередньо підключені до електричного кола. Один із них призначений для відключення автоматичного режиму, тоді як інший дозволяє користувачу вмикати освітлення незалежно від наявності руху чи рівня освітлення. Вуличне освітлення функціонує за подібним принципом, але його активація залежить винятково від значення освітленості, визначеного датчиком: при зниженні освітлення нижче заданого порогу джерела світла активуються.

Керування шторами реалізовано у двох режимах. В автоматичному режимі рух штор залежить від фіксації критичних значень освітлення: при надмірному денному світлі штори зачиняються, а при зниженні яскравості – відчиняються. У ручному режимі користувач керує положенням штор через побутовий перемикач. Рух припиняється автоматично завдяки сигналу від оптичних кінцевих вимикачів, які фіксують крайні положення. Цей режим недоступний при активованій автоматичній функції.

Уночі система переходить у спеціальний режим, призначений для обмеження будь-якої автоматичної взаємодії, пов'язаної з освітленням. У цьому режимі працює лише та частина логіки, що відповідає за приміщення без вікон, аби уникнути випадкового ввімкнення світла під час сну. В момент переходу в нічний режим усі штори автоматично зачиняються, після чого із затримкою, визначеною у програмі, вимикається штучне освітлення. Такий підхід дозволяє створити гнучку, енергоефективну і комфортну систему керування, орієнтовану як на автоматизоване, так і на ручне втручання.

3.1 Розробка програмного забезпечення

Для реалізації програмної частини проекту було обрано середовище розробки Arduino IDE, що стало доцільним завдяки наявності широкої бази прикладів та бібліотек, які суттєво спрощують процес написання та налагодження коду. Після подачі живлення на мікроконтролер ініціалізуються всі необхідні компоненти та виконується початкове налаштування системи, що забезпечує готовність пристрою до функціонування. Основна логіка програми побудована навколо постійного циклу, у межах якого функціонує базова функція `CheckLight()`, що відповідає за керування освітленням у приміщеннях, позбавлених природного світла.

Активація нічного режиму розширює можливості системи, роблячи доступними додаткові функції, серед яких `CheckLightWindow()`, `winSwitch()` та `winAutoSwitch()`. Ці функції відповідають, відповідно, за контроль рівня освітленості у приміщеннях із вікнами, перемикання режимів керування шторами та їхнє автоматичне відкриття або закриття залежно від умов навколишнього освітлення. Одночасно з цим реалізується можливість автономного вмикання вуличного освітлення за зниження рівня природного світла.

У нічному режимі всі штори автоматично зачиняються, причому їхнє подальше відкриття буде можливим лише після відключення цього режиму

через відповідний вимикач. Логіка керування у нічний період реалізована в окремій функції `OnNightMode()`, що забезпечує централізоване виконання дій, необхідних для переведення системи у відповідний режим роботи.

3.2 Моделювання системи

Для ілюстрації функціонування запропонованої системи управління освітленням та шторами використовується інтегроване середовище розробки Proteus, яке забезпечує повноцінну платформу для моделювання електронних пристроїв, включаючи ті, що реалізовані на основі мікроконтролерів різних архітектур (рисунок 3.1). Це середовище дозволяє створювати принципові електричні схеми за допомогою графічного редактора, здійснювати симуляцію їхньої роботи в реальному часі, а також розробляти друковані плати з подальшою тривимірною візуалізацією їх компонування.

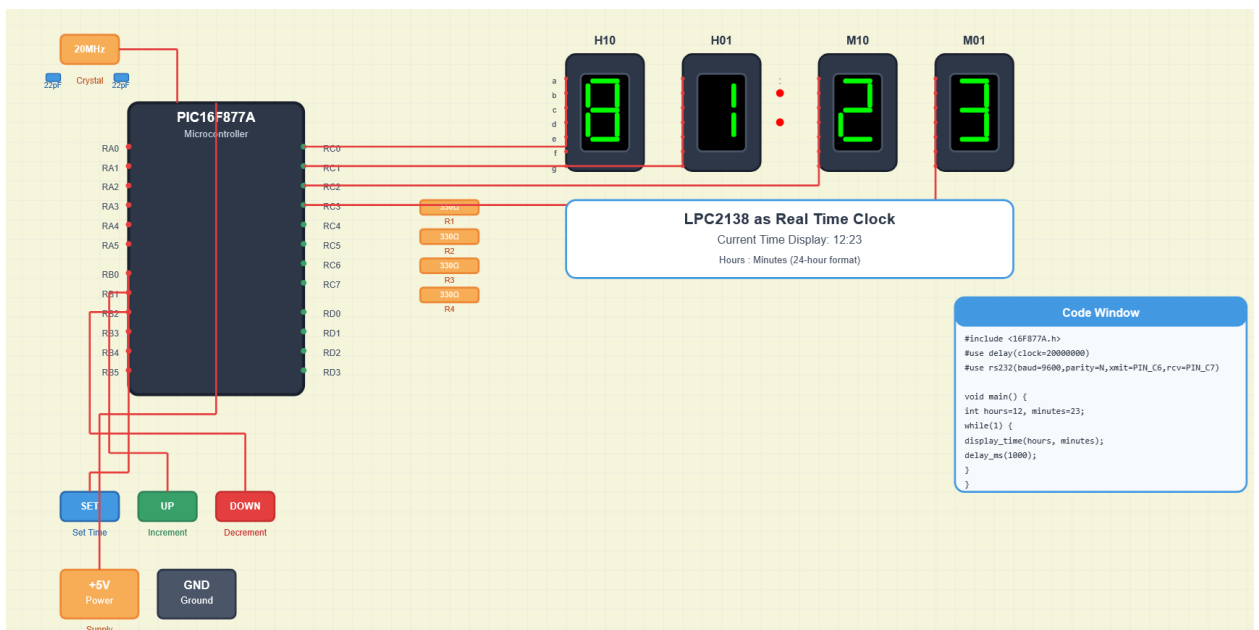


Рисунок 3.1 – Програмне забезпечення

Основною перевагою Proteus є його здатність до точної емуляції поведінки мікроконтролерів у складі проєктованої системи, що дозволяє одночасно налагоджувати як електронну складову, так і мікропрограмне

забезпечення без необхідності створення фізичного прототипу. Такий підхід дає змогу виявити помилки на ранніх етапах розробки, оптимізувати логіку взаємодії елементів системи та забезпечити коректну роботу програмного коду ще до переходу до реального впровадження.

Для реалізації демонстрації роботи всієї системи в середовищі Proteus необхідно інтегрувати додаткові бібліотеки, які забезпечують доступ до спеціалізованих компонентів, зокрема макетів мікроконтролерів Arduino, модулів датчиків руху та драйверів двигунів. Це дозволяє точно відтворити роботу фізичних компонентів у віртуальному середовищі. Для імітації функціонування кожного режиму керування передбачено по одному датчику на кожен логічний блок системи, що дає змогу візуалізувати реакцію елементів у типових сценаріях. Загальна структура змодельованої системи у середовищі Proteus подана на відповідному зображенні (рисунок 3.2) і демонструє взаємозв'язки між усіма складовими.

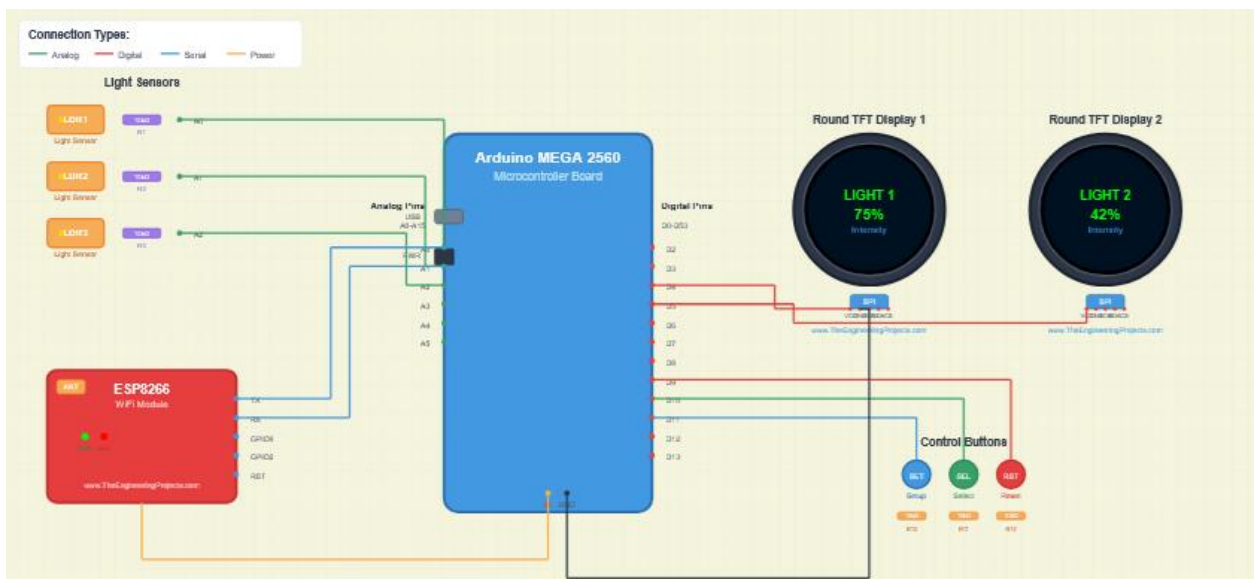


Рисунок 3.2 – Схема

Для оцінки рівня зовнішньої освітленості застосовується попередньо зібраний фотомодуль, який містить фоторезистор і супутні компоненти, що спрощують підключення до плати Arduino. Фоторезистор, на відміну від звичайного резистора, змінює свій опір залежно від інтенсивності світла, яке

на нього потрапляє. У контексті електричної схеми це призводить до змін значення напруги, яку фіксує аналоговий вхід мікроконтролера. Ці зміни обробляються в програмному забезпеченні, що дозволяє формувати адаптивну поведінку системи в залежності від освітлення середовища, зокрема в умовах сезонної варіативності або нестабільного освітлення. Таким чином, за рахунок використання фотомодуля система здатна динамічно реагувати на зовнішні умови та забезпечувати відповідне керування освітленням та іншими елементами.

ВИСНОВКИ

У підсумку виконаної роботи було реалізовано функціональну підсистему розумного будинку, орієнтовану на автоматизоване управління як природним, так і штучним освітленням. Проект адаптовано до умов реальної архітектури одноповерхової садибної споруди, що забезпечує його практичну спрямованість. Фундаментом системи слугує мікроконтролер Arduino Nano на базі AtMega1280, який забезпечує інтеграцію апаратних компонентів і програмну реалізацію логіки керування. Розроблена система здійснює контроль за рівнем освітлення у внутрішньому просторі будинку, а також у зовнішньому середовищі, з урахуванням інтенсивності природного світла та присутності руху.

У ході роботи сформовано архітектуру підсистеми, обґрунтовано вибір ключових апаратних елементів, включаючи сенсорні модулі, виконавчі пристрої та модулі керування. Проведено аналіз наявних технічних рішень у цій сфері, що дозволило визначити актуальність теми в контексті розбудови енергоефективного та адаптивного середовища проживання. Розроблено структуровані алгоритми автоматизації сценаріїв освітлення залежно від параметрів навколишнього середовища та поведінки користувача. Складено повноцінне програмне забезпечення для реалізації цих алгоритмів, а функціональність системи протестовано у віртуальному середовищі моделювання Proteus, де змодельовано всі основні компоненти системи та їх взаємодію.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Овідіу Вермесан, Пітер Фріс, Інтернет речей: збіжні технології для розумного середовища та інтегрованої екосистеми. Ольборг, Данія: Річкові видавці, 2013.
2. Punit Gupta, Jasmeet Chhabra, “Інтелектуальний дизайн будинку на основі IoT за допомогою управління енергією та безпекою”, Міжнародна конференція з інновацій та викликів у кібербезпеці, с. 6-10, серпень 2016 р.
3. М.У. Фарук, Мухаммед Васім, Анжум Хайрі, Садія Мазхар, “Критичний аналіз проблем безпеки Інтернету речей (IoT)”, Міжнародний журнал комп’ютерних програм, вип. 111, с. 1-4, лютий 2015 р.
4. Овідіу Вермесан, Пітер Фріс, Інтернет речей від досліджень та інновацій до розгортання ринку. Ольборг, Данія: Річкові видавці, 2014.
5. Клаус Фінкенцеллер, Довідник RFID "Основи та програми в безконтактних смарт-картах", "Ідентифікація радіочастот і ближнє поле зв'язку". Уілтшир, Великобританія: John Wiley & Sons, 3-є видання, 2010.
6. Моуніб Ханафер, Мусін Геннун, Хуссей Т. Муфта, “Огляд протоколу MAC IEEE 802.15.4, що підтримує маяки, у бездротових сенсорних мережах”, IEEE Communication Survey & Tutorials, vol. 16, с. 856-876, грудень 2013 р.
7. Санія Вохра, Рохіт Шривастава, "Опитування методів забезпечення 6LoWPAN", П'ята міжнародна конференція з систем зв'язку та мережевих технологій, с. 643-646, квітень 2015 р.
8. Василіос Карагіанніс, Перікліс Чацімісіос, Франциско Васкес-Гальєго, Ісус Алонсо-Зарате, “Опитування протоколів рівня додатків для Інтернету речей”, Трансакція з IoT та хмарних обчислень, с. 1-8, квітень 2015 р.
9. Давіде Конзон, Томас Болоньєсі, Паоло Бріцці, Антоніо Лотіто, Ріккардо Томасі, Мауріціо А. Спіріто, “Архітектура, що базується на XMPP,

для безпечних комунікацій IoT”, Інтерактивна конференція з комп’ютерних комунікацій та мереж, с. 1-6, серпень 2012 р. .

10. Айкатеріні Мітрокоца, Мелані Р. Рібек та Ендрю С. Таненбаум, “Класифікація атак RFID”, Журнал досліджень та інновацій, вип. 12, с. 491-505, листопад 2010 р.

11. Доктор Г. Падмаваті, пані Д. Шанмугапрія, “Огляд атак, механізмів безпеки та викликів у бездротових сенсорних мережах”, Міжнародний журнал комп’ютерних наук та інформаційної безпеки, том 4, с. 2-7, вересень 2009 рік.

12. Рабі Прасад Падхі, Манас Ранджан Патра, Суреш Чандра Сатапаті, “Хмарні обчислення: проблеми безпеки та виклики дослідження”, Міжнародний журнал комп’ютерних наук та інформаційних технологій та безпеки, вип. 1, с. 13-18, грудень 2010 р.