

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Електронної та біомедичної інженерії _____
(повна назва)

Кафедра _____ Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв _____
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

«Оптимізація енергоспоживання розумного будинку з використанням
мікроконтролерів» _____
(тема)

Виконав:
студент 4 курсу, групи МНТМН-21-1
_____ Комардін В.С. _____
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 153 Мікро- та наносистемна
техніка _____
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____

Освітня програма «Електронні пристрої та
системи» _____
(повна назва освітньої програми)

Керівник _____ ст.викл.Васильєв Ю.С. _____
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри МЕЕПП

(підпис)
2025 р.

_____ Бондаренко І. М. _____
(прізвище, ініціали)

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Електронної та біомедичної інженерії

Кафедра Мікроелектроніки, електронних приладів та пристроїв

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 153 Мікро- та наносистемна техніка
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна

Освітня програма «Електронні пристрої та системи»
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові Комардіну В'ячеславу Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Оптимізація енергоспоживання розумного будинку з використанням мікроконтролерів»

затверджена наказом університету від 26 05 2025 р. № 414Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 04 06 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи arduino UNO

датчик руху HC SR501

одноканальне реле KY-019

датчик температури DS18B20

сервопривід MG90S

макетна плата

набір макетних проводів

пакет програм Autodesk

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____
Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі: 1) Аналіз сучасних систем «Розумний будинок» та існуючих рішень з оптимізації енергоспоживання. 2) Дослідження способів енергозаощадження в побутових умовах, зокрема в освітленні та опаленні. 3) Пошук та обґрунтування вибору мікроконтролерів і датчиків для керування системою. 4) Створення алгоритмів роботи інтелектуального освітлення та температурного контролю. 5) Розробка структурної та електричної схем підключення компонентів. 6) Реалізація сценаріїв автоматизації на базі мікроконтролера Arduino. 7) Тестування працездатності та оцінка енергоефективності запропонованої системи. 8) Розробка та оформлення креслеників,

включаючи структурну схему, блок-схему алгоритму, електричні з'єднанн
 5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) _____

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання 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	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	05.05.2025	Виконано
2	Аналітичний огляд джерел	13.05.2025	Виконано
3	Оформлення пояснювальної записки	21.05.2025	Виконано
4	Вибір структури приладу	22.05.2025	Виконано
5	Розробка та написання програм	26.05.2025	Виконано
6	Оформлення креслеників	30.05.2025	Виконано
7	Підготовка презентації	02.06.2025	Виконано
8	Рецензування, нормоконтроль	03.06.2025	
9	Захист роботи	13.06.2025	

Дата видачі завдання __05__ _____ травня _____ 2025_ р.

Студент _____
 (підпис)

Керівник роботи _____ ст.викл.Васильєв Ю.С.
 (підпис) (посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до передатестаційної роботи: 67 сторінок, 44 рисунків, 5 таблиць, 1 графік, 12 джерел посилань, 5 додатки.

РОЗУМНИЙ БУДИНОК, МІКРОКОНТРОЛЕР, PIR-ДАТЧИК, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ARDUINO, IoT.

Об'єкт дослідження – системи оптимізації енергоспоживання на основі мікроконтролерів у «розумних будинках».

Мета роботи – розробка та дослідження методів оптимізації споживання енергії в розумному будинку шляхом використання мікроконтролерів для автоматичного керування освітленням, опаленням та іншими споживачами енергії.

Метод – теоретичний аналіз, моделювання та експериментальна перевірка.

Актуальність: У сучасному світі, де зростає вартість енергетичних ресурсів, а також зростає попит на енергоефективність, питання оптимізації споживання енергії набуває особливої актуальності. Системи розумного дому, оснащені мікроконтролерами, дозволяють автоматично керувати освітленням, опаленням та іншими пристроями на основі датчиків, часу доби, присутності людей тощо. Це дозволяє значно знизити споживання енергії без шкоди для комфорту користувача. Впровадження таких технологій не лише зменшує навантаження на електромережу та витрати на комунальні послуги, але й сприяє екологічній стійкості. Тема дослідження є актуальною, оскільки необхідно створювати ефективні, гнучкі та економічні рішення для домашньої автоматизації.

ABSTRACT

Explanatory note to the pre-certification work: 67 pages, 44 figures, 5 tables, 1 graph, 12 references, 5 appendices.

SMART HOUSE, MICROCONTROLLER, PIR SENSOR, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY CONSUMPTION, ARDUINO, IoT.

The object of the study is energy consumption optimization systems based on microcontrollers in "smart homes".

The purpose of the work is to develop and study methods for optimizing energy consumption in a smart home by using microcontrollers to automatically control lighting, heating and other energy consumers.

The method is theoretical analysis, modeling and experimental verification.

Relevance: In the modern world, where the cost of energy resources is increasing, as well as the demand for energy efficiency, the issue of optimizing energy consumption is becoming particularly relevant. Smart home systems equipped with microcontrollers allow for automatic control of lighting, heating, and other devices based on sensors, time of day, presence of people, etc. This allows for significant reductions in energy consumption without compromising user comfort. The implementation of such technologies not only reduces the load on the power grid and utility costs, but also contributes to environmental sustainability. The research topic is relevant because it is necessary to create effective, flexible, and cost-effective solutions for home automation.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

МК – мікроконтролер

МС – мікросхема

ПЗП – постійний запам'ятовуючий пристрій

ПК – персональний комп'ютер

ПІР – пасивний інфрачервоний датчик руху (PIR)

СІ – системи інтелектуального керування

ШІ – штучний інтелект

ШІМ – широтно-імпульсна модуляція

AI – Artificial Intelligence (штучний інтелект)

API – Application Programming Interface (інтерфейс прикладного програмування)

Arduino – апаратно-програмна платформа мікроконтролерів

IoT – Internet of Things (Інтернет речей)

ISP – In-System Programming (внутрішньосхемне програмування)

LED – Light Emitting Diode (світлодіод)

MCU – Microcontroller Unit (мікроконтролер)

PIR – Passive Infrared Sensor (пасивний інфрачервоний датчик руху)

SPI – Serial Peripheral Interface (послідовний інтерфейс)

Wi-Fi – Wireless Fidelity (бездротова передача даних)

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 СИСТЕМА «РОЗУМНИЙ БУДИНОК».....	9
1.1 Що представляє собою розумний будинок	12
1.2 Переваги і недоліки системи розумного будинку	16
2 ЗАОЩАДЖЕННЯ І ЕКОНОМІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ.....	18
2.1 Система контролю електроспоживання.....	22
2.2 Визначення мети	26
2.2.1 Освітлення.....	27
2.2.2 Теплорегуляція (опалення та вентиляція).	35
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ	41
3.1 Визначення мети та вибір всіх компонентів схеми. Освітлення.....	41
3.2 Створення структурної схеми і схеми підключення. Освітлення.....	46
3.3 Розміщення датчиків у потрібних місцях.....	55
3.4 Визначення мети та вибір всіх компонентів схеми. Вентиляція	57
3.5 Створення структурної схеми і схеми підключення. Вентиляція.....	59
3.6 Загальна схема на одному мікроконтролері.....	61
3.7 Тестування працездатності	63
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	66
ДОДАТОК А.....	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК Б	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК В.....	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК Г	Ошибка! Закладка не определена.
ДОДАТОК Д.....	Ошибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Сучасний світ стрімко розвивається в бік цифровізації та автоматизації, і концепція «розумного дому» є одним із ключових елементів у цьому процесі. Інтелектуальні системи керування в сферах побутової техніки, освітлення, опалення та безпеки стали доступними для широкого загалу, забезпечуючи зручність, безпеку та комфорт у повсякденному житті. Однак, через постійно зростаючі ціни на електроенергію та необхідність більш раціонального використання ресурсів, оптимізація споживання енергії в системах «Розумний будинок» стає надзвичайно актуальною. Одним із найефективніших рішень у цьому напрямку є впровадження мікроконтролерів – компактних, енергоефективних та програмованих пристроїв, здатних забезпечити інтелектуальне управління енергією. Завдяки таким системам, освітлення, кондиціонування повітря та побутова техніка можуть гнучко керуватися за допомогою датчиків світла, температури, руху тощо на основі даних заданих користувачем. Незважаючи на наявність великої кількості пристроїв автоматизації, проблема неефективного або надмірного споживання енергії часто виникає через погано налаштовані алгоритми, незбалансований розподіл навантаження або відсутність адаптивного керування. Отже, існує потреба у створенні системи, яка може реагувати на зміну обставин, адаптувати режими роботи пристроїв, і водночас залишатися доступною та простою у впровадженні. В цій роботі ми проведемо дослідження, розробку та впровадження рішень для енергоефективного керування елементами розумного будинку за допомогою мікроконтролерів, враховуючи реальні побутові сценарії. Головна мета – продемонструвати, як прості технічні рішення на основі популярних мікроконтролерів (наприклад, Arduino, ESP32, STM32) можуть значно зменшити споживання енергії без зниження комфорту, а також підвищити автономність та надійність домашньої інфраструктури.

1 СИСТЕМА «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

Звичайно сучасна людина оточена інноваційними технологіями, які значно покращують якість нашого життя та забезпечують комфорт у повсякденному житті. Розумні розетки, розумні світильники, розумні мікрохвильові печі, розумні холодильники, розумні браслети, всі розумні технологічні рішення все більше і більше з'являються у наших домах, роблячи умови проживання в них комфортнішими та безпечнішими.

В останній час з усіх інновацій електронна система «розумного дому», набирає все більшу популярність і викликає живий інтерес, особливо тепер, коли такі технології тепер доступні не лише обраним, а й усім, хто її забажає. Ми живемо в час, коли технологія «Розумний будинок» вже не фантастична розкіш, а реальність. Крім повсякденного життя, завдяки такій інтегрованій системі, стало ефективніше та зручніше керування комунікаційним та інженерним обладнанням. Однак однією з головних проблем для розробників та користувачів таких систем є оптимізація споживання енергії (Рис. 1.1). Зростання цін на енергоносії, екологічні проблеми та необхідність більш ефективного використання ресурсів роблять цю тему особливо актуальною. Тому допомогти в цьому питанні допомагає використання мікроконтролерів – компактних і водночас енергоефективних програмованих пристроїв, які можуть стати основою для створення гнучких та інтелектуальних алгоритмів управління енергією.



Рисунок 1.1 – Що використовує енергію в системі «Розумний будинок»

Оптимізація споживання енергії в системах розумного будинку з використанням мікроконтролерів може бути досягнута за допомогою кількох ключових підходів. Перш за все, це можливість створювати певні алгоритми, які можуть враховувати температуру та освітленість кімнат, степінь використання і необхідності приладів, погодні умови та інші зовнішні фактори. Наприклад, мікроконтролер, який отримує дані від датчиків руху, може вимикати освітлення та побутові прилади в приміщеннях, де немає людей, або регулювати інтенсивність світла залежно від природного освітлення (Рис. 1.2). Детальніше буде розглядатись в пункті 2.2.1 освітлення за допомогою мікроконтролера та пункті 3.2 створення схеми. Ці, на перший погляд прості рішення дозволяють значно зменшити споживання енергії без шкоди для комфорту споживачів. Усі сценарії в «Розумному будинку» вимагають швидкої реакції системи та паралельної обробки великих обсягів даних, що робить мікроконтролери незамінними.

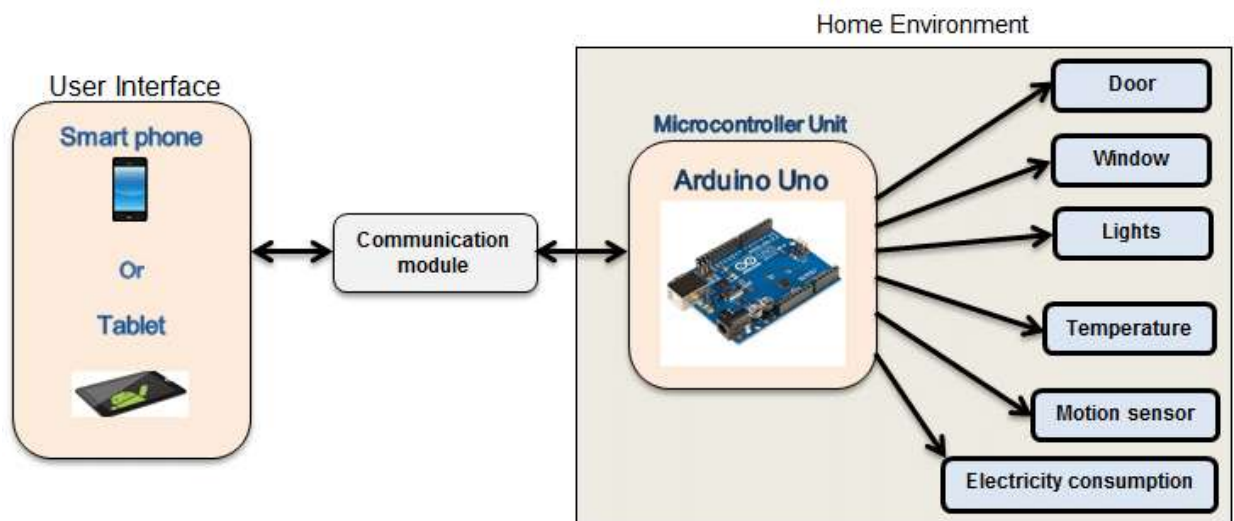


Рисунок 1.2 – Використання МК Arduino UNO у «Розумному будинку»

Крім того використання мікроконтролерів само по собі зменшує загальну вартість та енергоспоживання системи керування, через те, що МК працюють на більш низькій напрузі ніж повноцінні комп'ютери та мають компактніші розміри. Це дозволяє впроваджувати інтелектуальні рішення

навіть у невеликих приміщеннях або проектах з обмеженим бюджетом. Крім того, низка готових бібліотек, відкриті платформи (такі як Arduino, ESP32, STM32), дозволяють швидко та ефективно реалізувати необхідні функції.

Подальша енергоефективність, забезпечується шляхом інтеграції з системами альтернативної енергетики. Наприклад, МК можуть керувати сонячними панелями, акумуляторами та навантаженнями. Коли доступна дешева або власна енергія, система автоматично перемикається на її використання, тим самим зменшуючи витрати на електроенергію. Це особливо важливо в контексті зростаючої популярності автоматичних та напів-автоматичних будинків.

Інтегрувати мікроконтролери в такі системи дуже вигідно, тому що вони дозволяють зробити інтелектуальний моніторинг споживання енергії в режимі реального часу, а також для виявлення енергоємних зон та пристроїв.

Також в останні роки стає більш реальним і популярним можливість поєднати штучний інтелект з мікроконтролерами (Рис. 1.3). Сучасні МК, дозволяють виконувати базові завдання машинного навчання безпосередньо на пристрої, без необхідності постійного підключення до хмари. Це створює можливість для систем «Розумний будинок» самостійно налаштовуватися, прогнозувати споживання та автоматично обирати найефективніші сценарії роботи. Наприклад, можна буде побудувати модель поведінки користувача на основі історії освітлення, погоди на вулиці і пори року та автоматично пропонувати оптимальний графік увімкнення світла тим самим заощаджуючи електроенергію.

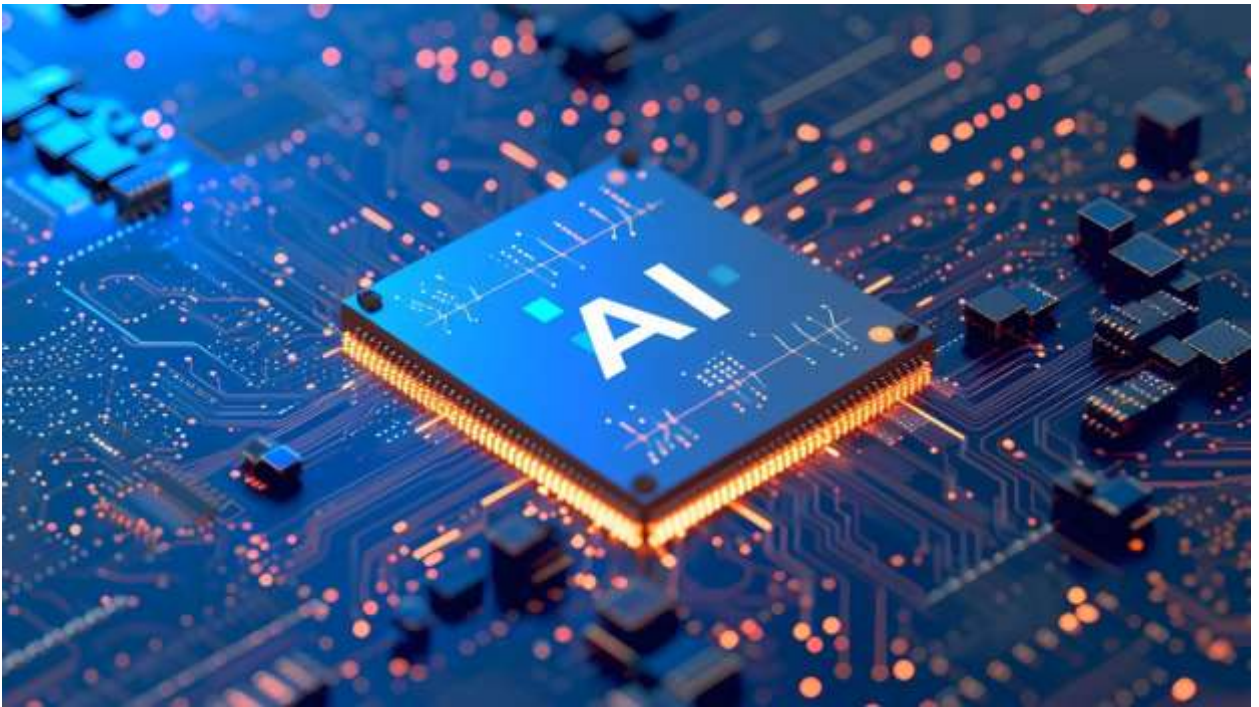


Рисунок 1.3 – Мікроконтролери великими кроками йдуть до ШІ

Таким чином, оптимізація енергоспоживання системи розумного дому за допомогою мікроконтролерів є все більш і більш актуальною. Ця тема охоплює широкий спектр технічних та економічних проблем, які можна, як мінімум спробувати вирішити за допомогою сучасних технологій. Гнучкість, енергоефективність та легку програмовість мікроконтролерів відкривають можливості створення інтелектуальних систем, здатних адаптуватися до умов експлуатації та знижувати споживання енергії без зниження комфорту. Тому у цьому контексті важливо чітко розуміти, що означає поняття «Розумний будинок» і які функції представляє ця система в сучасному світі.

1.1 Що представляє собою розумний будинок

Якщо коротко, то розумний будинок – це система, яка автоматизує побутові процеси та підвищує комфорт та безпеку людини. Система розумного будинку забезпечує широкий спектр функцій та можливостей, тому що включає в собі різні компоненти, серед яких: датчики освітлення, води та руху,

вона дозволяє керувати електроприладами, системами відеоспостереження та безпеки (Рис. 1.4). Найчастіше її уявляють, як мережу інтелектуальних приладів, які взаємодіють між собою та з користувачем через єдину систему управління, але розумний дім не обов'язково є повністю автоматизованою оселею – елементи цієї технології, як-от смарт-лампи, відеокамери, або ж смарт-колонки, вже є у багатьох помешканнях.



Рисунок 1.4 – Різновиди датчиків

Найчастіше системами розумного будинку можна керувати за допомогою мобільного додатку або голосових команд. Це дозволяє дистанційно вмикати опалення, музичні плеєри або навіть відкривати двері. Програмовані термостати аналізують зовнішню погоду через Інтернет і відповідно регулюють температуру в приміщенні. Системи безпеки сповіщають власника про вторгнення або протікання води. Деякі технології можуть імітувати присутність господарів у будинку, вмикаючи світло або видаючи звуки, коли нікого немає вдома.

Така технологічність досягається шляхом становлення необхідного обладнання, таких як датчики, що вимірюють різні параметри зовнішнього середовища, виконавчі механізми, що діють на зовнішні об'єкти

контролер/мікроконтролер, який виконує обчислення на основі вимірювань датчиків та вбудованої логіки і видає команди виконавчим механізмам в будинку або приміщенні. На Рисунку 1.5 показано схему розумного будинку, де присутнє вищевказане обладнання, яке і робить будинок «розумним» – датчики протікання води (1) у ванній кімнаті, датчики температури (2) та освітлення (3) у спальні, розумною розеткою (4) на кухні та камерою відеоспостереження (5) у коридорі.

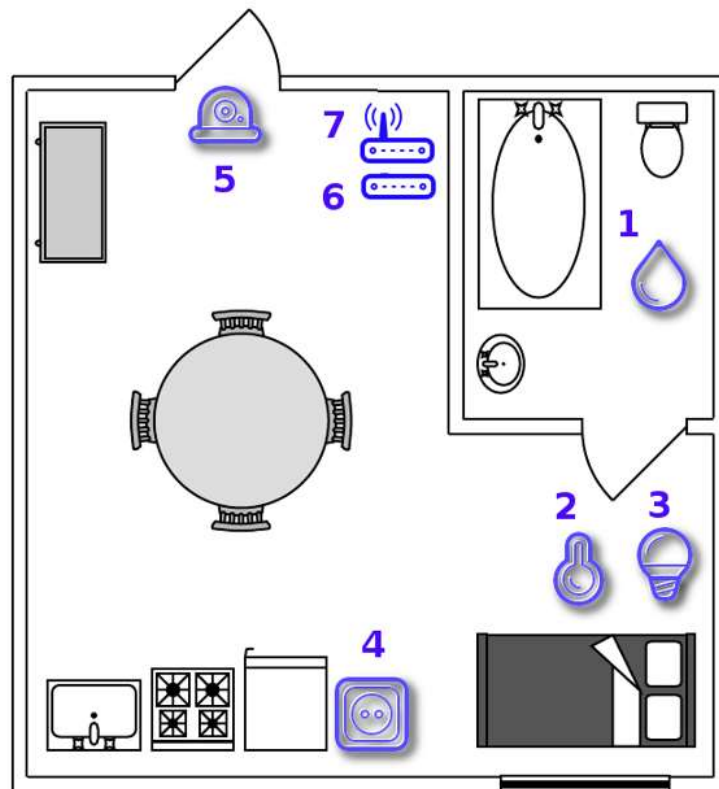


Рисунок 1.5 – Схема розумного будинку, з позначеним обладнанням

Останнім часом широко використовуються бездротові датчики. Їхніми основними перевагами є простота встановлення та використання, а також низька вартість та надійність, оскільки виробники прагнуть вивести свої пристрої на масовий ринок та зробити їх доступними для пересічних користувачів.

Датчики та виконавчі механізми зазвичай підключаються бездротовим способом до контролера розумного будинку (6) – спеціалізованого пристрою,

який з'єднує та керує цими пристроями в єдиній мережі. Для цієї задачі – поєднання датчиків і виконавчих механізмів та їх керування потрібен мікроконтролер, який буде керувати окремими приладами, за їх призначенням. Наприклад, розумну розетку можна запрограмувати на вмикання або вимикання за розкладом, а хмарна камера спостереження може записувати відео, коли спрацьовує за рухом. Для підключення контролера розумного дому до глобальної мережі можна використовувати звичайний інтернет-роутер (7), який давно став побутовим приладом, поширеним у кожному будинку.

Виходячи з цієї інформації, системи розумного дому можна розділити на дві основні категорії залежно від способу їх керування: централізовані та децентралізовані (Рис. 1.6). Перші мають один основний елемент – контролер, в який попередньо завантажена потрібна нам програма керування, яка спеціально розроблена для даного будинку, або приміщення. Серед позитивних моментів цього способу, є дешеве встановлення і налаштування системи, та відносно легке усунення проблем при поломці. Але до мінусів даного типу керування, відноситься те, що якщо цей контролер вийде з ладу, всі інженерні системи та пристрої в будинку, до яких він був підключений і мав ним контролювати – вимкнуться.

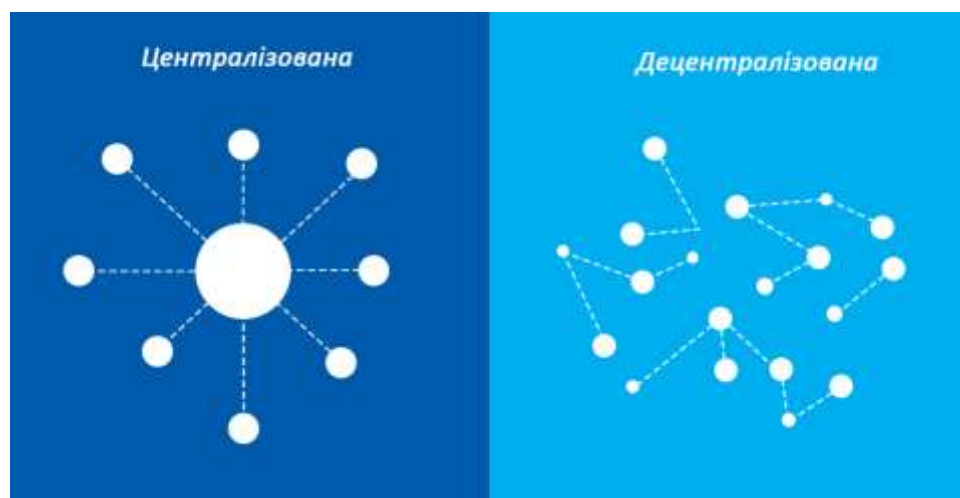


Рисунок 1.6 – Принцип роботи централізованої та децентралізованої систем керування

Інша ж категорія, про яку і буде обговорюватися далі – це децентралізована, або розподільна. Цей тип підключення не має такої «одиночної» і «центральної» точки керування, оскільки кожен елемент оснащений мікроконтролером. В результаті, збій або відключення одного пристрою не вплине на роботу інших елементів. Такий тип підключення можна створити створивши «універсальну» плату на базі мікроконтролера ATmega128, до якої потім можна підключити більш спеціалізовану плату для спеціальних пристроїв, або взагалі змінити ATmega128 на іншу більш потужнішу, наприклад ATmega8, або Arduino UNO, тому що кількість та призначення пінів у цих МК майже однакові.

1.2 Переваги і недоліки системи розумного будинку

Сучасні системи розумного будинку пропонують широкий спектр можливостей і мають декілька суттєвих переваг, серед яких – безпека. Встановивши систему, що включає датчики руху, сигналізацію та відеокамери, можна залишати свій дім зі спокоєм, знаючи, що дім у безпеці. Також система дозволяє особисто контролювати те, що відбувається в будинку під час відсутності людини. За допомогою камер спостереження, датчиків руху та сигналізації можна легко контролювати діяльність дітей, або домашніх тварин.

Звичайно система розумного дому значно підвищує автоматичність та контроль над будинком. Автоматизація робить повсякденне життя зручнішим, дозволяючи мешканцям зосередитися на інших завданнях, не турбуючись про побутові дрібниці. Завдяки мікроконтролерам, що керують усіма пристроями, система аналізує дані в режимі реального часу та оптимізує роботу обладнання. Очевидно що, хоча енергоефективність цієї системи велика, завдяки вбудованим датчикам руху, температури та освітлення, які дозволяють автоматично вмикати та вимикати освітлення, опалення та

побутові прилади, мінімізуючи непотрібні витрати енергії, все ж сама система, забирає велику кількість енергії, на вмикання і вимикання приладів, коли наприклад енергозберігаючі лампи потребують менше енергії, коли постійно ввімкнені, ніж коли їх постійно вмикають-вимикають, тому що на вмикання, вони витрачають багато енергії. Крім того і сама система потребує постійне і безперервне енергопостачання. Тому існує не абияка потреба раціоналізувати використання енергії та оптимізувати споживання енергії.

Також незважаючи на всю зручність – налаштування та обслуговування системи розумного будинку все ж викликає певні складності, тому що для належної роботи потрібна належна інтеграція всіх пристроїв, мікроконтролерів та програмного забезпечення, що вимагає ще додаткових витрат. У випадку централізованого керування збій одного компонента або мережі може порушити роботу всієї системи. А у децентралізованого більших витрат при встановленні та ремонтуванні. Більше того, постійна залежність від інтернету та електрики робить будинок вразливим: коли втрачається зв'язок, деякі функції стають повністю, або частково недоступними. Також можуть виникати проблеми сумісності між пристроями різних виробників, що ускладнює розширення або оновлення системи в майбутньому.

2 ЗАОЩАДЖЕННЯ І ЕКОНОМІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Сучасні будинки містять безліч приладів, які споживають електроенергію періодично або постійно. За освітлення доводиться багато платити, а власники часто забувають вимикати світло в кімнатах, де нікого немає. Електричне опалення також недешево в експлуатації, особливо взимку, коли на вулиці дуже холодно. Є й інші споживачі електроенергії – літні кондиціонери, холодильники та інша побутова техніка. Тому питання економії в таких системах стає дедалі більш актуальним.

Крім того, коли порушуються питання економії електроенергії в розумному будинку, також мається на увазі інтелектуальне управління енергією дому. За допомогою розумної енергетичної системи контролю розумний будинок на базі мікроконтролерів, зменшує споживання енергії, наприклад, зменшуючи інтенсивність освітлення, коли максимальний рівень не потрібен. Це відбувається за сценарієм, заздалегідь заданим користувачем. Один з них наведено на Рисунку 2.1, коли в приміщення заходить людина, датчик освітленості сканує приміщення на природнє освітлення і в залежності від нього вмикає, або не вмикає лампи, в приміщенні. Якщо значення освітленості більше n значення, то лампи взагалі не будуть вмикатися, а якщо нижче значення p , то ввімкнуться одразу всі лампи.

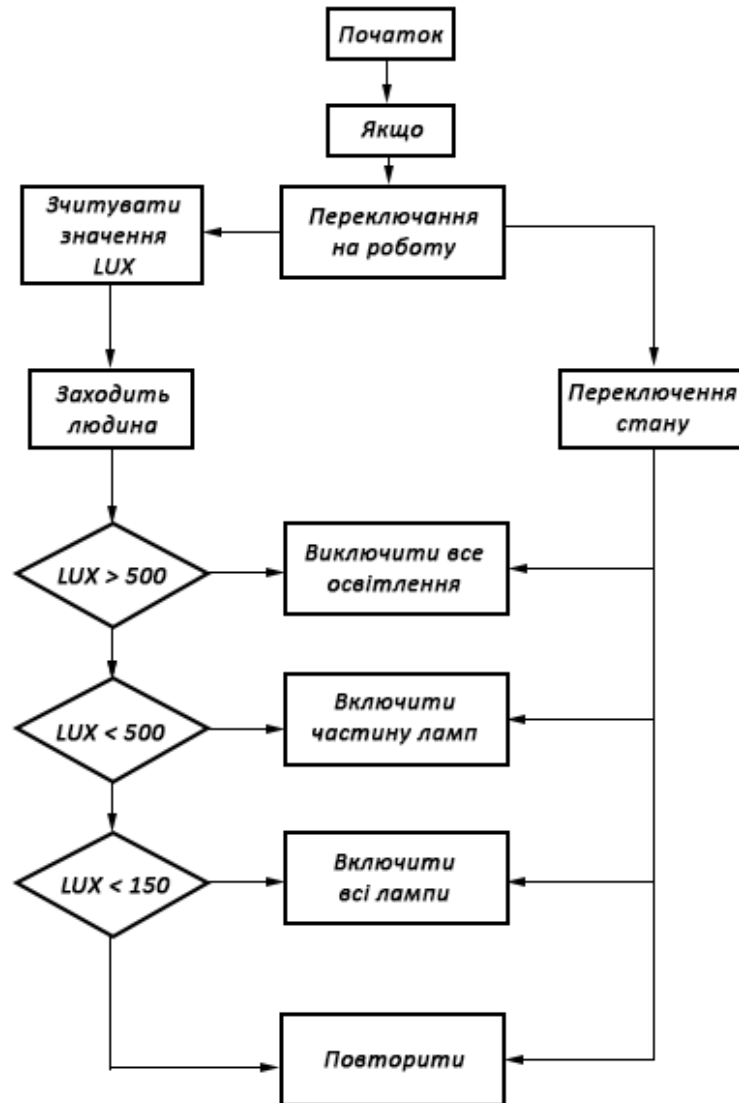


Рисунок 2.1 – Приклад сценарію зменшення інтенсивності освітлення

За регулювання температури в кімнатах відповідають датчики температури, підключений МК, що працює за певним алгоритмом, зчитує дані і аналізує їх в реальному часі. Система працює за певним алгоритмом, окремо регулюючи температуру та освітлення в різних кімнатах – наприклад, знижуючи температуру і освітлення, коли нікого немає вдома, і підвищуючи, коли господарі повертаються з роботи. Сам метод керування простий і здійснюється за допомогою вбудованих датчиків руху, температури та освітлення. Обробку ж всіх вихідних сигналів та виконання команд керування здійснюють мікроконтролери, які утворюють умовний «мозок» усієї

автоматизованої системи.

Цей «мозок» – блок управління енергоспоживанням у будинку, розумна система регулює всі потоки енергії та може контролювати всі енергоспоживаючі електроприлади. Користувач може вирішити, що вмикати та вимикати автоматично, а що налаштовувати вручну у найзручніший та економічно вигідний час. Така система може бути встановлена в розподільному щиті, оскільки саме тут збирається весь струм, що протікає в будинку. Він збирає інформацію про подану енергії, систему зберігання енергії вдома та інших споживачів енергії вдома. Водночас, мікроконтролер, вимірює, обробляє та аналізує усі сигнали споживання енергії окремими пристроями за допомогою датчика струму або розумних розеток, оснащених бездротовою передачею даних.

Таким чином, виступаючи в ролі системи «Розумний будинок» для приватного сектора, він оптимізує роботу всіх електроприладів. Він контролює основні режими роботи, те, як електрообладнання вмикається та вимикається в потрібний час, і надсилає всі дані для онлайн-моніторингу. Але для правильної роботи потрібно завчасно визначити пріоритети споживання енергії в будинку, які в подальшому буде використовувати мікроконтролер, для керування ресурсами будинку (Рис. 2.2). Спочатку підключається електрика до систем критичної інфраструктури – охоронної системи, роутерів, важливих серверів, потім до тих, які відповідають за безпеку і здоров'я – датчики газу та пожежна сигналізація, після цього підключається оптимізовані за розкладом або присутністю прилади – освітлення та клімат-контроль, потім побутова техніка, пристрої, які відносяться до розваг та інша декоративна техніка. На Рисунку 1.7 представлені всі види енергоспоживання системою «Розумний будинок» з розставленими пріоритетами, де високий пріоритет (1–3): яскраві кольори – потребують безперебійного живлення. Середній пріоритет (4–5): нейтральні кольори – можуть вимикатися при нестачі енергії. Низький пріоритет (6): сірий – вимикається першим. Такий підхід не тільки економить гроші, але й запобігає перевантаженню мережі. Далі ми поговоримо

тільки про один з аспектів цієї таблиці – комфорт, і не будемо розглядати всі їх разом.



Рисунок 2.2 – Пріоритет енергоспоживання в системі «Розумний будинок»

Завдяки цій системі також можна керувати автоматизацією та налаштувати її на зміщення часових інтервалів роботи навантаження пристроїв протягом світлового дня, тим самим зменшуючи споживання електроенергії. Розумна оптимізація енергоспоживання дозволяє дистанційно керувати графіком та режимом роботи ваших кондиціонерів, тим самим підтримуючи температуру в приміщенні з точністю до 1 градуса. Перед встановленням системи всі лампи розжарювання також додатково можна замінити на світлодіодні, що також допомагає заощадити кошти. Завдяки такій системі можна також налаштувати окремі денні та нічні сценарії. Наприклад, вдень освітлення яскравіше, а вночі на 30% яскравіше, або ж увімкнено лише підсвічування. Мікроконтролери в свою чергу відповідають за реалізацію таких сценаріїв, автоматично перемикаючи режими залежно від часу доби, використовуючи датчики освітлення встановлені за межами будинку.

2.1 Система контролю електроспоживання

Система «Розумний будинок» працює за допомогою різних видів датчиків, які контролюють вимикання світла в коридорі, на сходовій клітці, на кухні, у ванній кімнаті та інших кімнатах, або зберігаючи надлишок енергії (наприклад з сонячних панелей) в домашній системі накопичення енергії. Також можна налаштувати, щоб пристрої автоматично вмикалися, або вимикалися у встановлений користувачем час. Ці процеси контролюються мікроконтролерами, які аналізують вхідні сигнали та керують вихідними ланцюгами, щоб здійснити задачу, яка була поставлена користувачем (Рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Структурна схема системи «Розумний будинок»

Щоб реалізувати просту систему розумного будинку за допомогою мікроконтролерів, потрібно почати з визначення кінцевої мети, призначення МК та вибору необхідних компонентів. У нашому випадку основним завданням є автоматизація та управління різними елементами домашнього

середовища. Реалізацію такої системи можна поділити на декілька основних кроків:

- вибір правильного мікроконтролера (пункт 3.1);
- знаходження і налаштування датчиків для збору даних з середовища (пункт 3.1);
- розробка схеми підключення та керування за допомогою МК та програмування мікроконтролера для обробки інформації та керування пристроями (пункт 3.2).

Система може включати різні елементи, такі як датчики температури, освітлення та руху. Кожен із цих датчиків має бути інтегрований з мікроконтролером для забезпечення автоматичного керування компонентами системи. Хоча дуже важливо ретельно продумати схему підключення та налаштування, щоб забезпечити надійну роботу системи, не менш важливо обрати правильні мікроконтролери, щоб уникнути проблем із сумісністю компонентів. Алгоритм системи розумного будинку представлений на Рисунку 2.4, працює так, що мікроконтролер, керуючий системою отримує дані від різних датчиків, підключених до системи. На першому місці знаходиться датчик температури. Системою проводиться перевірка, чи поточна температура відповідає оптимальній. Якщо температура перевищує норму, включається кондиціонер, якщо температура нижча за норму, то включається опалення. Потім одержують дані з датчика освітленості. Система перевіряє поточний рівень освітленості в приміщенні, якщо він нижче за норму, то подається команда на сервопривід, що управляє положенням жалюзі з метою їх відкриття. Наступним перевіряються показники датчика руху. Якщо датчик подає позитивний сигнал, це означає, що на території хтось знаходиться, то за цим слідує команда ввімкнення освітлення в потрібній кімнаті. Якщо це потрібно користувач додатково може отримати всю поточну інформацію по будинку. Потім все коло команд буде повторятися кожен раз, для постійного контролю над енергоспоживанням і комфортом в будинку.

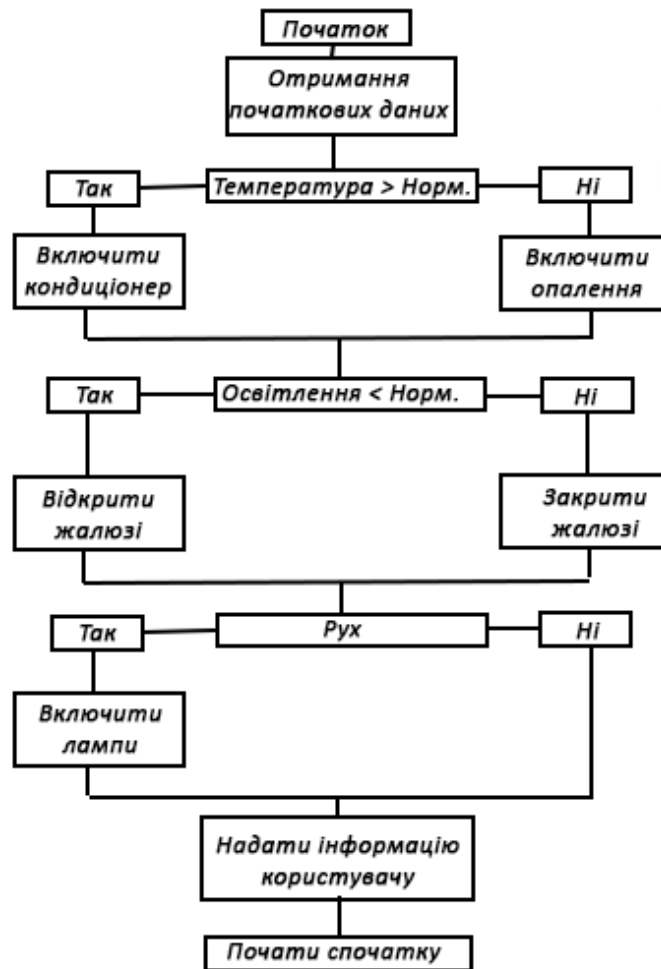


Рисунок 2.4 – Алгоритм роботи системи «Розумний будинок»

Перший основний критерій вибору включає сумісність з існуючими датчиками, підключення до мережі та функціональність мікроконтролера. Важливо, щоб обране рішення забезпечувало надійну роботу всієї системи та відповідало вимогам автоматизації та управління. Перед початком роботи потрібно переконатися, що мікроконтролер підтримує необхідні протоколи та інтерфейси для підключення датчиків. Після цього потрібно перевірити потужність та продуктивність, щоб обрати МК, який забезпечує достатню потужність для виконання всіх завдань у вашій системі. Крім того, не менш важливою метою є вибір компонентів за енергоефективністю. Для цього можна розглянути можливість використання моделей з низьким енергоспоживанням, щоб подовжити термін служби акумуляторів в автономних системах. Вибір правильного мікроконтролера є ключем до

забезпечення ефективної роботи вашої системи «Розумний будинок». Він повинен бути сумісним з обраними датчиками та забезпечувати надійну автоматизацію.

Для того щоб полегшити вибір, можна зробити таблицю, для порівняння різних моделей. Основними пунктами таблиці буде назва МК, його продуктивність, сумісність з іншими елементами та енергетична ефективність. Приклад наведений на Таблиці 2.1. Для полегшення користування таблицею в Excel і подальшого її аналізу можна писати оцінку для всіх пунктів цифрами від 1 до 3, де 1 – дуже погано, а 3 ліпше всього. Після цього можна форматувати таблицю використовуючи кольорові панелі програми.

Проаналізувавши таблицю, можемо побачити що умовний МК-1 перевершує інші за продуктивністю і за споживанням енергії, але у нього найгірша сумісність з іншими компонентами. Тому якщо у нас буде бажання його обрати, то нам потрібно буде змінювати усі інші елементи, для того щоб підлаштуватися під цей мікроконтролер. Але у нас є ще вибір, найкращий по сумісності МК-5, а також його інші параметри таблиці на висоті. Проте якщо ми розглядаємо схему для поліпшення енергоефективності будинку, то нам скоріше більше пасує умовний МК-2, хоча він і має меншу сумісність з іншим обладнанням. Додатково в таблиці можна написати особистий коментар до конкретного мікроконтролера, про його властивості, або інші важливі параметри.

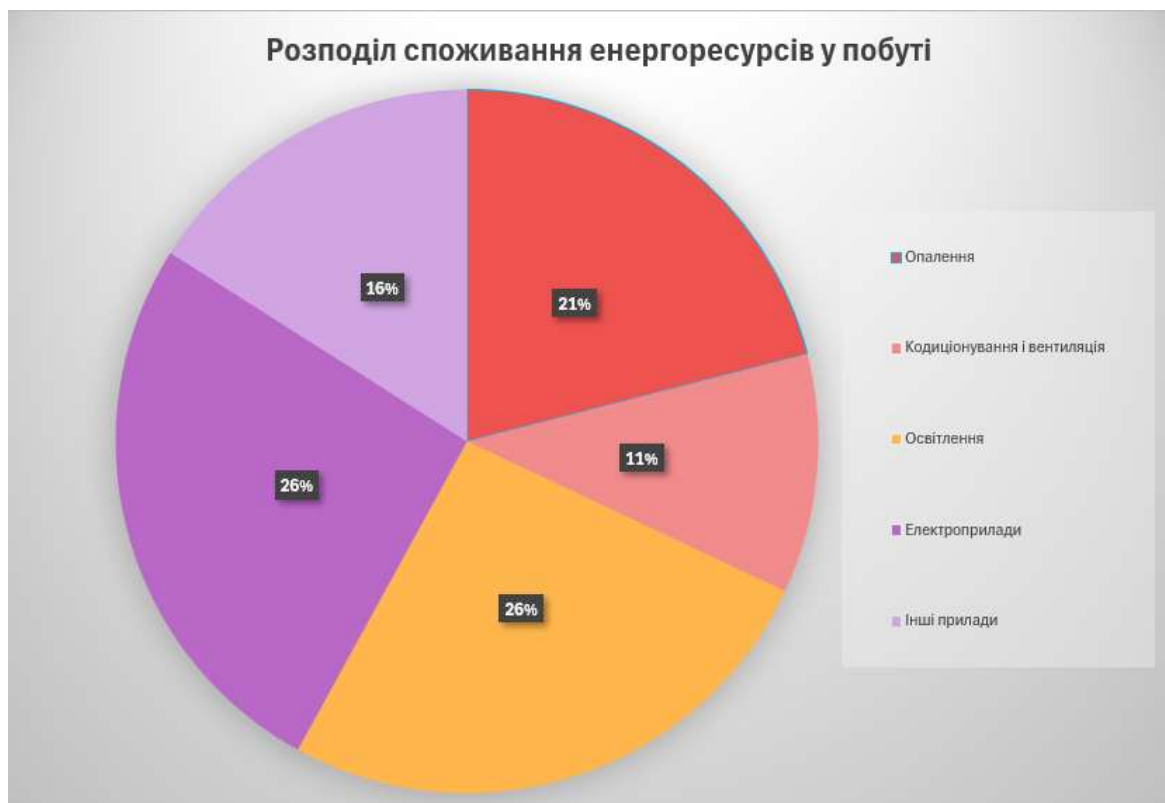
Таблиця 2.1 – Таблиця вибору мікроконтролерів

Назва МК	Критерії			Коментар
	Продуктивність	Сумісність	Енергетична ефективність	
МК-1	3	1	3	
МК-2	2	2	3	
МК-3	3	1	1	
МК-4	2	1	3	
МК-5	2	3	2	

2.2 Визначення мети

Для побудови та оптимізації систем розумного будинку, спочатку треба обрати яку область ми хочемо порушити. Потрібно зрозуміти, які функції повинна виконувати наша система розумного дому та які датчики та пристрої вона повинна використовувати. На Графіку 2.1 представлені три великі категорії: червона – теплорегуляція, жовта – освітлення, фіолетова – все інше. В свою чергу червона категорія, теплорегуляція, поділяється ще на два, на опалення та кондиціонування і вентиляцію. Як ми побачили технологія розумного будинку охоплює велику кількість датчиків, тем і їх аналізу ми порушимо тільки ті, які стосуються енергоспоживання і які ми в силах оптимізувати використовуючи мікроконтролери:

- освітлення приміщень;
- опалення будинку (теплорегуляція).



Графік 2.1 – Розподіл споживання енергоресурсів у побуті

2.2.1 Освітлення.

Одним з найважливіших завдань системи «Розумний будинок» є оптимізація витрат на освітлення, що особливо важливо в умовах постійного зростання тарифів на електроенергію. Часто це неможливо зробити самостійно, через забудькуватість і інші більш важливі рутинні справи в житті. І тут на допомогу приходять мікроконтролери, які відіграють центральну роль у побудові інтелектуальних систем освітлення, забезпечуючи взаємодію між датчиками, виконавчими механізмами та користувачем. Принцип роботи розумного освітлення полягає в тому, що система за допомогою датчиків визначає рівень освітленості, наявність руху та час доби, а потім, залежно від вбудованого алгоритму, вмикає або вимикає світло, регулює яскравість світильників та вибирає відповідний режим роботи. Такий спосіб може заощадити багато грошей у довгостроковій перспективі завдяки своїй енергоефективності. Розумне освітлення може суттєво зекономити гроші завдяки деяким простим пунктам – вимиканню його, коли воно не використовується, завдяки мікроконтролерам, які взаємодіють з датчиками руху, світла або присутності людини, автоматично вмикають або вимикають світло за потреби, тим самим зменшуючи споживання енергії та оптимізуючи їхні енергозберігаючі функції для ще більшої економії. Крім того, мікроконтролери можна запрограмувати на роботу за встановленим графіком або керувати ними дистанційно за допомогою смартфона (Рис. 2.5). Це дозволяє мінімізувати втрати енергії без шкоди для комфорту.

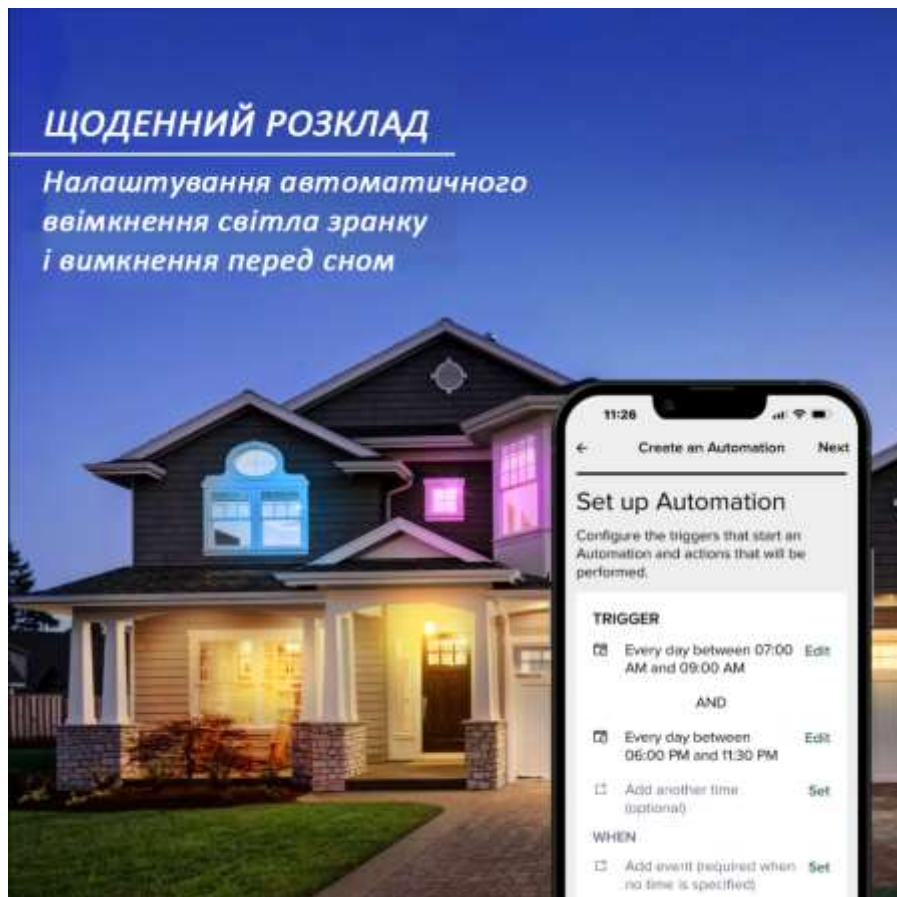


Рисунок 2.5 – Налаштування щоденного розкладу

Наприклад, за допомогою фоторезистора мікроконтролер може визначити, що в кімнаті недостатньо природного освітлення, і активувати освітлення лише в тих зонах, де воно дійсно потрібно. Крім того пасивні інфрачервоні датчики можуть виявляти рухи людини та гарантувати, що світло вмикатиметься лише за наявності когось. Це особливо ефективно в місцях з високою прохідністю – коридорах, сходових клітках, ванних кімнатах – де освітлення потрібне лише на короткі періоди часу. У цьому випадку мікроконтролер може запустити таймер, після чого лампа автоматично вимкнеться. Це виключає ситуацію, коли освітлення працює без потреби. Схема яка буде виконувати таку функцію буде розглядатись в пункті 3.2. Систему освітлення також можна інтегрувати з календарем та годинником реального часу, що дозволяє автоматично змінювати режими освітлення залежно від часу доби, включаючи нічний режим зі зниженою яскравістю.

Також система «Розумний будинок» може самостійно налаштовуватися, прогнозувати споживання та автоматично обирати найефективніші сценарії роботи. Наприклад, можна буде побудувати модель поведінки користувача на основі історії освітлення, погоди на вулиці і пори року та автоматично пропонувати оптимальний графік увімкнення світла тим самим заощаджуючи електроенергію.

Ефект енергозбереження посилюється завдяки використанню світлодіодних ламп. Мікроконтролер генерує сигнал, який використовується для керування яскравістю ламп, це дозволяє зменшити споживання енергії без шкоди для візуального комфорту. Для централізованого керування освітленням можна використовувати бездротові модулі (наприклад, Wi-Fi, Bluetooth або ZigBee), що дозволяють користувачеві керувати освітленням за допомогою смартфона, планшета або голосового помічника (Рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Керування системою за допомогою телефону підключеному до бездротової мережі

Для кращого розуміння економії і вибору потрібних компонентів надання світла кімнаті можна скористатися Таблицею 2.2, де порівняні різні розміри кімнат і потрібне їх освітлення для зручного користування. При використанні енергозберігаючих або світлодіодних ламп необхідна потужність ділиться на 5 та 8 відповідно. Згідно з цією таблицею для більшості приміщень буде достатньо світильника, або димера з граничною потужністю 600W.

Таблиця 2.2 – Потужність, потрібна для освітлення площі лампою розжарювання

Площа приміщення	Дуже яскраве освітлення	Яскраве світло	М'яке освітлення
кв.м	– 500 lux	– 300 lux	– 150 lux
Менше 6	150 W	100 W	60 W
Від 6 до 8	200 W	140 W	80 W
Від 8 до 10	250 W	175 W	100 W
Від 10 до 12	300 W	210 W	120 W
Від 12 до 16	400 W	280 W	160 W
Від 16 до 20	500 W	350 W	200 W
Від 20 до 25	600 W	420 W	240 W
Від 25 до 30	700 W	490 W	280 W

Системи розумного освітлення можна інтегрувати в «Розумний будинок» декількома різними способами, які відрізняються за ціною, складністю інтегрування та енергоефективністю. Такі розумні види освітлення бувають кількох типів, які базуються на розумних вимикачах, LED лампах або димерах. Кожен з цих способів має свої переваги. Наприклад, розумні вимикачі (Рис. 2.7а) забезпечують більшу зручність, економію енергії. Хоча він більший за розміром і має менше функцій, ніж лампочки і вони потребують встановлення, але вони дають можливість створювати персоналізовані налаштування системи освітлення в будинку.

З іншого боку, розумні LED лампи (Рис. 2.7б) легко інтегрувати у будинок, вони є економічно ефективним рішенням. Встановлення цього типу

освітлення економить час і гроші, і так само, і вони, так само як і вимикачі забезпечують велику зручність та економію енергії. Хоча вони можуть бути дорожчими за звичайні лампи розжарювання, все ж їхні переваги роблять їх вартими для покупки. Багато розумних лампочок використовують світлодіодну LED технологію, яка є більш енергоефективною та має довший термін служби, ніж традиційні лампи розжарювання.

Ще один вид регулювання освітлення – світлодіодні димери (Рис. 2.7в). Такі світлодіоди більше впливають на загальний стан помешкання і атмосфери, ніж на енергоефективність, тому що вони працюють так, що напруга залишається незмінною незалежно від того, чи працює пристрій на повній чи зниженій потужності. Світлодіод просто створює ефект затемнення за допомогою широтно-імпульсної модуляції або аналогового затемнення. При першому випадку такий світильник створює пульсацію рівнів світла, які по суті мерехтять між високим і низьким рівнем, швидко змінюючи один одного в мілісекундах. Світло, по суті, циклічно змінюється між вмиканням та вимиканням так швидко, що його неможливо помітити. Оскільки людське око сприймає лише тон світла, а не мерехтіння, досягається видимість затемнення, хоча фактичний світловий потік залишається незмінним. Другий варіант аналогового затемнення ґрунтується на фактичному зменшенні сили струму для створення ефекту затемнення. Однак при використанні цього методу якість світла знижується, тому він є менш ефективним, ніж метод широтно-імпульсної модуляції. Проте слід пам'ятати, що з точки зору ефективності, світлодіодні лампи все ще є кращим вибором, ніж димери, тому що вони не працюють на повній напрузі та не витрачають постійну енергію, як димери, зазвичай використовують знижену напругу для досягнення ефективності. Отже, залежно ваших потреб та уподобань, можна вибрати тип розумного освітлення, який більше всього підходить певному будинку.



Рисунок 2.7 – Розумний вимикач (а), LED-лампа (б), Димер (в)

Хоча розумні світильники за своєю суттю вже є енергоефективними, їхній потенціал можна максимально використати, впроваджуючи інтелектуальні стратегії освітлення, щоб максимізувати економію за допомогою розумних стратегій освітлення. Встановлюючи графіки освітлення та керуючи ним дистанційно, можна забезпечити так, щоб освітлення вмикалося лише за потреби та вимикалося автоматично у встановлений час. Це не тільки зменшує споживання енергії, але й економить гроші. Також можна інтегрувати такі розумні світильники з іншими пристроями для покращеного контролю та автоматизації. Створення графіка освітлення – це ефективний спосіб зменшити споживання енергії та заощадити гроші. Це гарантує, що світло вмикатиметься лише за потреби та автоматично вимиватиметься у встановлений час. Це особливо корисно для зовнішнього освітлення та в приміщеннях, де часто залишають увімкненим світло, наприклад, у ванних кімнатах, запрограмувати автоматичне вмикання кухонного світла вранці або створити приглушене освітлення ввечері для комфортного відпочинку. А щоб це індивідуальне налаштування було зробити легше завдяки інтелектуальному моніторингу споживання енергії в режимі реального часу, а також для виявлення енергоємних зон та пристроїв, які зручно можуть виводитися за бажанням до користувача (Рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Приклад моніторингу енергоспоживання в «Розумному будинку»

Таким чином, мікроконтролери можуть не тільки знизити витрати енергії, але й підвищити комфорт та автоматизацію вдома. Їх використання в системах інтелектуального освітлення є невід'ємною частиною енергоефективних рішень, що дозволяє їм враховувати реальні умови навколишнього середовища, уподобання користувачів та динамічно реагувати на зміни в домашній обстановці. Відстежуючи споживання енергії, можна визначити кімнати, де можна підвищити або зменшити освітленість в певний період часу, наприклад, щоб під час сонячної погоди, світло в окремих кімнатах з вікнами зовсім не вмикалось. Але запрограмувати так, щоб освітлення вмикалось тільки при похмурій погоді на вулиці, або коли буде починати темніти. Впровадження таких технологій робить житло не тільки комфортнішим, але й економічнішим, що особливо важливо в сучасних умовах.

А які кімнати у будинку найкраще підходять для встановлення системи автоматизації освітлення (Рис. 2.9)? Звичайно, одна з переваг систем автоматизації освітлення полягає в тому, що їх можна використовувати в будь-якій кімнаті вашого будинку. Однак, якщо ми хочемо підвищити енергоефективність будинку, то хочемо заощадити гроші, тому встановлення розумного освітлення в усіх кімнатах не завжди є бюджетним рішенням, тому що деякі кімнати краще підходять для автоматизації, ніж інші. Наприклад, коридори та ванні кімнати – найкращі кандидати для встановлення датчиків руху, адже світло вмикається лише тоді, коли хтось заходить і іноді через забудькуватість, або неуважність користувача, можна забути вискнути світло після того як ми вийшли з кімнати. Це допомагає уникнути непотрібного використання енергії. Кухня – також хороше місце, де можна запрограмувати освітлення під потрібні сценарії, наприклад готування зранку майже не потребує вмикання світла, окрім окремих темних ділянок кімнати, а при готуванні ввечері потрібне повне освітлення, яке буде давати повний простір і зручність готування. Такий спосіб заощадить на освітленні в яскраві дні. Натомість у коморах чи підсобках, якими користуються рідко, автоматизація може бути недоцільною, бо витрати не окупляться.

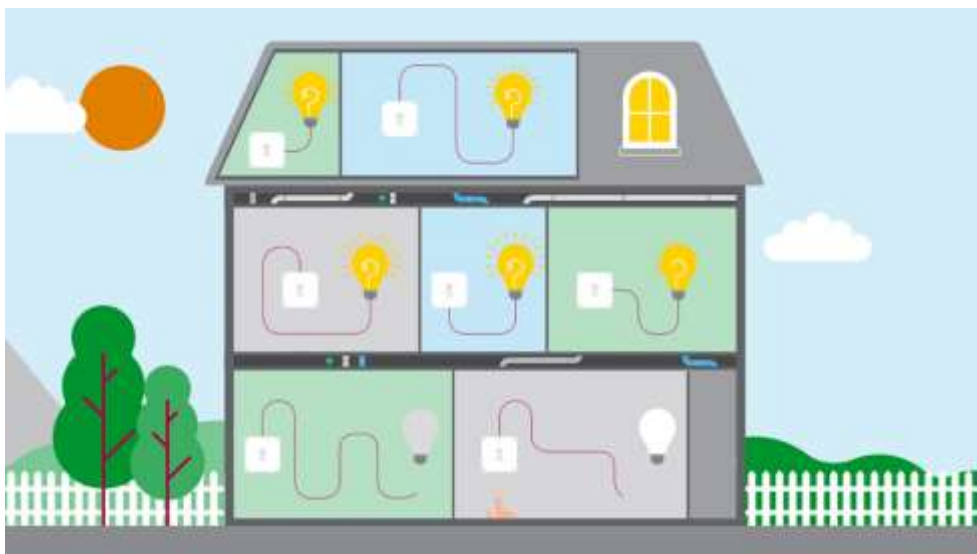


Рисунок 2.9 – Приклад правильного розміщення розумного освітлення в різних зонах будинку

2.2.2 Теплорегуляція (опалення та вентиляція).

Технічні системи, необхідні для контролю внутрішньої температури, споживають найбільшу частку енергії в будівлях. Автоматизація цих систем призводить до найбільшої економії.

Існує кілька популярних типів опалення для розумних будинків:

- класичні радіатори, вони забезпечують рівномірний розподіл тепла в приміщенні;
- конвектори, нагрівають повітря, дозволяючи йому вільно циркулювати;
- системи теплої підлоги, створюють комфортну температуру, яка поширюється від підлоги до верхніх частин кімнати.
- індивідуальні опалювальні котли та водонагрівачі, відповідають за подачу гарячої води.

Однак ефективність цих систем залежить від того, наскільки добре вони усувають причини тепловтрат. Кожен з цих пристроїв має свій принцип роботи та виконує свою функцію. Завдання будь-якого опалювального приладу – обігріти приміщення з мінімальними втратами.

Один з способів встановлення опалювального обладнання в будинку це встановлення датчиків температури на системах опалення та підключення їх до пристроїв, що дозволяють контролювати температуру в різних приміщеннях. Програмування певних режимів роботи систем опалення здійснюється з урахуванням часу або досягнення заданих параметрів. Таке рішення дозволяє обладнанню працювати автономно без підключення до головного комп'ютера. Однак кожен пристрій потребує окремого підключення. Інший же спосіб – встановлення системи, де опаленням керує один пристрій. У цьому випадку всі компоненти взаємодіють та забезпечують оптимальні кліматичні умови з урахуванням економії енергії.

В обох випадках раціональним рішенням було б встановлення індивідуальних температурних режимів для різних зон будинку (Рис. 2.10).

Наприклад, у спальнях та інших житлових приміщеннях можна підтримувати вищу температуру, тоді як кімнати, які використовуються менше, споживають мінімум енергії. Це забезпечує комфортні умови в тих місцях, де вони потрібні, та зменшує непотрібні витрати на опалення невикористовуваних приміщень.



Рисунок 2.10 – Приклад правильного розміщення опалення в різних частинах будинку

Після того, як встановлена потрібна температура в кожній кімнаті, можна встановити програму моніторингу в систему. Обігрів може керуватися автоматично або вручну. Мікроконтролер може визначити унікальний режим роботи для кожного опалювального приладу, що дозволяє раціонально використовувати систему опалення в цілому. Тепер можна легко керувати роботою як усієї системи, так і окремих опалювальних приладів, що дуже зручно і, найголовніше, вигідно з точки зору витрат енергії.

Виходячи з практичного експерименту, який провели в Великобританії, що зниження температури в приміщенні на 1°C може зменшити споживання енергії на 6% (Рис. 2.11). Пряма цитата – «Якщо ви зменшите температуру в приміщенні на 1 градус, ви можете заощадити близько 10% на своїх рахунках за електроенергію. Якби кожен у Великобританії зменшив температуру на 1 градус, ми б зменшили рахунки за електроенергію на 670 мільйонів фунтів стерлінгів, водночас заощаджуючи 3,5 мільйона тонн вуглекислого газу (CO₂) на рік. Однак переконайтеся, що у вашому домі достатньо тепло в холодну погоду, щоб не зашкодити своєму здоров'ю. Ідеальний діапазон температур становить від 18° до 21° .»¹.



Рисунок 2.11 – Заставка статті британської організації, що працює над популяризацією енергозбереження «Energy saving trust»

Щоб реалізувати все вищезгадане у системі «Розумний будинок», можна зробити два основних режими роботи системи опалення: «Постійний» та «Присутній».

У режимі «Постійний», коли квартира порожня, система повинна підтримувати мінімально допустиму комфортну температуру приблизно на рівні 10°C. Такий підхід допомагає запобігти замерзанню, конденсації та

¹ Перекладений текст зі статті британської організації «Energy saving trust». В списку джерел посилань №2.

накопиченню вологи в приміщенні, що може пошкодити поверхні або меблі. Також система бере до уваги нічний тарифний період між 23:00 та 07:00, коли вартість електроенергії значно знижується. Система тепер може активніше нагрівати повітря, накопичуючи тепло, що зменшує витрати протягом дня. Крім того, теплоізоляційні матеріали можуть бути використані для підтримки температури протягом тривалішого часу без необхідності активного використання енергії.

У режимі «Присутній», коли люди знаходяться в приміщенні, система повинна забезпечувати комфортні умови проживання, підтримуючи температуру на рівні приблизно 21°C, виходячи з практичного експерименту, який було проведено в Великобританії. Це дозволяє створити сприятливий мікроклімат для життя, особливо для відпочинку або роботи. Також було б ефективно впровадити Такий графік роботи системи можна впровадити до звичного ритму життя користувачів – наприклад, у будні дні, коли мешканців немає вдома, знижуючи температуру вдень та підвищуючи її ввечері. Таким чином, двозонний підхід до режимів роботи системи не лише сприяє підвищенню енергоефективності, але й забезпечує раціональне використання ресурсів, зберігаючи при цьому належний рівень комфорту.

Крім того, заощадити на електроспоживанні можна встановивши клімат-контроль у системі вентиляції (Рис. 2.12). Клімат у приміщенні залежить від кількох ключових факторів, наприклад, типу вікон, вологості, теплопровідності стін і стель, а також методів опалення та теплопостачання.

Давайте розглянемо кілька прикладів того, як працює кондиціонер. Наприклад, температура повітря в кімнаті підвищилася, і система керування оцінила це як «гаряче». На основі цього сигналу опалювальні прилади припиняють подачу теплоносія, або система вентиляції збільшує подачу повітря в приміщення, завдяки чому великі порції повітря відводять надлишок тепла, що утворюється в приміщенні.



Рисунок 2.12 – Клімат-контроль у системі вентиляції за допомогою датчиків температури і сценаріїв

Також ця система буде корисна, якщо її встановити у заміський будинок. Він зазвичай не використовується постійно, але опалення потрібне, щоб уникнути пошкоджень від холоду та вологи. У порожньому стані котел налаштований на підтримку найнижчої можливої температури теплоносія.

Впровадження клімат-контролю безпосередньо впливає на оптимальне споживання енергії системами клімат-контролю. У системі «Розумний будинок», в якому правильно налаштовані кліматичні режими, опалення та кондиціонування ніколи не споживають енергію даремно (Рис. 2.13). Річ у тім, що система опалення знає про кондиціонер, і кондиціонер не може охолоджувати повітря, поки працює система опалення, і навпаки. Основою такої системи стає мікроконтролер, який виконує роль центрального

керуючого елемента. До нього підключаються датчики температури та датчики присутності, а також виконавчі механізми, такі як реле, або керовані термостати. Керування може здійснюватися за допомогою локальних скриптів або через мережу Wi-Fi/Bluetooth з інтеграцією з хмарою. Мікроконтролер збирає дані в режимі реального часу, аналізує отриману інформації та приймає рішення про вмикання та вимикання опалення, враховуючи режим роботи, «Постійний», або «Присутній», добовий графік, тарифи на електроенергію та зовнішні погодні умови.



Рисунок 2.13 – Приклад моніторингу температури в будинку

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ

Створення системи «Розумний будинок» з використанням мікроконтролерів починається з проектування схеми підключення. Це вимагає ретельного вибору та правильного підключення компонентів для забезпечення належної роботи всієї системи. Проектування схеми починається з визначення функціональних блоків та їх з'єднань. Потрібно розробити схеми для підключення різних пристроїв, таких як датчики температури, датчики освітлення та інші датчики, що взаємодіють з мікроконтролерами. Тому існують декілька кроків розробки таких систем:

- визначення мети і конкретної області;
- вибір мікроконтролера та інших компонентів схеми, для правильного і стабільного керування системою;
- створення структурної схеми і схеми підключення;
- розміщення датчиків у потрібних місцях, щоб забезпечити повний моніторинг;
- підключення виконавчих механізмів, реле та двигунів, що виконують системні команди;
- тестування працездатності системи і безпека її використання.

3.1 Визначення мети та вибір всіх компонентів схеми. Освітлення

Для більшого розуміння створення системи, будемо розглядати кожний пункт окремо. Почнемо з визначення мети. Спочатку розробимо схему регулювання освітлення, тому що на мій погляд це найважливіша сторона системи «Розумний будинок» і яку не так важко встановити ніж систему теплорегуляції. Основним способом автоматизування керування освітленням та мінімізування споживання енергії буде виступати мікроконтролер, який

буде автоматичного вмикати і вимикати освітлення, за допомогою датчиків руху та освітленості. Він може динамічно регулювати яскравість у приміщеннях завдяки ШИМ-керуванню світлодіодами і використанням димерів, також МК буде вести облік часу роботи, враховуючи потрібні параметри такі як таймери, розклади та інші.

Тепер перейдемо до вибору мікроконтролера та інших компонентів схеми. Коли тема заходить про вибір МК, мою увагу першим чином привертає мікроконтролер ATmega128 (Рис. 3.1) та дуже схожого за характеристиками, але більш потужної версії і простішої у використанні – Arduino UNO (Рисунок 3.2).

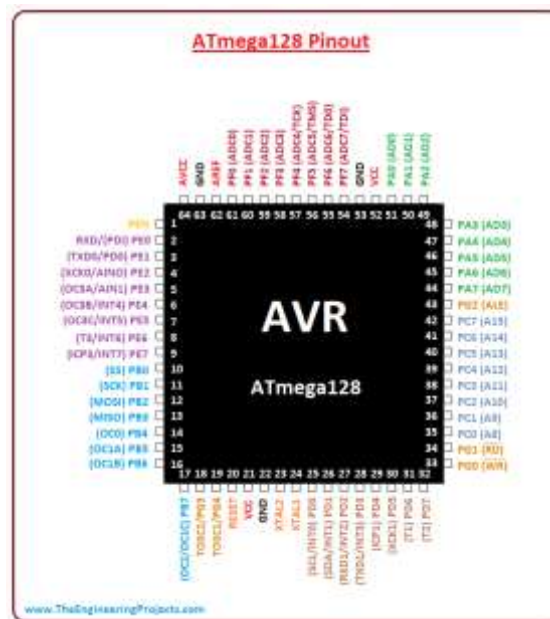


Рисунок 3.1 – Розпинування МК ATmega128

По-перше, ATmega128 привертає, тому що коштує лише трохи дорожче, ніж простіші мікроконтролери ATtiny2313 або ATmega8, але при цьому надає значно більше пам'яті, периферійних інтерфейсів і ресурсів в цілому. І це вагомий аргумент на користь того, щоб використовувати його в універсальних модулях, особливо якщо враховувати, що такі плати можуть застосовуватись у різних вузлах розумного будинку – від датчиків до блоків управління. А по-друге, згадуються вони разом, через те, що ATmega128 і Arduino UNO мають

схоже розпинування (Рис. 3.2), що теж відіграє важливу роль. Це означає, що можна почати з менш потужної версії (ATmega128), а потім, за потреби, без особливих переробок перейти на більш продуктивну (Arduino UNO). Така гнучкість, сильно спрощує масштабування та модифікацію системи.

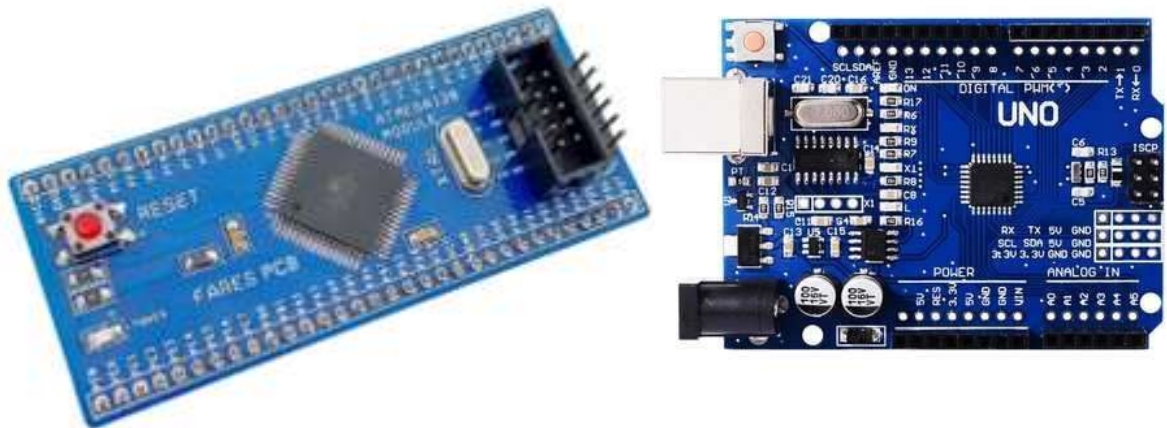


Рисунок 3.2 – Порівняння модулів ATmega128 та Arduino UNO

Звичайно у мікроконтролера ATmega128 не досить великий об'єм внутрішньої пам'яті, і не досить зручна необхідність перешивки мікроконтролера при кожній зміні коду. Хоча окремо можна відзначити надійність та передбачуваність AVR-мікроконтролерів. Все одно в цьому випадку ми будемо використовувати Arduino UNO, через його простоту у використанні та доступність, реалізація поставленої задачі в два рухи при використанні стандартних бібліотек програмування без поглибленого вивчення та швидке і просте виведення даних на різні дисплеї. До того ж вони добре документовані, давно використовуються і з ними вже накопичено великий досвід. Це особливо важливо для розумного будинку, де будь-яка нестабільність може призвести до серйозних незручностей чи навіть збоїв у роботі. Хоча загалом, на мою думку, головне – знайти розумний баланс між надійністю, функціональністю і вартістю, щоб система могла працювати стабільно.

Також для поставленої задачі нам потрібні датчики руху і освітлення. Датчик руху візьмемо HC-SR501 (Рис. 3.3 та Таблиця 3.2), тому що він найбільш ефективний, доступний та відповідає вимогам. У даній системі датчик руху буде використаний для системи освітлення, тому датчик HC-SR501 є найбільш підходящим у зв'язку з тим, що його радіус дії перевищує радіус дії інших подібних датчиків. Але слід зазначити, що цей модуль ліпше використовувати в приміщенні, дому що під час роботи з датчиком джерела світла та тепла, які покривають поверхню лінзи модуля та вітер можуть створювати перешкоди.

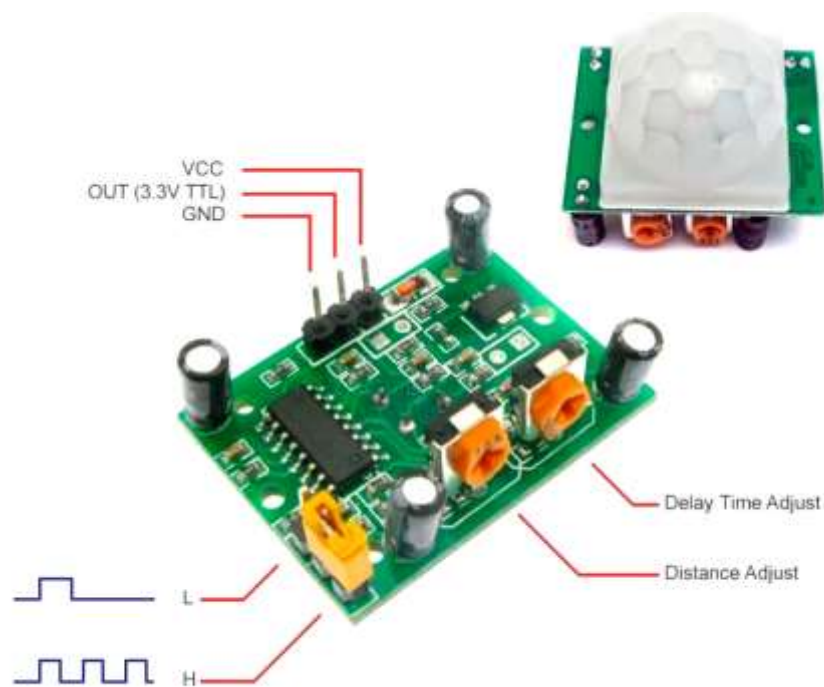


Рисунок 3.3 – Модуль датчика руху HC-SR501

Як датчик освітленості можна обирати – LM393 (Рис. 3.4 та Таблиця 3.1), через те, що він найбільш доступний і простий у підключенні та відповідає вимогам. Завданням датчика освітленості є перевірка рівня освітленості в приміщенні і датчик LM393 підходить для виконання даної задачі, оскільки відповідає вимогам та найбільш доступний у порівнянні з іншими подібними датчиками.

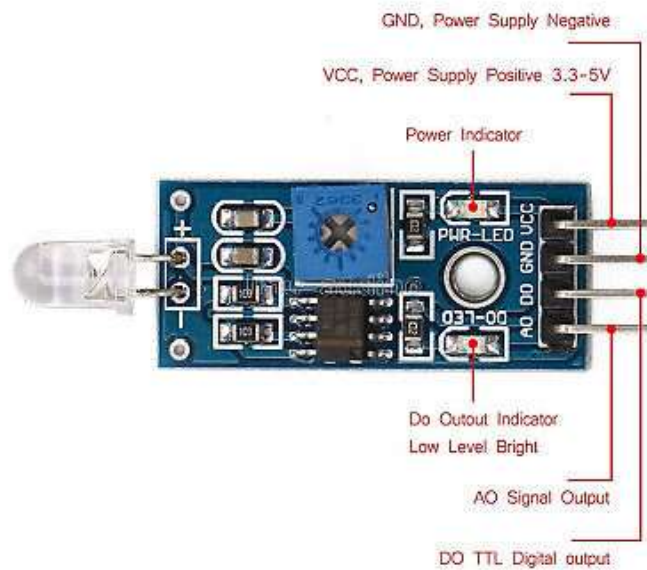


Рисунок 3.4 – Модуль датчика освітленості LM393

Таблиця 3.1 – Параметри датчика освітленості LM393

Параметр	Значення
Напруга живлення (Vcc)	3.3 В – 5 В
Споживаний струм	~10 мА
Типи виходів	Аналоговий (АО), Цифровий (DO)
Тип компаратора	LM393 (подвійний компаратор)
Діапазон освітленості	Залежить від LDR, орієнтовно від 0 до 10,000+ люкс
Регулювання порогу	Триммер-потенціометр (змінює поріг спрацювання DO)
Індикація спрацювання	Світлодіод при активації цифрового виходу
Рівень DO (сигнал на виході)	LOW – коли освітленість нижча за поріг (світлодіод ON)
Час реакції	В межах кількох мілісекунд
Робоча температура	0°C ... +70°C (типово)

Також для нашої схеми візьмемо також одноканальне реле КУ-019, яке може працювати як у нормально замкненому, так і в нормально розімкнутому станах. Панель має отвори для кріплення модуля. Стан реле відображається світлодіодом. Та макетну плату, яка дозволяє протестувати нову електронну схему без паяння. Такі тестові панелі дуже компактні, що робить їх дуже зручними для створення прототипів. Та комплект проводів, щоб підключити плату Arduino до інших компонентів без паяння.

3.2 Створення структурної схеми і схеми підключення. Освітлення

Алгоритм системи розумного будинку працює так, що мікроконтролер, керуючий системою отримує дані від різних датчиків, підключених до системи (Рис. 3.5). У нашому випадку розглядаємо датчики освітленості та датчики руху. Система перевіряє поточний рівень освітленості в приміщенні, якщо він нижче за норму, то подається команда на включення якоїсь кількості лампочок, або на сервопривод, що управляє положенням жалюзі з метою їх відкриття. Якщо датчик руху подає позитивний сигнал, це означає, що на території хтось знаходиться, а за цим слідує оповіщення вмикання світла в потрібних кімнатах і збільшення яскравості. Якщо ж рівень освітленості вищий за потрібний, то лампочки залишаються вимкненими або вимикаються та жалюзі залишаються закритими або частково закриваються, щоб зменшити потрапляння світла. У разі відсутності руху система автоматично вимикає світло через певний час для економії електроенергії. Таким чином, система забезпечує оптимальне освітлення, перевіряючи зовнішні умови та наявність людей у приміщенні, що дозволяє підвищити комфорт та енергоефективність.

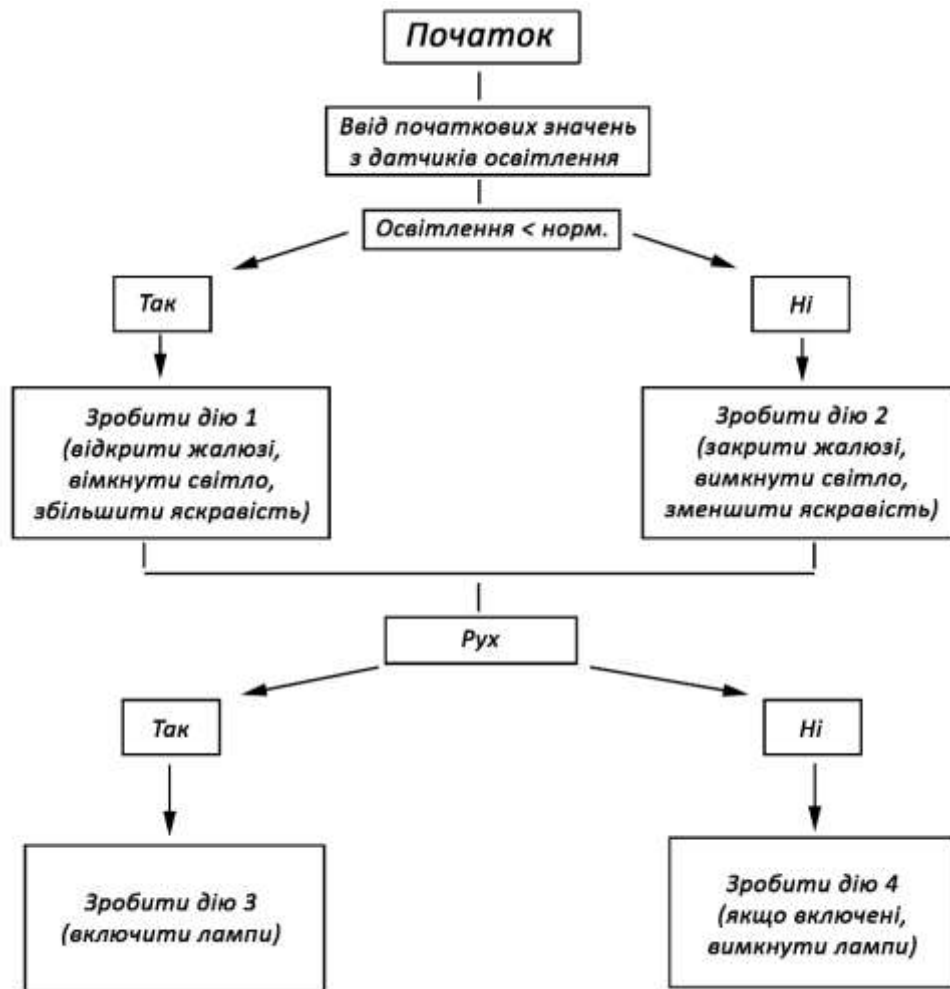


Рисунок 3.5 – Структурна схема роботи освітлення в «Розумному будинку»

Тепер розробимо схему підключення, яка буде зчитувати інформацію з датчику руху, передавати її на мікроконтролер і вмикати або вимикати світло за потребою. У цій схемі ми будемо використовувати модуль, який дозволяє відстежувати рух – піроелектричним інфрачервоним (PIR) датчиком руху. Такі датчики часто використовуються в системах освітлення та в повсякденному житті для виявлення руху в приміщенні, для автоматичного вмикання освітлення. Піроелектричні датчики досить прості за конструкцією, недорогі, легкі в установці та обслуговуванні. Ми будемо використовувати датчик HC-SR501 (Таблиця 3.2), оскільки він є одним з найпопулярніших та сумісних з Arduino.

Таблиця 3.2 – Представлені характеристики датчика руху HC-SR501 з Datasheet

Діапазон робочої напруги	4.5 – 20 В постійного струму
Струм споживання в режимі очікування	≈ 50 мкА
Напруга на виході	3.3 В
Робоча температура	від -15 °С до +70 °С
Розміри	32 × 24 мм
Режими роботи	Два режими (Н (повторюваний), L (неповторюваний))
Максимальний кут виявлення	110°
Дальність спрацювання	Від 3 до 7 м (регульована); при температурі понад 30 °С може зменшуватись

Найчастіше він використовується в пристроях, призначених для керування освітленням, а також може використовуватися разом із датчиком освітлення для цієї ж мети. Цей модуль має невеликі розміри, низьке енергоспоживання та дуже простий у використанні, що робить його придатним для використання в пристроях з автономним живленням. Також серед плюсів – те що він пасивний, оскільки не використовує жодної додаткової енергії, окрім тієї, що випромінюється об'єктами, для виявлення руху.

Принцип роботи датчика руху полягає в наступному. Припустимо, що датчик встановлено в порожній кімнаті. Усі чутливі елементи отримують постійну дозу опромінення, а це означає, що напруга на них є постійною (Рис. 3.6а). Як тільки людина потрапляє в кімнату, вона спочатку потрапляє в поле зору першого елемента, який викликає на неї позитивний електричний імпульс (Рис. 3.6б). Людина рухається, і її теплове випромінювання, що випромінюється через лінзи, досягає другого елемента PIR, який генерує

негативний імпульс. Електронна схема датчика руху реєструє ці різноспрямовані імпульси та визначає, що людина потрапила в поле зору датчика. На виході датчика генерується позитивний імпульс (Рис. 3.6в).

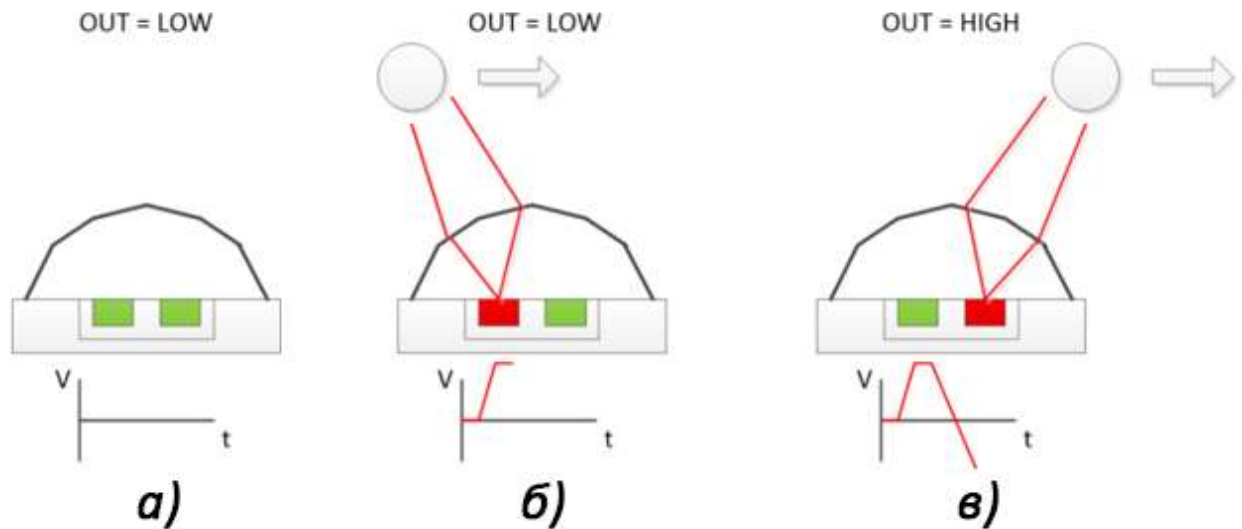


Рисунок 3.6 – Принцип роботи датчика руху

Модуль HC-SR501 має 3 виходи:

- живлення (VCC);
- земля (GND);
- вихід 3v3 (OUT).

Відразу після першого ввімкнення живлення модуль калібрується протягом кількох секунд, протягом яких можливі хибні спрацьовування. Він перейде в режим очікування приблизно через хвилину. При спрацьовуванні датчика на виході з'являється логічний сигнал, напруга становить 3,3 вольт.

Зміни сигналу залежать від вибраного режиму. Його можна змінити за допомогою перемички (Рис. 3.3). Якщо вибрати Н, вихідний сигнал датчика залишатиметься високим після кількох послідовних спрацьовувань; Якщо вибрано опцію L, на кожен тригер надсилається окремий імпульс. На самому модулі є два змінних резистори, які керують дальністю виявлення руху

(Distance Adjust) та часом, протягом якого вихід стає логічним (Delay Time Adjust). Відстань і затримку можна регулювати.

Для реалізації схеми, нам знадобляться такі компоненти:

- arduino UNO;
- інфрачервоний датчик руху HC-SR501;
- одноканальне реле KY-019;
- макетна плата;
- набір макетних проводів.

Для моделювання схеми і перевірки правильності її роботи скористаємося додатком «Wokwi». Там на робочому полі виставляємо всі потрібні нам елементи – плату Arduino UNO та датчик руху. Перший крок – підключити датчик руху до Arduino. GND підключено до однойменного виводу Arduino, проводимо провід від VCC до 5 В та підключаємо OUT до 2 – заданий нами виконавчий порт (Рис. 3.7 та Рис. 3.8). Підключення виходу модуля до аналогового роз'єму пов'язане з тим, що цифрові роз'єми Arduino працюють на п'ятивольтовій логіці, а наш модуль розрахований на 3,3 В. У ескізі ми використовуватимемо значення більше 500 як логічну одиницю на аналоговому порту. Це буде близько 2,44 В.

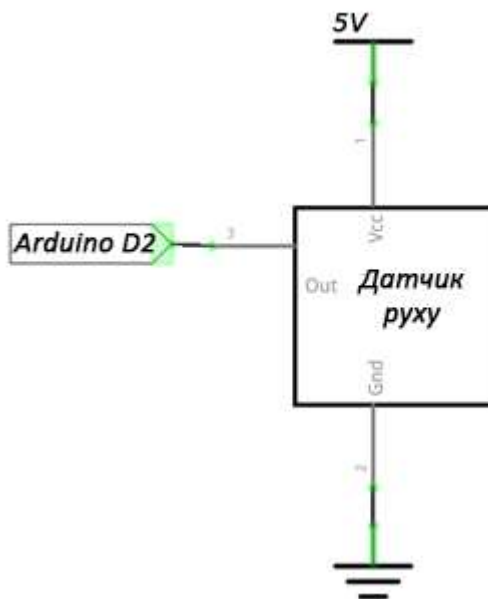


Рисунок 3.7 – Принципова схема підключення HC-SR501 до Arduino

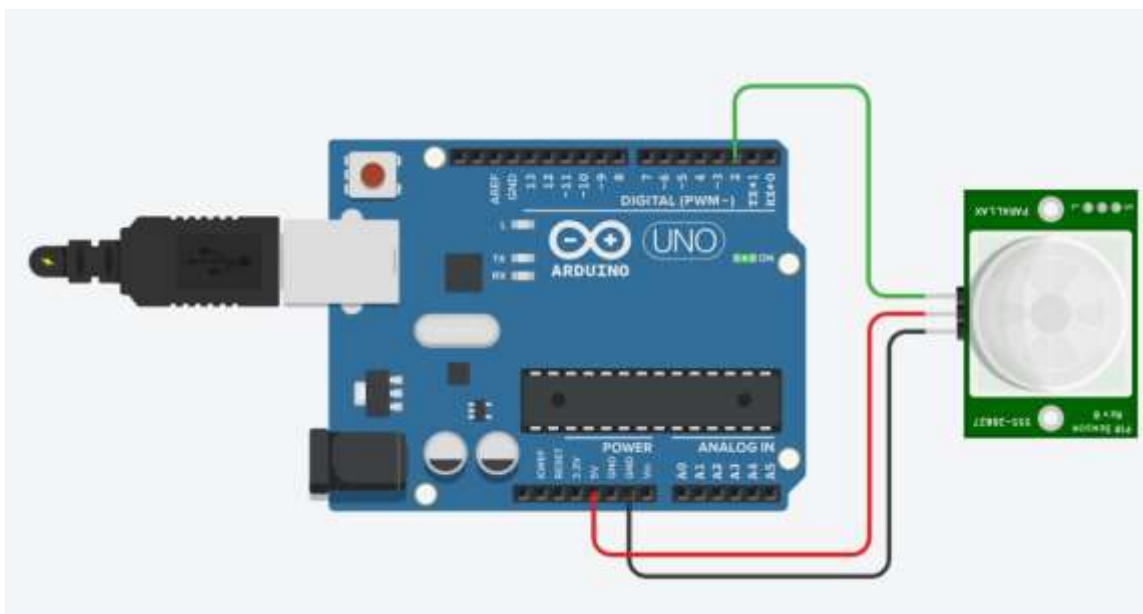


Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд макету в додатку TinkerCAD

Тепер напишемо код/програму для роботи датчика руху (Рис. 3.9). Він працює на тому, що цифровий вихід датчика HC-SR501 генерує високий сигнал при активації, програма надсилає "1" на послідовний порт, якщо датчик виявляє рух, і "0" в іншому випадку.

```

1  const int movPin = 2;           // датчик руху підключено до цифрового піну 2 на платі Arduino
2
3  void setup() {
4      Serial.begin(9600);        // ініціалізує послідовне з'єднання з комп'ютером для виведення даних (9600 Бит/с)
5      pinMode(movPin, INPUT);    // встановлення піна 2 на режим входу для читання сигналу від датчика
6  }
7
8  void loop() {
9      int val = digitalRead(movPin); // зчитування стану піна 2 (або 1, або 2)
10     Serial.println(val);         // надсилає значення до монітора порту
11     delay(100);                 // пауза 100 мс між зчитуваннями зменшення навантаження на систему.
12 }

```

Рисунок 3.9 – Код програми для активації датчика руху

Перевіряємо правильність схеми (Рис. 3.10), зобразивши в додатку «рух» і бачимо зміни в графіку, коли є рух – відправляє одиницю, коли немає – 0. Перша зміна в графіку, коли рух був один раз і одразу припинився і через певний час датчик руху змінив значення на 0. У другому випадку – довше знаходження «людини» у полі зору сенсора.

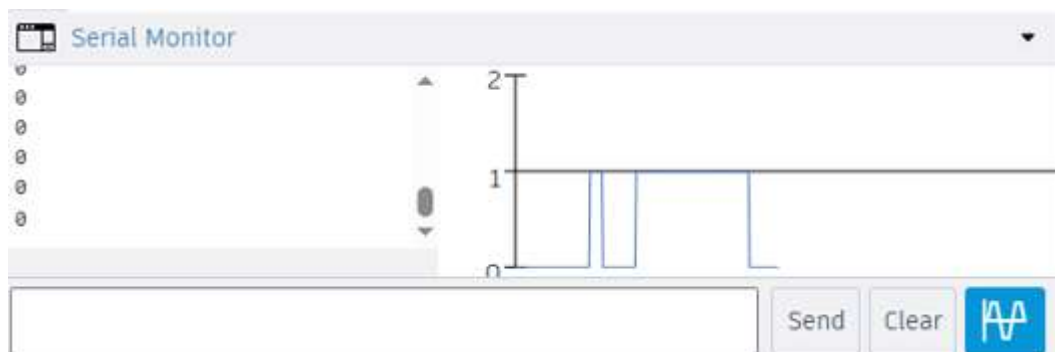


Рисунок 3.10 – Дослідження змін графіку при різних сигналах сенсора

Тепер, для того щоб цей датчик зміг керувати освітленням, встановимо систему автоматичного вимикання світла (Рис. 3.11 та Рис. 3.12). Щоб керувати освітленням у кімнаті, нам потрібно додати до схеми реле. Ми будемо використовувати релейний модуль із оптоізоляційним захистом. Схема електрична принципова системи автоматичного керування навантаженням на основі Arduino UNO з використанням PIR-датчика руху, лампи та реле представлена у Додатку Б.

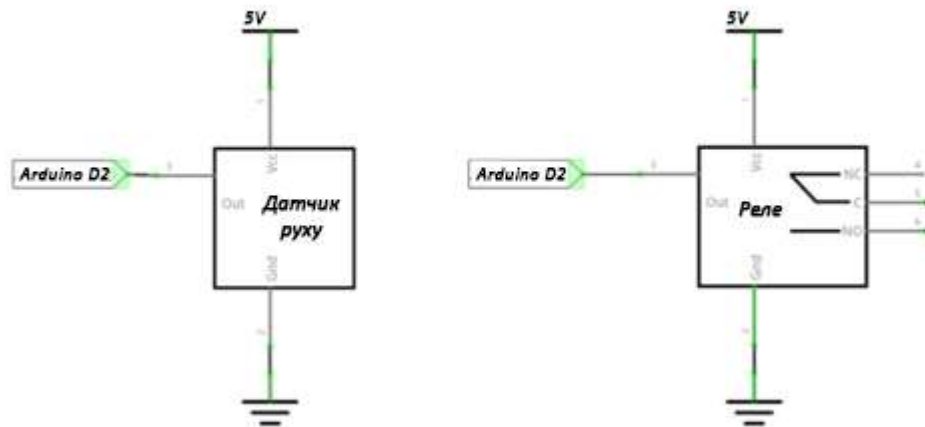


Рисунок 3.11 – Принципова схема підключення датчика руху і реле до Arduino

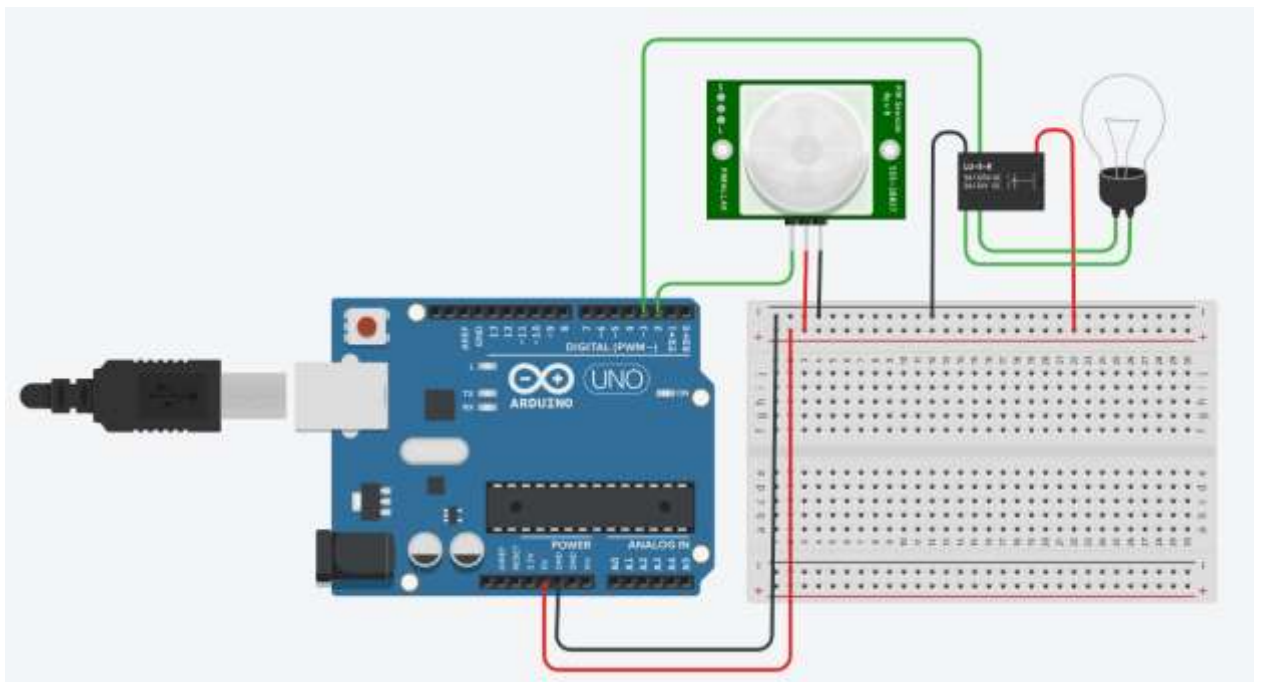


Рисунок 3.12 – Зовнішній вигляд макету в додатку TinkerCAD

Тепер напишемо програму, яка вмикає реле при спрацьовуванні датчика, а отже, і освітлення кімнати (Рис. 3.13).

```

1  const int movPin = 2; // піна 2) налаштований як вхід для підключення датчика руху (наприклад, PIR-датчика)
2  const int relPin = 3; // піна 3) налаштований як вихід для керування реле (наприклад, для увімкнення світла або іншого пристрою)
3
4  void setup() {
5      Serial.begin(9600); // ініціалізує послідовне з'єднання з комп'ютером для виведення даних (9600 біт/с)
6      pinMode(movPin, INPUT); // налаштування режиму піни movPin як вхід
7      pinMode(relPin, OUTPUT); // налаштування режиму піни relPin як вихід
8  }
9
10 void loop() {
11     int val = digitalRead(movPin); // зчитується значення з датчика руху
12     if (val) {
13         digitalWrite(relPin, LOW); // якщо датчик виявив рух, реле подається високою рівнем, до вилучення підключеної пристрій
14     } else {
15         digitalWrite(relPin, HIGH); // якщо рух немає, реле вимикається
16     }
17     Serial.println(val); // додати вихід значення в консоль (для побудови графіка)
18     delay(100); // пауза 100 мс між зчитуваннями значення налаштована на систему
19 }

```

Рисунок 3.13 – Код програми для активації датчику руху

Щоб перевірити правильність роботи схеми, натискаємо кнопку «Simulate Motion», щоб імітувати рух (Рис. 3.14). Спостерігаємо за змінами на графіку: якщо є рух, передається сигнал «1»; якщо його немає, передається сигнал "0". Перша зміна на графіку відповідає короткочасному руху – датчик швидко виявив об'єкт, а потім повернувся у стан «0». У другому випадку рух тривав довший проміжок часу, що свідчить про те, що «людина» перебувала в зоні дії датчика протягом тривалого часу. Крім того перевірити правильність схеми можна ще одним способом, Рисунок 3.15 можемо побачити, що при імітації руху в програмі перед датчиком руху, реле передає сигнал на лампу і вона вмикається.

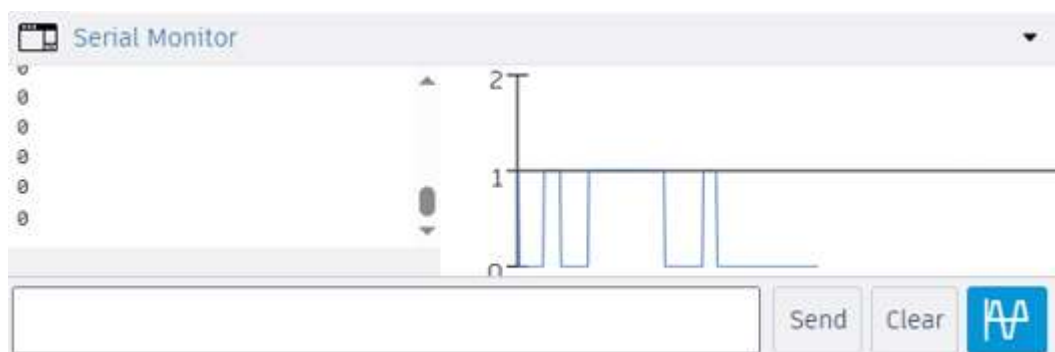


Рисунок 3.14 – Дослідження змін графіку при різних сигналах сенсора

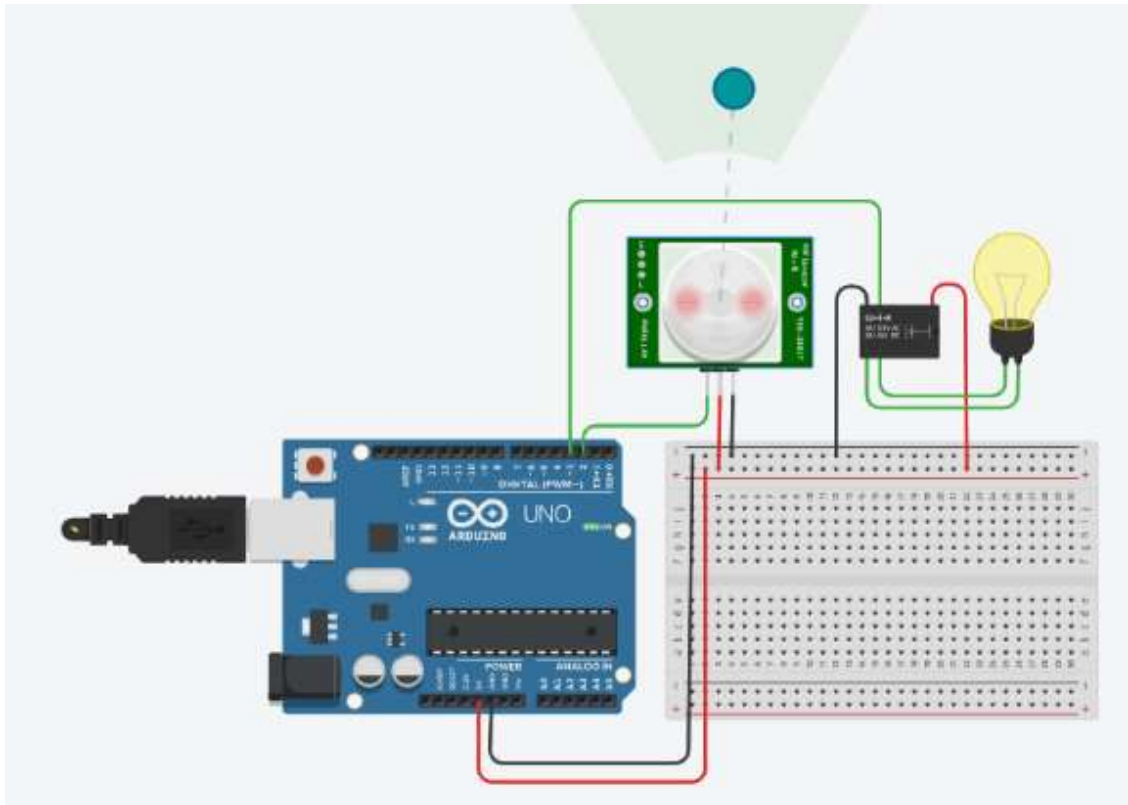


Рисунок 3.15 – Приклад роботи моделі з увімкненою лампою

3.3 Розміщення датчиків у потрібних місцях

Щоб забезпечити повний моніторинг. Датчики освітленості слід встановлювати на стінах або стелі у зонах з рівномірним природним освітленням, подалі від прямих джерел світла, щоб отримувати точні показники. Датчики руху потрібно розмістити біля входів, у проходах або місцях з активною присутністю людей, щоб швидко зчитувати переміщення. Важливо уникати "мертвих зон", де сигнал може бути слабким або відсутнім. На Рисунку 3.16 показано зразкове розташування датчиків системи «Розумний будинок» у житлових приміщеннях квартири на 3D моделі з вказаними датчиками. А на Рисунку 3.17 показано те ж саме приміщення зроблене у пакеті програм Autodesk AutoCAD та Revit, але у вигляді креслення, де зелене коло – датчик освітлення, а синє – датчик руху. Таке рішення є універсальним практично для будь-якого планування житла і використовує всі потрібні інструкції для встановлення.



Рисунок 3.16 – 3D модель приміщення з вказаними датчиками

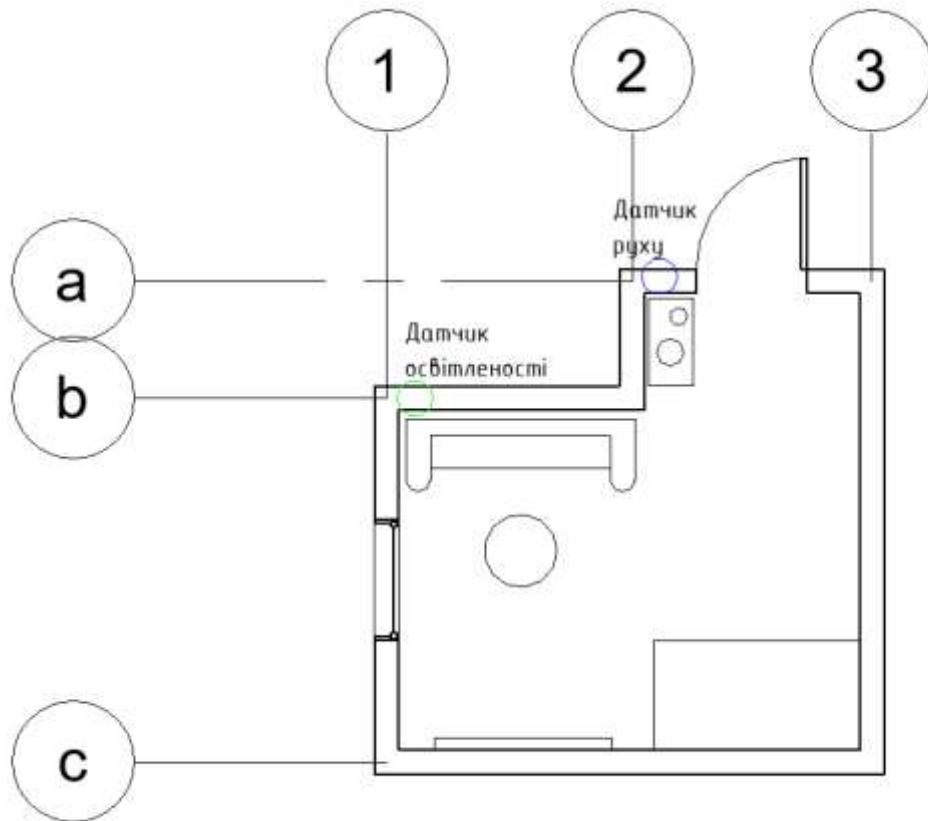


Рисунок 3.17 – Креслення приміщення з вказаними датчиками

3.4 Визначення мети та вибір всіх компонентів схеми. Вентиляція

Тепер зробимо систему автоматичну систему відкривання жалюзі у системі кондиціонування, коли температура повітря досягає певної температури. Це допоможе значно зекономити на опаленні, а отже і на електроенергії, це дозволяє зменшити навантаження на систему опалення. Така система повинна мати можливість зчитувати температуру повітря за допомогою датчиків температури, передавати інформацію на мікроконтролер, який аналізує отримані дані та вмикає у нашому випадку сервопривід, який, в свою чергу відкриє систему кондиціонування. Замість сервоприводу, таку систему можна з легкістю підключити для керування опалювальними або охолоджувальними пристроями, такими як радіатори, вентилятори або кондиціонери. Для реалізації цього завдання ми, як і в попередньому випадку будемо використовувати мікроконтролер Arduino UNO. Як основний датчик температури ми обрали DS18B20 – цифровий датчик температури з широким діапазоном температур (від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$) (Рис. 3.18 та Рис. 3.19).



Рисунок 3.18 – Датчик температури DS18B20

Характеристика	Значення
Тип датчика	Цифровий температурний датчик
Інтерфейс	1-Wire (однопровідний)
Діапазон вимірювань температури	від -55 °C до +125 °C
Точність вимірювання	±0.5 °C (в діапазоні від -10 °C до +85 °C)
Живлення	3.0 В – 5.5 В
Струм споживання (вимірювання)	~1 мА
Струм споживання (режим очікування)	<1 мА
Час перетворення температури	від 93.75 мс (9 біт) – 750 мс (12 біт)

Рисунок 3.19 – Характеристики датчика температури DS18B20

Для керування жалюзі системи кондиціонування ми будемо використовувати сервопривід MG90S (Рис. 3.20), який дозволить нам відкрити, або закрити жалюзі залежно від температури в кімнаті. Для ілюстрації процесу розробки ми також використовуємо макетну плату, джгут проводів та програму моделювання TinkerCAD, яка дозволяє протестувати логіку без фізичного складання пристрою.



Рисунок 3.20 – Сервопривід MG90S

3.5 Створення структурної схеми і схеми підключення. Вентиляція

Основна логіка системи така: датчик температури DS18B20 вимірює температуру в приміщенні та передає дані на Arduino Mega. Мікроконтролер вирішує, чи вмикати, чи вимикати нагрівач, на основі попередньо встановлених температурних порогів за допомогою коду, так званого сценарію користувача. Якщо температура падає нижче 25°C, спрацьовує механізм, а саме сервопривід, який в свою чергу відкриє жалюзі системи кондиціонування. Якщо температура перевищить 25°C, система кондиціонування повітря закривається.

Систему також можна розширити, наприклад, підключивши додаткові датчики для контролю температури в різних кімнатах, а також додавши систему охолодження (вентилятори або кондиціонер), яка також буде керуватися за допомогою мікроконтролера.

У додатку TinkerCAD ми розміщуємо всі потрібні компоненти, а саме мікроконтролер Arduino UNO, датчик температури і сервопривід (Рис. 3.21).

Після цього пишемо код програми (Рис. 3.22), яка в залежності від заданої температури, більше або менше 25°C , сервопривід буде повертатись на 90° (Рис. 3.23). Схема електрична принципова системи автоматичного керування на основі Arduino UNO з використанням датчика температури та сервоприводу представлена у Додатку В.

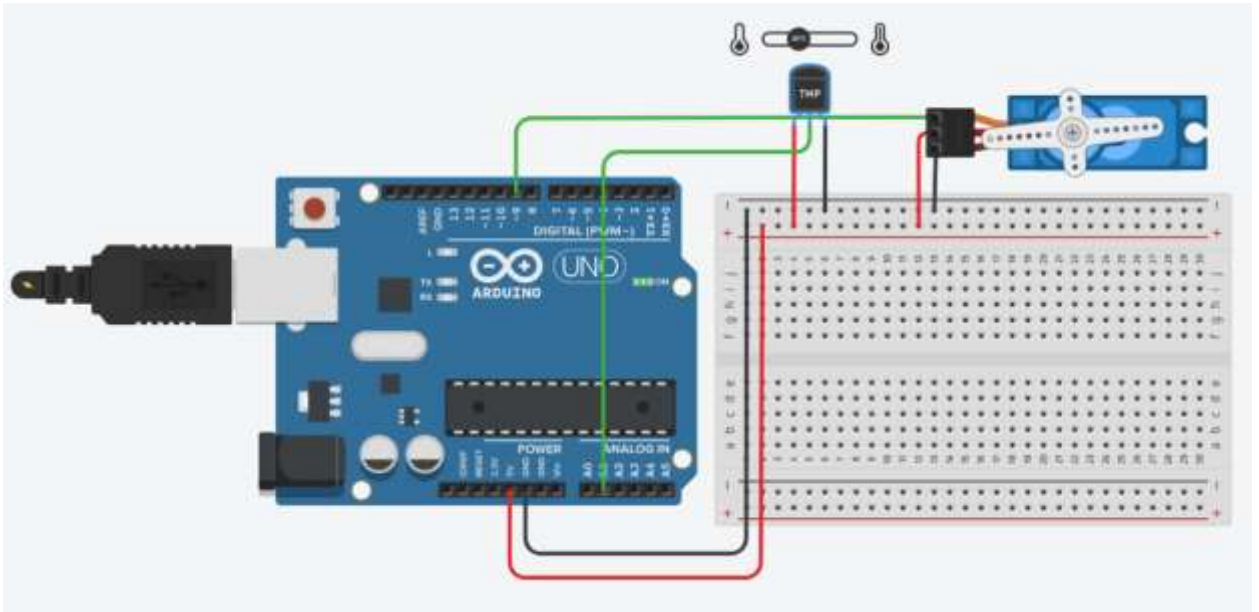


Рисунок 3.21 – Зовнішній вигляд макету в додатку TinkerCAD

```

1 #include <Servo.h>
2
3 const int tempPin = A1; // Пін підключення датчика температури
4 const int servoPin = 9; // Пін керування сервоприводом
5 const float tempThreshold = 25.0; // Трешголд Цельсія
6
7 Servo myServo;
8
9 void setup() {
10   Serial.begin(9600);
11   myServo.attach(servoPin);
12   myServo.write(0); // Початкове положення 0°
13 }
14
15 void loop() {
16   int analogValue = analogRead(tempPin);
17
18   float voltage = analogValue * (5.0 / 1023.0); // Вольтам
19   float temperatureC = voltage * 100.0; // Температура в °C
20
21   Serial.print("Температура: ");
22   Serial.println(temperatureC);
23
24   if (temperatureC >= tempThreshold) {
25     myServo.write(90); // Повернути на 90°
26   } else {
27     myServo.write(0); // Повернутися в 0°
28   }
29
30   delay(100); // Затримка для стабільної роботи
31 }

```

Рисунок 3.22 – Код програми для активації виконавчого механізму

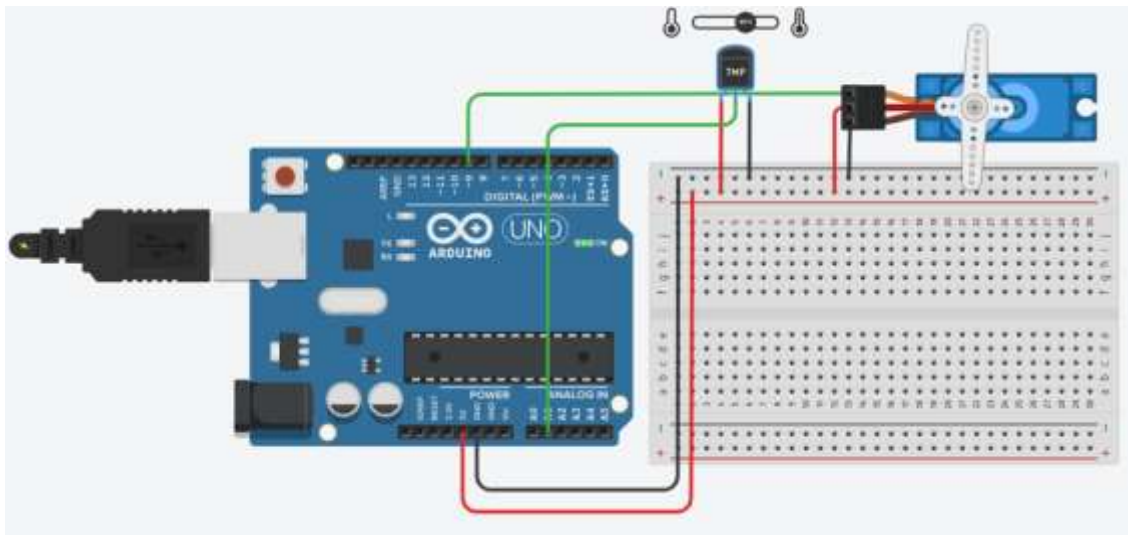


Рисунок 3.23 – Дослідження роботи датчика температури та сервопривіда

3.6 Загальна схема на одному мікроконтролері

Тепер з'єднаємо ці дві схеми керуванням освітлення, за допомогою датчика руху, реле і лампи і керуванням вентиляцією за допомогою датчика температури і сервоприводу (Рис. 3.24). На Рисунку 3.25 представлена програма керування системи. Рисунок 3.26 показує суть роботи, при, коли одночасно включені і лампа, завдяки датчику руху, і сервопривід, завдяки датчику температури. Схема електрична принципова системи автоматичного керування на основі Arduino UNO з використанням PIR-датчика руху, датчика температури, лампи, реле та сервоприводу представлена у Додатку Г.

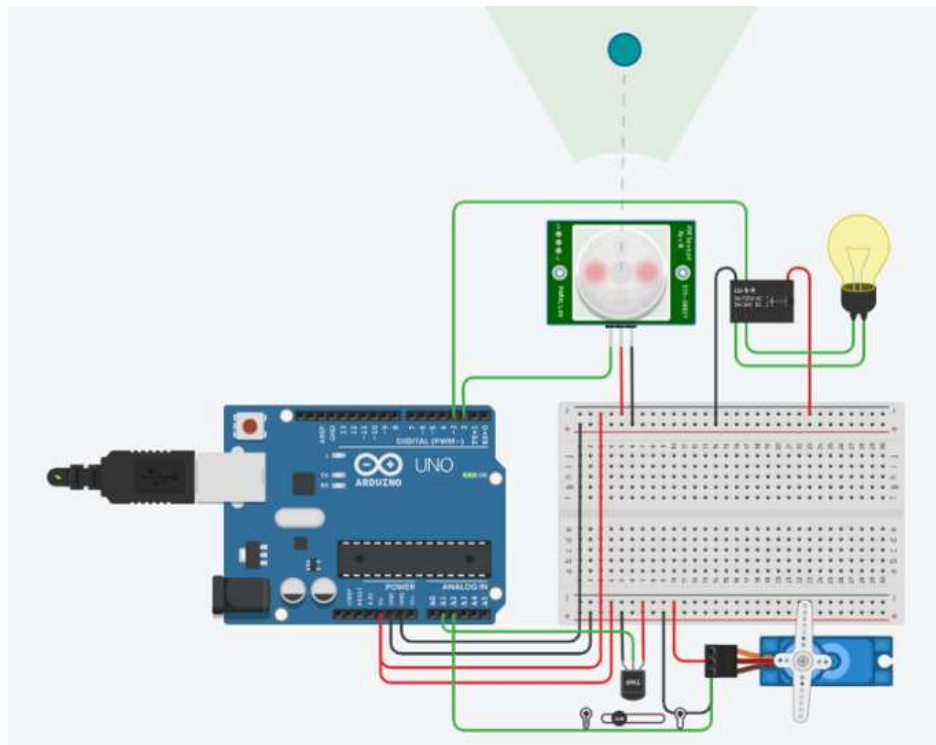


Рисунок 3.26 – Система з працюючим датчиком освітлення і температури одночасно

3.7 Тестування працездатності

Після складання системи «розумний дім» на основі мікроконтролера слід провести тестування, щоб переконатися, що всі компоненти працюють належним чином, що продуктивність і конфігурація системи «розумний дім» є бажаними, а її використання безпечне для повсякденних застосувань. Роботу кожного елемента необхідно перевірити під час тестування, щоб забезпечити належну роботу системи. На цьому етапі можна змінити параметри та налаштування конфігурації, щоб забезпечити оптимальну продуктивність і надійність для вашого розумного будинку. Важливий етап тестування взаємодії включає перевірку зв'язку між мікроконтролерами, а також датчиками та виконавчими механізмами. Таким чином можна виявити будь-які проблеми в автоматизації та управлінні. Щоб переконатися, що всі системи зараз правильно реагують відповідно до заданих сценаріїв і команд, можна слідувати таким крокам:

- перевірити підключення та відкалібрувати датчики;
- протестувати з'єднання між мікроконтролерами та виконавчими механізмами;
- налаштувати правила автоматизації та перевірити їх правильність виконання.

Важливою частиною налаштування системи є оптимізація її роботи. Це вимагає переконатися, що всі компоненти належним чином інтегровані, а система реагує на зміни в середовищі належним чином. Можна створити свою таблицю за потребою, або використовувати наведену таблицю для відстеження стану різних компонентів (Таблиця 3.3). Додатково можна використовувати помітку кольорами для полегшення відстеження усіх елементів системи і виправлення помилок.

Таблиця 3.3 – Таблиця відстеження стану різних компонентів

Компонент	Статус	Коментар
Мікроконтролер	Працює	Правильне підключення
Сенсор	Перевірені	Калібровка закінчена
Виконавчі пристрої	Тестуються	Перевірка сценаріїв і виконавчого коду

ВИСНОВКИ

Проблема надмірного споживання енергії та неефективного використання електроенергії у повсякденному житті стає особливо актуальною на фоні зростання тарифів та нестабільного енергопостачання. У цьому контексті оптимізація енергоспоживання систем розумного будинку за допомогою мікроконтролерів є одним з найперспективніших технічних рішень. Під час роботи було проаналізовано основні компоненти системи розумного дому, що впливають на споживання енергії, та визначено методи їх автоматизованого керування на основі даних, отриманих від датчиків руху, освітлення та температури. Було показано, що використання мікроконтролерів дозволяє створювати адаптивні алгоритми керування, які враховують різні сценарії, як внутрішнє середовище будинку та системи, так і зовнішні фактори (погода, час, освітленість на вулиці). Особлива увага приділяється впровадженню децентралізованих систем управління, що забезпечують автономність окремих елементів системи. Це значно підвищує гнучкість, стійкість та точність контролю енергії в будинку. Крім того, мікроконтролери можуть бути поєднані з альтернативними джерелами енергії та дозволяють реалізувати сценарії з пріоритетом енергії, що дозволяє ефективно розподіляти ресурси за умов обмеженого енергопостачання. Використання технологій автоматизованого управління живленням на базі мікроконтролерів не тільки допомагає підвищити енергоефективність, але й знижує експлуатаційні витрати, покращує комфорт користувачів та забезпечує стабільну роботу систем навіть у разі відключення електроенергії. Це робить такі системи актуальними як для домогосподарств, так і для малого бізнесу. Таким чином, мікроконтролери відіграють ключову роль у побудові ефективних, адаптивних та енергоефективних систем розумного будинку, а їх впровадження є значним кроком до сталого та економічного використання енергетичних ресурсів у сучасному світі.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ксендзук М., Комп'ютеризовані системи моніторингу у «розумному» будинку [Текст] // Всеукраїнський науковий журнал. – 2023. – С. 38–51. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2023/dec/32805/vse-ksm-fin2-38-51.pdf>
2. Energy Saving Trust, New research finds 96% of UK homeowners are concerned about energy efficiency [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://energysavingtrust.org.uk/new-research-finds-96-of-uk-homeowners-are-concerned-about-their-home-energy-efficiency-yet-one-in-five-arent-taking-simple-steps-to-improve-it/>
3. Телекомунікації та інформаційні технології, Науковий журнал [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://tit.dut.edu.ua/index.php/telecommunication/issue/view/157>
4. Build Review, How to Save Money with Smart Lights [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.build-review.com/how-to-save-money-with-smart-lights/>
5. Комп'ютеризована система енергоменеджменту «Розумний будинок» [Текст] / Науковий журнал Computer Science and Information Technologies. – 2023. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/csn/all-volumes-and-issues/volume-5-number-1-2023/computerized-energy-management-system-smart-home>
6. Запорізька обласна універсальна наукова бібліотека, Показчики та література за темою «Розумний будинок» [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://zounb.zp.ua/resource/pokazhchyky/sr/rozumnij-budinok>

7. ScholarWorks, Smart Lighting and Smart City Applications [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://scholarworks.calstate.edu/downloads/kd17cv13m>

8. EnergyStorage.com.ua, Smart-система обліку і розподілу електроенергії [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://energystorage.com.ua/ru/resheniya/smart-sistema-ucheta-i-raspredeleniya-elektroenergii/>

9. Shop-GSM.ua, Як економити за допомогою технологій розумного дому [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://shop-gsm.ua/ru/blog/kak-ekonomit-pri-pomoschi-tehnologij-umnogo-doma/>

10. Studway, Система «Розумний дім»: що це, принцип роботи та поради з підключення [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://studway.com.ua/systema-umnyj-dom-hto-eto-pryncyp-raboty-y-rekomendacyyu-po-pravylnomu-podklyuchenyyu/>

11. Svetilnikof.com.ua, Освітлення в системі «Розумний дім»: переваги та функціонал [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://svetilnikof.com.ua/ua/blog/osveshchenie-v-sisteme-umnyi-dom-preimushchestva-i-funktsional>

12. Sowa.kiev.ua, Як розумний дім економить електроенергію [Електронний ресурс]. – 2023. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sowa.kiev.ua/ru/blog/kak-umnyy-dom-ekonomit-elektrichestvo/>