МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський національний університет
імені В.І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра інженерних систем та технологій

На правах рукопису

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

ПРОЄКТУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЖИТЛОВИМ СЕРЕДОВИЩЕМ З КОНЦЕПЦІЇ INTERNET OF THINGS

Здобувача вищої освіти
Добровольського Артема
Едуардовича
Освітня програма
«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(Спеціальність
174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»)

_____
(підпис)
Науковий керівник:
д.т.н., професор Медведєв М.Г.

_____
(підпис)
Національна шкала_____
Кількість балів_____
Оцінка: ECTS

Київ – 2026

Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра Інженерних систем та технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри
_____Наталія ОМЕЦИНСЬКА
«____» _____2025_року

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Добровольському Артему Едуардовичу

1. Тема роботи: Проєктування інтелектуальної системи автоматизованого керування житловим середовищем з концепції Internet of Things

керівник роботи: _д.т.н., професор Медведєв М.Г._____

затверджені Наказом ТНУ імені В.І Вернадського:

від «7 » листопада 2025 № 138/1-ОД

2. Строк подання студентом роботи: 25.11.2025

3. Вихідні дані до роботи: Персональний комп'ютер, мікроконтролер AVR ATMega 16, мікросхеми ESP8266, пакет програми Embarcadero Delphi XE8.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Провести аналіз проблеми і постановка завдання; розробити модулі системи "Розумного будинку; провести дослідження програмного забезпечення; пропрацювати охорону праці та безпеку в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу: графічна робота виконана у вигляді мультимедійної презентації

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	професор Микола МЕДВЕДЄВ		
Розділ 2	професор Микола МЕДВЕДЄВ		
Розділ 3	професор Микола МЕДВЕДЄВ		
Розділ 4	професор Микола МЕДВЕДЄВ		

7. Дата видачі завдання _____ 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	*Назва етапів бакалаврської роботи*	*Термін виконання етапів роботи*	*Заключний документ етапу*
1	Вибір теми бакалаврської роботи, призначення керівника	до 31.10.2025	Затвердження переліку тем бакалаврських робіт
2	Пошук і відбір літератури по темі роботи, складання плану бакалаврської роботи	до 14.12.2025	Список літературних джерел, план роботи
3	Визначення об’єкта, предмета, мети, завдань та методів дослідження, написання вступу до теми бакалаврського дослідження	до 25.01.2026	Текст вступу
4	Написання тексту бакалаврської роботи відповідно до її структури:	26.01.2026-17.05.2026	Текст розділів
	4.1 I розділ	26.01.2026-6.03.2026	Текст розділу
	4.2 II розділ	9.03.2026-27.03.2026	Текст розділу
	4.3 III розділ	30.03.2026-17.04.2026	Текст розділу
	4.4 IV розділ	20.04.2026-8.05.2026	
5	Підготовка графічних матеріалів чи іншого унаочнення	11.05.2026-15.05.2026	Роздатковий матеріал, презентація
6	Оформлення кінцевого списку використаних джерел та додатків	11.05.2026-15.05.2026	Список літературних джерел
7	Оформлення та попередній захист бакалаврської роботи	18.05.2026-22.05.2026	Бакалаврська робота, рішення кафедри про допуск до захисту
8	Внесення коректив та кінцеве редагування бакалаврської роботи	25.05.2026-29.05.2026	Бакалаврська робота
9	Реєстрація бакалаврської роботи на кафедрі	1.06.2026-5.06.2026	Бакалаврська робота внесена до журналу реєстрації випускових робіт
10	Захист бакалаврської роботи	10.06.2026-28.06.2026	Рішення Екзаменаційної комісії про захист

ЗМІСТ

ВСТУП……08
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ……...10
1.1 Базові поняття технології «Розумного будинку» ……12
1.2 Напрями автоматизації систем забезпечення послуг ……..14
1.3 Система захисту і система освітлення ……..16
1.4 Мережеві протоколи передачі даних для автоматизації будівель …….19
Висновки до розділу 1……...28
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МОДУЛІВ СИСТЕМИ "РОЗУМНОГО БУДИНКУ"…….31
2.1 Сервер ……..31
2.2 Модуль керування освітленням ……36
2.3 Модуль управління електроприладами ……....42
2.4 Приклад розміщення модулів "Розумного будинку" ……..45
Висновки до розділу 2 ……..47
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ……..49
3.1 Середовище розробки ……49
3.2 Програма сервера ……49
3.3 Програма модуля управління освітленням ……..54
3.4 Програма модуля ……56
Висновки до розділу 3 ……..60
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ…….62
Висновки до розділу 4 ……71
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК……..73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……75

АНОТАЦІЯ

Добровольський А. Е. Проєктування інтелектуальної системи автоматизованого керування житловим середовищем з концепції Internet of Things. – Рукопис.

Кваліфікаційна бакалаврська робота за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка». – Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, Київ, 2025 рік.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі досліджено сучасні технології та протоколи побудови інтелектуальних систем домашньої автоматизації, розроблено комплексну, модульну та автономну систему «Розумного будинку» на базі концепції Internet of Things (IoT) з використанням бездротових мереж.

Запропоновано апаратну архітектуру системи, що включає головний сервер на базі мікроконтролера Arduino MEGA 2560 з модулем ESP8266 та периферійні виконавчі вузли на основі Arduino Nano. Розроблено програмне забезпечення для мікроконтролерної логіки та створено кросплатформний клієнтський додаток у середовищі Embarcadero Delphi XE8 для дистанційного моніторингу й управління освітленням, мікрокліматом та побутовою технікою.

Практичне значення полягає у можливості впровадження розробленої бездротової системи для підвищення рівня комфорту, енергоефективності та безпеки сучасного житлового простору без необхідності прокладання додаткових кабельних трас.

Об'єкт дослідження – процес автоматизованого керування інженерними системами та обладнанням житлового середовища.

Предмет дослідження – методи, алгоритми, апаратні та програмні засоби для створення інтелектуальної системи «Розумний будинок» за концепцією IoT.

Мета роботи – створення мікропроцесорної системи управління будівлею, впровадження якої дасть можливість керувати роботою її об'єктів (освітленням, електропостачанням, мікрокліматом) в автоматичному режимі, та розробка кросплатформного додатка для роботи зі створюваною системою.

Методи дослідження – системний аналіз, апаратне та програмне проєктування, схемотехнічне моделювання, об’єктно-орієнтоване програмування.

Ключові слова: Розумний будинок, Internet of Things, IoT, автоматизація житла, мікроконтролер, Arduino, ESP8266, кросплатформний додаток, віддалене управління.

ABSTRACT

Dobrovolsky A. E. Designing an intelligent system for automated control of the residential environment based on the Internet of Things concept. – Manuscript.

Qualification bachelor's thesis in specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics." - Tavrichesky National University named after V.I. Vernadsky, Kyiv, 2025.

The bachelor's qualification work investigated modern technologies and protocols for building intelligent home automation systems, and developed a comprehensive, modular, and autonomous "Smart Home" system based on the Internet of Things (IoT) concept using wireless networks.

The hardware architecture of the system is proposed, which includes a main server based on the Arduino MEGA 2560 microcontroller with the ESP8266 module and peripheral execution nodes based on the Arduino Nano. Software for the microcontroller logic is developed and a cross-platform client application is created in the Embarcadero Delphi XE8 environment for remote monitoring and control of lighting, microclimate, and household appliances.

The practical significance lies in the possibility of implementing the developed wireless system to increase the level of comfort, energy efficiency, and security of modern living space without the need to lay additional cable routes.

The object of research is the process of automated control of engineering systems and equipment of the residential environment.

The subject of research is methods, algorithms, hardware and software for creating an intelligent system "Smart House" based on the IoT concept.

The purpose of the work is to create a microprocessor-based building management system, the implementation of which will allow for automatic control of the operation of its facilities (lighting, power supply, microclimate), and to develop a cross-platform application for working with the created system.

Research methods – system analysis, hardware and software design, circuit modeling, object-oriented programming.

Keywords: Smart home, Internet of Things, IoT, home automation, microcontroller, Arduino, ESP8266, cross-platform application, remote control.

ВСТУП

Актуальність роботи. "Розумний будинок" - це система інтелектуальної автоматизації для управління інженерними системами сучасної будівлі.

У сучасних інтелектуальних будівлях системи автоматизації і управління будівлями займають ключове місце, забезпечуючи взаємозв'язок усього інженерного устаткування і систем будівлі.

У ряді досліджень останніх років показана стійка тенденція до зростання долі вартості і об'єму інженерних систем і систем автоматизації в загальній вартості будівельних об'єктів.

Метою роботи є створення мікропроцесорної системи управління будівлею, впровадження якої дасть можливість управляти роботою її об'єктів (освітленням, електропостачанням, вентиляцією, опалюванням) в автоматичному режимі, і Кросс-платформового додатку для роботи із створюваною системою (Підтримка Windows, Android, iOS).

Основні завдання розробки системи:

–аналіз існуючих методів побудови системи автоматичного управління будівлею;

–вибір найбільш відповідної апаратної бази;

–вибирання засобів розробки програмного забезпечення для контролера і людино-машинного інтерфейсу;

–розробка алгоритмів управління роботою об'єкту і реалізація цих алгоритмів в програмному забезпеченні для контроллера і людино-машинного інтерфейсу;

–використання найбільш актуальних і перспективних технологій, забезпечити модульність конструкції.

Особливості роботи:

–високий потенціал для модернізації;

–рентабельність, усі компоненти системи знаходяться в широкому доступі.

– модульність вузлів системи і ПЗ для гнучкого налаштування під певні

потреби;

– сучасність і актуальність, використання інновацій останніх років;

– використання технологій в області енергозбереження, що дозволяє понизити витрати на зміст житла;

–використання крос-платформених рішень, що також істотно розширює потенціал системи : клієнтські застосування для Windows, Android і iOS;

– відсутність необхідності в прокладенні кабелів, основою для роботи є технології безпровідної передачі даних.

Функції системи:

– забезпечення безпеки житла шляхом виявлення різних чинників посредствам збору і аналізу інформації з датчиків.

– автоматизація освітлення, побутової техніки, реалізація зручної системи управління житлом.

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ

У межах даного розділу здійснюється комплексний огляд та критичний аналіз існуючих апаратних і програмних рішень, що призначені для виконання аналогічних або споріднених функцій у сфері автоматизації житлових та комерційних приміщень. Головною метою цього етапу є детальне вивчення проаналізованих архітектур для виявлення їхніх сильних сторін, а також ключових недоліків, що потребують усунення або оптимізації у процесі розробки власної системи.

Концепція «розумного будинку» розглядається як складна комплексна інтеграція різноманітних протоколів, обчислювальних засобів та виконавчих пристроїв. Вона забезпечує об’єднання розрізнених технічних вузлів у єдину централізовану або децентралізовану інформаційно-керуючу структуру будівлі. Сучасні автоматизовані комплекси традиційно включають кілька базових рівнів управління інженерними комунікаціями. Перш за все, це підсистема забезпечення оптимального мікроклімату, яка в автоматичному режимі координує роботу обладнання для опалення, припливно-витяжної вентиляції, кондиціювання та підтримки необхідного рівня вологості повітря. Не менш важливою є підсистема комплексної безпеки об'єкта, що об'єднує охоронну та пожежну сигналізації, модулі контролю доступу, високочутливі датчики фіксації витоку побутового газу, а також розгалужену мережу відеоспостереження. Паралельно функціонує підсистема енергозабезпечення, до завдань якої входить управління резервними джерелами живлення, постійний моніторинг мережі для запобігання перевантаженням та інтелектуальне керування контурами освітлення. Інформаційну зв'язність усіх компонентів забезпечує підсистема зв'язку, що використовує телефонні лінії, локальні обчислювальні мережі (LAN) та модулі SMS-інформування. Зв'язуючою ланкою усієї цієї інфраструктури з користувачем виступає підсистема віддаленого керування, що дозволяє дистанційно взаємодіяти з комплексом.

Для ефективної інтеграції та узгодженого функціонування зазначених структур застосовуються різні технологічні підходи до побудови мереж автоматизації. Одним із поширених рішень є використання універсальних апаратних платформ на базі дротових шинних топологій. Даний підхід орієнтований на координацію роботи як внутрішніх, так і зовнішніх підсистем. Архітектура такої мережі зазвичай передбачає наявність головного керуючого пристрою (центрального контролера) та периферійних модулів розширення, комунікація між якими найчастіше здійснюється за допомогою промислового напівдуплексного стандарту передачі даних RS-485. Безпосередньо до цих периферійних вузлів здійснюється підключення керованого обладнання та первинних перетворювачів.

Альтернативною концепцією є впровадження розподіленої архітектури на базі європейського стандарту EIB. У таких мережах відсутня жорстка централізація, а логіка керування розподілена безпосередньо між кінцевими пристроями. Інформаційний обмін відбувається по спільній шині зв'язку з використанням спеціалізованого протоколу взаємодії. Ключовою перевагою такої топології є висока відмовостійкість: система залишається повністю автономною, а її працездатність зовсім не залежить від стану або наявності єдиного центрального вузла управління.

На ринку також широко представлені різноманітні програмно-апаратні комплекси, орієнтовані на інтеграцію мультимедійних систем, засобів відеофіксації та широкого спектра сенсорного обладнання з можливостями віддаленого контролю. Історично такі рішення часто базувалися на закритих (пропрієтарних) протоколах та власних унікальних шинах передачі даних. Проте сучасні тенденції розвитку мікроелектроніки та телекомунікацій змушують розробників у нових лінійках обладнання переходити на використання загальноприйнятих мережевих стандартів, таких як Ethernet та бездротовий зв'язок Wi-Fi. Для забезпечення зворотної сумісності та розширення можливостей у таких комплексах передбачаються спеціалізовані апаратні шлюзи для сполучення з іншими поширеними шинами автоматизації, наприклад, EIB чи LON.

Особливу увагу в сучасній автоматизації приділяють розгортанню бездротових сенсорних мереж, які були спеціально адаптовані для побутового сектору. Вони базуються на використанні енергоефективних та мініатюрних мікроконтролерів і радіомодулів, габарити яких дозволяють здійснювати їх приховану інтеграцію безпосередньо в корпуси різноманітної побутової техніки. Фундаментом для побудови таких систем є комірчаста (mesh) топологія. Її базовий принцип полягає в тому, що кожен активний вузол мережі одночасно виконує функції як приймача, так і передавача-ретранслятора інформації. Це гарантує високу надійність доставки пакетів даних: у разі появи фізичної перешкоди або виходу з ладу окремого елемента, сигнал автоматично знайде альтернативний маршрут через сусідні активні вузли, що знаходяться в радіусі дії. Додатковою і дуже вагомою перевагою таких рішень є мінімальне енергоспоживання, що є критично важливим фактором при проектуванні автономних пристроїв.

Підсумовуючи результати проведеного аналізу, варто акцентувати увагу на суттєвій проблемі галузі: незважаючи на стрімкий розвиток напрямку інтелектуальних систем, переважна більшість комерційних рішень та технологій комплексної автоматизації приміщень досі залишаються закритими. Це суттєво обмежує можливості вільного масштабування, модернізації та повноцінної інтеграції апаратури від різних виробників у єдину екосистему.

1.1 Базові поняття технології «Розумного будинку»

Протягом останніх двох-трьох десятиліть комплекси автоматизованого управління пройшли стрімкий шлях еволюції, перетворившись із дороговартісної та нішевої екзотики на невід'ємний атрибут сучасної інженерної інфраструктури. На сьогоднішній день, незалежно від конкретної галузі впровадження — чи то масштабна житлова забудова, високотехнологічний складальний цех промислового підприємства, чи складна транспортна мережа на кшталт метрополітену — головне стратегічне призначення таких систем залишається незмінним. Воно полягає у суттєвій мінімізації експлуатаційних та енергетичних витрат, забезпеченні операторів

і користувачів критично важливою телеметричною інформацією в режимі реального часу, а також у безпрецедентному підвищенні загального рівня техногенної безпеки та ергономічного комфорту.

Варто відзначити певну інформаційну диспропорцію в сучасному суспільстві: незважаючи на те, що увагу масових медіа та оглядачів популярних видань здебільшого прикуто до гучних релізів традиційних IT-корпорацій, реальний і глибинний технологічний прорив відбувається саме у сфері апаратного забезпечення та систем автоматики. Стрімкий прогрес у галузі мікроелектроніки, розробки однокристальних мікроконтролерів та бездротових сенсорних мереж має колосальний прихований потенціал. У найближчій перспективі ці інновації в області автоматичного управління здатні трансформувати наше повсякденне світосприйняття та побутові звички навіть сильніше, ніж це свого часу зробили глобальна мережа Internet або масове поширення мобільного зв'язку.

Для того щоб об'єктивно оцінити масштаби трансформацій, які відбулися в індустрії домашньої та промислової автоматизації за останні роки, а також спрогнозувати вектори її подальшого розвитку, критично важливо проаналізувати ключові технологічні зрушення. Історично склалося так, що на ранніх етапах розвитку ринку більшість апаратних і програмних рішень були суворо пропрієтарними, тобто належали виключно конкретним компаніям-виробникам і використовували закриті стандарти. Це призводило до того, що спеціалізовані продукти від різних вендорів практично не піддавалися взаємній інтеграції у єдину керуючу екосистему. Щоб подолати цю апаратну та програмну несумісність, інженерам доводилося реалізовувати надзвичайно складні та фінансово затратні технічні проекти. Процес об'єднання вимагав розробки та написання специфічного проміжного програмного забезпечення (шлюзів), кардинальної зміни фізичної топології існуючих мереж зв'язку, а також закупівлі додаткових дорогих компонентів та апаратних узгоджувачів [1].

Як наслідок, накопичення цих технічних суперечностей та економічних бар'єрів призвело до того, що в певний історичний момент на ринку систем

управління сформувалися потужні об'єктивні передумови. Виникла гостра і невідворотна необхідність відмовитися від застарілих ізольованих концепцій та здійснити перехід до успішного впровадження принципово нових, відкритих та гнучких підходів у галузі проектування систем комплексної автоматизації.

1.2 Напрями автоматизації систем забезпечення послуг

Під час проектування комплексної системи безпеки та моніторингу простору ключову роль відіграє інформаційно-вимірювальна підсистема, яка базується на використанні широкого спектра первинних перетворювачів та сенсорів. Сучасні апаратні комплекси передбачають інтеграцію одразу декількох типів сповіщувачів для забезпечення багаторівневого захисту об'єкта. До базового набору таких пристроїв належать інфрачервоні або мікрохвильові датчики виявлення руху, аналізатори складу повітря (зокрема, високочутливі датчики концентрації чадного газу), акустичні детектори руйнування скла, магнітоконтактні сповіщувачі для фіксації відкриття дверей і віконних рам, а також оптико-електронні або іонізаційні датчики виявлення задимленості.

На етапі розробки архітектури системи критично важливим завданням є просторове планування: вибір оптимального способу монтажу зазначених детекторів та розрахунок їхнього точного місцерозташування на плані об'єкта. Проектувальник має вирішити низку топологічних завдань, наприклад, визначити доцільність встановлення детекторів диму абсолютно на кожному поверсі будівлі, обґрунтувати необхідність монтажу датчиків руху поблизу кожної вхідної групи, або ж дійти висновку, що для контролю конкретного приміщення буде цілком достатньо використання лише магнітоконтактних датчиків відкриття дверей. Окрім просторового розміщення, обов'язковим етапом є налаштування логіки обробки сигналів та вибір алгоритму сповіщення користувача або диспетчерської служби у разі спрацьовування будь-якого з інтегрованих сенсорів.

Розглядаючи напрямок автоматизації систем забезпечення комфорту, зокрема підсистеми інтелектуального освітлення, необхідно враховувати

наявність двох фундаментальних підходів до апаратної реалізації та конфігурації освітлювальних контурів. Перший метод базується на прокладанні абсолютно нових, спеціалізованих кабельних ліній (наприклад, слабкострумових шин управління), що проектуються виключно для потреб автоматизованої системи керування. Другий підхід полягає в експлуатації вже існуючої силової електропроводки будівлі як середовища для передачі керуючих сигналів, що історично реалізувалося за допомогою стандарту X10 або його сучасних аналогів. Хоча впровадження спеціалізованої шинної проводки гарантує значно вищий рівень надійності та завадостійкості передачі даних, такий шлях вимагає масштабних монтажних робіт і є щонайменше вдвічі дорожчим. Зі свого боку, використання протоколу X10 та подібних технологій суттєво спрощує процеси інсталяції та подальшого програмного налаштування обладнання, дозволяючи гнучко координувати роботу освітлювальних приладів з іншими виконавчими механізмами системи «Розумного будинку».

Важливо підкреслити високий рівень синергії між різними підсистемами: алгоритми керування освітленням можуть ефективно інтегруватися з контурами системи охорони, утворюючи складні сценарії автоматичної взаємодії. Очевидно, що ця інтеграція не передбачає створення комфортних умов для зловмисників шляхом плавного зниження яскравості світла під час несанкціонованого проникнення. Натомість мова йде про створення логічних зв'язків, за яких певні групи освітлювальних приладів автоматично активуються на основі керуючих сигналів від датчиків руху. Класичним прикладом такої взаємодії є організація підсвічування прибудинкової території: при виявленні рухомого об'єкта на підступах до будівлі зовнішні світильники миттєво переходять у робочий стан. У таких сценаріях сенсори руху зовнішнього периметра зазвичай програмно відв'язуються від головного тривожного контуру. Це робиться для того, щоб уникнути хибних спрацьовувань та викликів поліції через переміщення дрібних тварин, наприклад, під час вечірньої прогулянки сусідського кота. Таким чином, захисна функція у цьому сегменті трансформується у

превентивний захід — розпізнавання активності та локальне включення світла. Цей алгоритм також виконує суто побутову функцію забезпечення комфорту, автоматично освітлюючи під'їзну доріжку під час нічного паркування автомобіля, або дозволяючи власникам візуально проконтролювати периметр двору у темну пору доби [2].

1.3 Система захисту і система освітлення

Фундаментальною основою повноцінно інтегрованої інфраструктури «Розумного будинку» виступає локальна обчислювальна мережа (надалі – ЛОМ). Роль цієї телекомунікаційної мережі виходить далеко за межі банального транзиту керуючих сигналів до кінцевих виконавчих пристроїв автоматики, оскільки вона створює потужний інформаційний простір для виконання різноманітних обчислювальних та логічних операцій. У сучасних умовах наявність персонального комп'ютера є стандартом для більшості домогосподарств, а для об'єктів, що претендують на статус інтелектуальної будівлі з розгалуженою мережею комунікацій, це є абсолютною технічною необхідністю. За умови функціонування в межах одного приміщення кількох обчислювальних машин виникає об'єктивна потреба в їхньому апаратному та програмному об'єднанні. Розгортання домашньої ЛОМ відкриває доступ до широкого спектра експлуатаційних переваг: від раціонального спільного використання єдиного каналу підключення до глобальної мережі Інтернет до організації єдиного дискового простору для обміну файлами та спільного доступу до периферійного обладнання, зокрема мережевих принтерів. Мережева архітектура дозволяє не лише ефективно розподіляти наявні ресурси, але й виділяти окремі обчислювальні вузли для виконання вузькоспеціалізованих завдань. Наприклад, окремий термінал може бути повністю виділений під цілодобовий моніторинг системи комплексної безпеки або для апаратного обслуговування мультимедійного медіасервера. Більше того, у випадку реалізації масштабних та багаторівневих проектів автоматизації простору, найбільш виправданим інженерним рішенням стає впровадження виділеного сервера або спеціалізованого промислового

контролера, єдиним і головним призначенням якого буде безперебійне керування всім парком інженерного обладнання будинку.

Безумовно, фізичне прокладання та налаштування локальної обчислювальної мережі не є категоричною вимогою для базової автоматизації – певну сукупність простих функцій цілком можливо реалізувати на базі автономних реле та датчиків, взагалі без використання централізованої ЛОМ. Однак, якщо головною метою проектування є досягнення найвищого рівня автономності, інтелектуальності та глибокої програмної інтеграції всіх підсистем (зокрема освітлення та безпеки), саме ЛОМ стає тим незамінним інструментом, що об'єднує розрізнені елементи в єдиний цілісний механізм. Під час експлуатації будь-якої мережевої інфраструктури користувачеві доводиться безпосередньо взаємодіяти з різноманітними апаратними компонентами, ключовими з яких є мережеві клієнти. У загальному розумінні, клієнтом вважається будь-який цифровий пристрій, призначений для введення, виведення або транзиту даних, який має фізичне або бездротове підключення до мережі і здатний приймати інформаційні пакети чи генерувати їх для подальшої машинної обробки. Зазвичай типовими представниками цієї категорії обладнання є персональні робочі станції (клієнтські комп'ютери) та різноманітні пристрої друку [2].



Рисунок 1.1 – Структурна організація апаратних компонентів типової домашньої локальної обчислювальної мережі

Для більш глибокого розуміння принципів побудови мережевої архітектури доцільно проаналізувати структурну схему, що ілюструє базову топологію домашньої інфраструктури і наведена на рисунку 1.1. Основною робочою одиницею в такій конфігурації, яка найінтенсивніше експлуатується користувачами, виступає клієнтський пристрій. Відповідно до представленої моделі, розгорнута мережа об'єднує три незалежні клієнтські комп'ютери, які функціонально розподілені по різних зонах об'єкта: перша робоча станція встановлена в домашньому кабінеті (офісі), друга розміщена в зоні відпочинку, а третім повноцінним мережевим вузлом виступає мобільний портативний комп'ютер (ноутбук) [2]. Зазначені обчислювальні машини є основним інструментом резидентів будинку для виконання повсякденних інформаційних та розрахункових операцій. Спектр їх застосування надзвичайно широкий: від пошуку навчальних матеріалів та виконання домашніх завдань до серфінгу в Інтернеті та вирішення складних обчислювальних задач. Як базове програмне середовище на цих пристроях традиційно розгортається одна з десктопних версій операційної системи сімейства Windows.

У рамках аналізованого архітектурного прикладу комутація двох стаціонарних настільних ПК з комунікаційним обладнанням реалізована дротовим методом за допомогою мідного кабелю стандарту «вита пара» (категорії 5e), тоді як інтеграція ноутбука в загальний інформаційний простір забезпечується через високочастотні протоколи бездротового зв'язку. Варто зауважити, що на практиці архітектура мережі є гнучкою і допускає застосування абсолютно будь-яких комбінацій фізичних інтерфейсів. За необхідності, цілком можливо відмовитися від кабельних трас і оснастити бездротовими мережевими адаптерами Wi-Fi усі три клієнтські комп'ютери. Окремою і надзвичайно важливою ланкою інфраструктури є сервери — спеціалізовані комп'ютерні вузли, головним завданням яких є централізоване обслуговування запитів від клієнтських машин. Серверне обладнання відповідає за маршрутизацію внутрішнього трафіку, забезпечує надійний зв'язок між локальними користувачами, а також контролює шлюзування

доступу до зовнішньої мережі Інтернет. Якщо в корпоративному секторі для управління тисячами робочих станцій задіюють великі серверні кластери, то для потреб проектованої інтелектуальної системи локального рівня буде цілком достатньо обчислювальних потужностей лише одного сервера. Більше того, з метою оптимізації загального кошторису проекту, цілком раціональним та технічно обґрунтованим кроком є інсталяція керуючого програмного забезпечення платформи «Розумний будинок» безпосередньо на один із наявних персональних комп'ютерів. За такого сценарію ця машина виконуватиме гібридну (двояку) функцію, поєднуючи в собі як роль стандартної клієнтської станції для взаємодії з користувачем, так і роль центрального сервера для фонового моніторингу та управління системами захисту і освітлення.

1.4 Мережеві протоколи передачі даних для автоматизації будівель

На сучасному етапі розвитку інженерних комунікацій існує понад три сотні різноманітних протоколів передачі інформації, що застосовуються в галузі автоматики. Кожен із цих стандартів розроблявся з урахуванням жорстких технічних критеріїв. Специфіка автоматизованих комплексів полягає в тому, що будь-яка втрата пакету даних або спотворення інформації під час обміну між центральним контролером та периферією неминуче призводить до апаратного збою виконавчого механізму. Враховуючи, що ціна такої помилки в масштабах інтелектуальної будівлі або промислового об'єкта може бути критично високою, фундаментальними вимогами до будь-якого мережевого протоколу є його абсолютна надійність, стійкість до електромагнітних завад та здатність зберігати працездатність навіть за умов фізичного обриву ліній зв'язку. У таблиці 1.1 систематизовано ключові інженерні підходи до вирішення проблеми відмовостійкості. Протягом свого експлуатаційного життєвого циклу інформаційно-керуючі системи будівель неминуче піддаються масштабним модернізаціям та розширенням. Зазвичай, при зміні функціонального призначення приміщень або масштабуванні інтелектуальної мережі, первинні перетворювачі та сенсори замінюються на

більш прецизійні аналоги. У процесі прокладання нових комунікаційних магістралей до додаткових контролерів чи інтелектуальних адресних сповіщувачів інженери часто стикаються із суворими апаратними обмеженнями щодо топології обраного протоколу. Саме тому найбільш оптимальним рішенням вважається застосування стандартів зв'язку, які висувають мінімальні вимоги до архітектури кабельних трас. Такі технології отримали назву протоколів із вільною топологією. Їхні алгоритми роботи визначаються максимально чітко та стандартизовано, що гарантує безпомилкову і безконфліктну апаратну взаємодію між контролерами та модулями розширення від різних виробників.

Таблиця 1.1

Інженерні підходи до забезпечення відмовостійкості протоколів обміну даними

Завдання, що вирішується системою передачі даних	Вживане рішення
Надійна передача повідомлень, контроль цілісності	Надійність протоколу, його стійкість до помилок і можливих обривів лінії
Захист від збоїв	Надмірність за допомогою дублювання вузлів, ліній, мереж. Кільцева топологія, що дозволяє зберегти зв'язок при злокалізованому обриві
Ізоляція збійних ділянок і відновлення.	Автоматична ідентифікація збійного вузла. Дистанційне керування за допомогою видалених команд процесом ізоляції і відключення збійних вузлів.

На сьогоднішній день та в осяжній перспективі на ринку домінують кілька фундаментальних родин мережевих протоколів. До них належать рішення на базі шини CAN (зокрема CAN-автоматизація, DeviceNet, J1850 та SDS), спеціалізовані стандарти для простих сенсорних мереж на кшталт Seriplex та Bitbus, потужна екосистема LonWorks, а також протоколи CEBus, BACnet і промисловий стандарт EtherCat. Окреме місце посідає використання класичного стека TCP/IP у комбінації з сучасними бездротовими стандартами зв'язку. Варто зазначити, що існує значна кількість вузькоспеціалізованих

закритих схем передачі, які розроблялися компаніями виключно для внутрішнього корпоративного використання без наміру продажу ліцензій третім особам. У таблицях 1.2 та 1.3 наведено розгорнутий порівняльний аналіз технічних характеристик найбільш поширених відкритих протоколів. Зокрема, стандарт EtherCAT, створений німецькою корпорацією Beckhoff, являє собою високопродуктивне рішення для галузі автоматизації на базі фізичного середовища Ethernet. Його унікальність полягає у здатності модифікувати класичну топологію типу «зірка» шляхом інтеграції простих лінійних структур, що суттєво спрощує кабельне розведення.

Таблиця 1.2

Порівняльний аналіз технічних параметрів стандартів BACnet, CAN та CEBus

Характеристики	BACnet	CAN - based (SDS, DeviceNet	CEBus
Сфера застосування	Автоматизація будівель	Трнаспорт(J1850, J1939) Дискретна автоматизація(SDS, DeviceNet)	
Рівні OSI/ISO	1,2,3,7		1,2,3,7
Підтримувані середовища передачі		Вита пара (SDS DeviceNet) Альтернативні рішення на основі оптоволокна для мереж CAN	Силові електричні лінії(FCC) Коаксіальний кабель RF
Швидкість передачі даних	10 Mbps	1 Mbps(CAN) 1 Mbps(SDS) 500 Kbps(DeviceNet)	6.666 kbps (чи 10 kbps
Максимальний адресний простір	248		216
Підтримка маршрутизаторів мережевого рівня	Є	Ні	Ні
Аутентифікація	Є	Ні	На рівні додатка

Таблиця 1.3

Основні характеристики протоколів передачі EtherCat LONWORKS

Характеристики	EtherCat	LONWORKS
Сфера застосування	Автоматизація будівлі	Автоматизація будівель Управління виробництвом Автоматизація фабрик Транспорт Автоматизація житла, Автоматизація підстанцій, Управління вуличним освітленням
Рівні OSI/ISO	1,2,3,4,5,6,7	1,2,3,4,5,6,7
Підтримувані середовища передачі	Вита пара. Оптоволокно	Вита пара з вільною топологією Вита пара Лінії електроживлення (рішення, сумісне із стандартами FCC і CENELEC) Оптоволокно Коаксіальний кабель RF(декілька діапазонів)
Швидкість передачі даних	10 Mbps	
Максимальний адресний простір	65535 вузлів в мережі	248 доменів, 32000 вузлів в домені
Підтримка маршрутизаторів мережевого рівня		Є
Аутентифікація	Є	Є

Фундаментом сучасних глобальних та локальних комунікацій є стек протоколів TCP/IP, який фактично став синонімом мережі Інтернет. Ця архітектура базується на двох ключових стовпах. Мережевий протокол IP бере на себе завдання глобальної маршрутизації, гарантуючи, що кожен інформаційний пакет знайде шлях до свого адресата через складні лабіринти транзитних вузлів. Зі свого боку, транспортний протокол TCP відповідає за встановлення надійного логічного з'єднання між хостами, контролює оптимальну фрагментацію та розмір блоків даних, а головне — ініціює автоматичну повторну передачу інформації у випадку фіксації втрат або

збоїв. Відмінною рисою цієї технології є відсутність жорстких лімітів на кількість одночасних сесій: один обчислювальний вузол здатен підтримувати паралельний обмін даними з безліччю інших машин через єдиний фізичний інтерфейс. Ще однією стратегічною перевагою стека TCP/IP є його абсолютна кросплатформність, що дозволяє безперешкодно об'єднувати в єдину мережу апаратні платформи з кардинально різною архітектурою та операційними системами, включаючи Unix, MacOS, сімейство MS Windows та інші. Завдяки мережевим файловим системам (наприклад, NFS), пристрої під управлінням однієї ОС можуть монтувати логічні томи іншої системи і прозоро оперувати віддаленими файлами так, ніби вони знаходяться на локальному носії. Структурно кожен TCP/IP пакет містить детальний заголовок, у якому в обов'язковому порядку фіксуються IP-адреса вузла-відправника, цільова IP-адреса приймача та номери логічних портів для ідентифікації конкретних мережевих служб. Завдяки протоколу IP, який суворо регламентує формат даних, пакети здатні долати різнорідні мережеві сегменти з використанням будь-яких фізичних носіїв, при цьому маршрутизація здійснюється децентралізовано силами всіх активних вузлів мережі.

Інтеграція системи автоматизації житлового простору передбачає глибоке поєднання керуючої логіки з базовими інженерними комунікаціями будівлі, такими як кліматичне обладнання, контури водопостачання та мультимедійні комплекси. Залежно від вимог до безпеки та доступності, проектувальник може обрати різні топологічні моделі реалізації. Перший підхід орієнтований на об'єкти з постійним підключенням до глобальної мережі. У цьому варіанті, який структурно відображається на рисунку 1.2, центральним комутаційним ядром виступає стандартне мережеве обладнання від відомих виробників (TP-Link, Cisco, Asus тощо). Цей метод відкриває широкі перспективи для організації віддаленого моніторингу та управління через хмарні сервіси, а також дозволяє системі динамічно отримувати зовнішні дані, такі як точний час або метеорологічні прогнози.

Альтернативний підхід, проілюстрований на рисунку 1.3, базується на концепції програмної точки доступу (Soft AP).

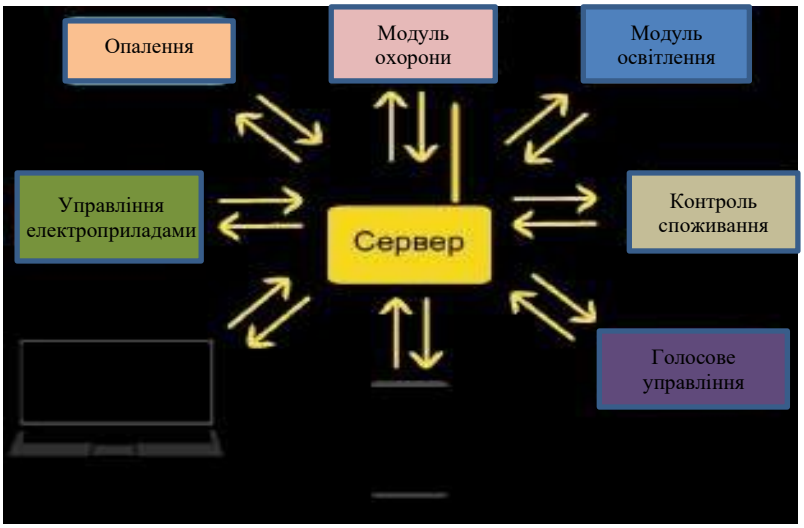


Рисунок 1.3 – Архітектура автономної системи автоматизації на базі локальної точки доступу (Soft AP)

Наведена вище автономна конфігурація розгортається без фізичного виходу до мережі Інтернет. Уся комунікація відбувається у межах власної, повністю ізольованої мережі із застосуванням надійних алгоритмів шифрування трафіку. Головною перевагою такої топології є безпрецедентний рівень кібербезпеки: система стає абсолютно невразливою до зовнішніх хакерських атак та мережевих штормів, характерних для завантажених домашніх маршрутизаторів. Хоча користувач втрачає опцію віддаленого доступу з іншого кінця міста, він отримує максимально стабільну інфраструктуру, яка ідеально підходить для об'єктів із підвищеними вимогами до конфіденційності.

Управління багатьма елементами розумного будинку, зокрема медіа-технікою, історично базується на технології інфрачервоної (ІЧ) передачі команд. Традиційні пульти дистанційного керування генерують сигнал на певній частоті модуляції несучої хвилі, на яку жорстко налаштований фотоприймач пристрою. Найбільш розповсюдженими стандартами частоти є 36 кГц, 38 кГц та 40 кГц, тоді як параметри на кшталт 56 кГц зустрічаються значно рідше. Відхилення частоти модуляції передавача від еталонних параметрів приймача не призводить до повної втрати сигналу, проте

катастрофічно знижує чутливість оптичного сенсора та радіус дії системи. Фізично передача інформації здійснюється шляхом генерації серій спалахів ІЧ-світлодіода. Для стандартних частот до 50 кГц застосовують випромінювачі з довжиною хвилі 950 нм, тоді як для високочастотних систем (близько 455 кГц) використовують спеціалізовані діоди на 870 нм, які працюють у парі з приймачами класу TSOP7000. Команда формується у вигляді логічної послідовності пачок імпульсів та пауз між ними. Типовий ІЧ-приймач є складним мікроелектронним пристроєм, що містить систему фільтрів, каскади підсилення та частотний демодулятор, завдяки чому досягається висока чутливість (зазвичай до -60 дБ). Програмно керуюча посилка часто описується у шістнадцятковому (HEX) форматі і має чітку структуру. Перші байти конфігурації зазвичай модифікуються інженерами для визначення кількості повторів відправки коду та адресації вихідного піна мікроконтролера. Наступні блоки даних містять інформацію про опорну частоту сигналу, розрахунок якої здійснюється за специфічними формулами, наприклад, базовий дільник 4145 / FREQ, та масиви тривалостей активного світіння і пауз.

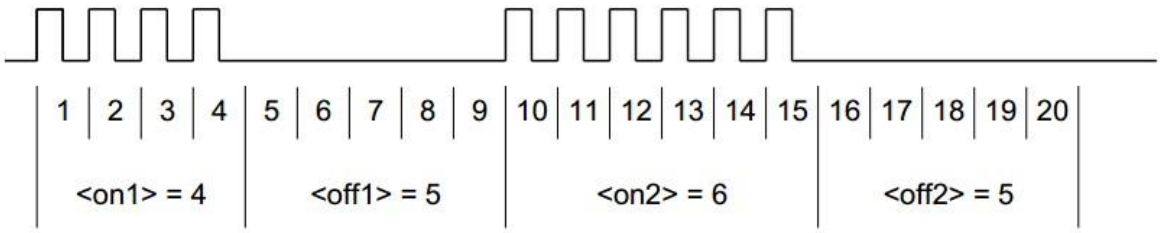


Рисунок 1.4 – Часові діаграми імпульсних послідовностей керуючого ІЧ-сигналу

Для програмної емуляції таких сигналів в екосистемі мікроконтролерів Arduino передбачена вбудована функція генерації прямокутних імпульсів. Вона звертається до апаратних таймерів мікроконтролера і дозволяє генерувати на вибраному порту введення-виведення стабільну хвилю із заданою частотою та шпаруватістю 50%, що відкриває широкі можливості для розробки універсальних трансиверів дистанційного керування.

Синтезуючи знання про архітектуру керуючих систем, особливої уваги в контексті магістерського дослідження заслуговує розробка високонадійної підсистеми пожежно-охоронної сигналізації. Інтеграція цього блоку до загальної мережі «Розумного будинку» має вирішити три ключові завдання: забезпечити надраннє виявлення джерел займання, уніфікувати апаратний пульт моніторингу для охоронних та пожежних датчиків, а також запровадити багаторівневу систему доступу користувачів із прив'язкою до категорій пожежної небезпеки конкретних приміщень. За своєю суттю, комплексна система пожежної безпеки об'єкта являє собою синергію організаційних регламентів та інженерно-технічних засобів. Її архітектура складається з чотирьох основних ешелонів: мережі автоматичної сигналізації (для миттєвої детекції диму чи вогню та трансляції координат тривоги на централь), блоку візуального та акустичного сповіщення персоналу, підсистеми управління витяжними вентиляторами для примусового димовидалення та запобігання асфіксії, а також автоматичних установок пожежогасіння для локалізації вогнища до прибуття рятувальників.

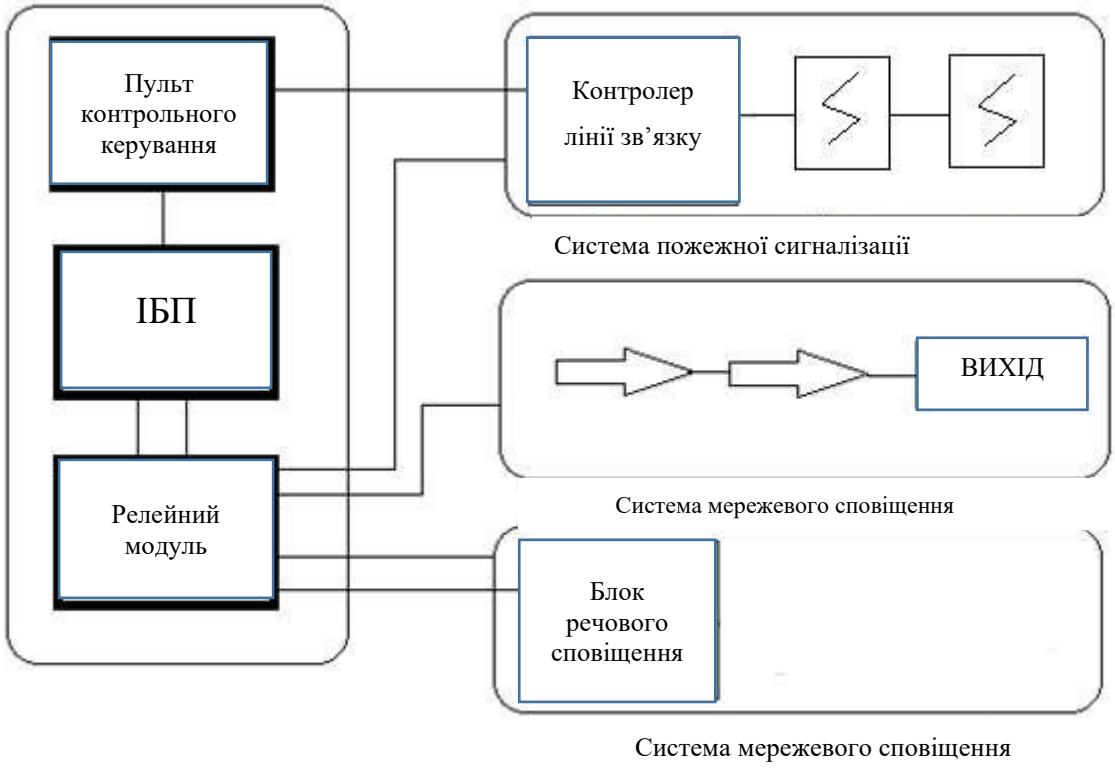


Рисунок 1.6 – Структурно-функціональна схема комплексу пожежної безпеки

Підбір апаратної бази для пожежної безпеки жорстко регламентується архітектурними особливостями об'єкта та його загальною площею. Еволюція приймально-контрольних приладів сформувала три основні класи систем: неадресні (порогові), адресні та адресно-аналогові. У найпростіших неадресних комплексах димові, теплові та ручні сповіщувачі підключаються до єдиного електричного шлейфу. У разі спрацювання будь-якого датчика станція фіксує лише загальну зміну опору лінії, тому диспетчер бачить тривогу по всій зоні шлейфу, не розуміючи точної локалізації пожежі. Такий бюджетний підхід виправданий виключно для компактних будівель. Адресні системи працюють за більш інтелектуальним алгоритмом: хоча рішення про наявність пожежі все ще приймає сам датчик, завдяки цифровому протоколу обміну він передає на пульт свій унікальний ідентифікаційний номер. Це дозволяє миттєво локалізувати загрозу з точністю до конкретної кімнати. Проте найвищим щаблем розвитку є адресно-аналогові топології. У таких мережах датчик перетворюється на звичайний вимірювальний прилад, який постійно транслює на сервер сирі телеметричні дані про поточну температуру або відсоток задимленості. Складний математичний аналіз динаміки цих показників та остаточне прийняття рішення про запуск тривоги здійснює потужний процесор центральної станції. Цей підхід забезпечує низку беззаперечних експлуатаційних переваг. Завдяки кільцевій архітектурі шлейфів система зберігає 100% працездатність навіть у разі фізичного розриву кабелю. Вона легко масштабується, підтримує волоконно-оптичні магістралі для зв'язку між віддаленими панелями та має вбудовані ізолятори короткого замикання. Крім того, центральний контролер здатний аналізувати тренди забруднення оптичних камер димових сповіщувачів, формуючи автоматичні сервісні звіти для технічного персоналу, та адаптувати поріг чутливості залежно від часу доби (алгоритми денного/нічного режимів), що зводить імовірність хибних спрацювань практично до нуля. На програмному рівні такі комплекси легко інтегруються з ліфтовим господарством та системами підпору повітря.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що ринок пропонує колосальний

спектр інженерних рішень, здатних задовольнити будь-які вимоги до безпеки та комфорту в межах парадигми «Розумного будинку». У процесі розробки власної інформаційно-керуючої системи в межах даної кваліфікаційної бакалаврської роботи було поставлено за мету створити гнучкий базовий комплекс. Отримана архітектура має успішно зчитувати телеметрію з масиву сенсорів, здійснювати адаптивне управління лініями освітлення та забезпечувати надійне дистанційне оповіщення користувача про екстрені ситуації через сучасні веб-інтерфейси або мобільні додатки.

Висновки до розділу 1

У першому розділі було здійснено комплексний та всебічний аналіз поточного стану проблематики, пов'язаної з розробкою, проєктуванням та впровадженням інтелектуальних систем автоматизованого управління житловим середовищем, які у сучасній інженерній практиці об'єднуються під загальною концепцією «Розумний будинок». У процесі виконання цього дослідницького етапу реалізовано детальний аналітичний огляд передових апаратних технологій, діючих міжнародних стандартів та комунікаційних протоколів, що утворюють апаратний та програмний фундамент для розгортання подібних багаторівневих структур. На основі отриманих теоретичних даних було чітко формалізовано технічне завдання для подальшої практичної розробки. Окрім цього, розкрито фундаментальні терміни та проаналізовано ключові вектори комплексної автоматизації інфраструктури об'єктів. До таких пріоритетних напрямів віднесено інтелектуальні підсистеми стабілізації мікроклімату, багаторівневі комплекси охоронної безпеки, мережі надійного електроживлення, а також телекомунікаційні модулі, що забезпечують безперервний зв'язок та можливості дистанційного керування.

За результатами проведеного теоретичного дослідження доведено, що структурним та логічним ядром будь-якої повноцінно інтегрованої та відмовостійкої системи управління виступає локальна обчислювальна мережа (ЛОМ). Її розгортання є критично необхідним кроком не лише для

прямої трансляції керуючих сигналів на кінцеві виконавчі механізми, але й для забезпечення апаратного середовища, здатного виконувати базові обчислювальні та логічні операції. Вагому частину матеріалу присвячено огляду та порівняльній характеристиці сучасних протоколів передачі телеметричних даних, які застосовуються в галузі автоматизації будівель. Серед них детально розглянуто специфікації BACnet, промислову шину CAN, екосистему LonWorks, стандарт EtherCAT, а також універсальний стек TCP/IP. Визначено, що ключовими критеріями під час вибору оптимального комунікаційного стандарту є забезпечення безкомпромісної надійності передачі інформації, висока стійкість до виникнення системних помилок, а також здатність мережі зберігати працездатність в умовах фізичного пошкодження або обриву ліній зв'язку.

У рамках вивчення топологічних рішень було детально досліджено два фундаментально різні підходи до організації мережевої взаємодії між модулями автоматики. Перший варіант передбачає інтеграцію контролерів до існуючого домашнього маршрутизатора, що відкриває перспективи для зручного віддаленого керування інфраструктурою через глобальну мережу Інтернет. Другий, альтернативний підхід, базується на створенні повністю автономної та апаратно ізольованої конфігурації, де локальний сервер функціонує в режимі програмної точки доступу (Soft AP). Цей варіант генерує власну незалежну мережу із застосуванням надійних алгоритмів шифрування, що гарантує максимальний рівень кіберзахисту. Паралельно з цим було вивчено інженерні принципи побудови сучасних комплексів пожежної безпеки та теоретично обґрунтовано експлуатаційні переваги адресно-аналогових систем. Завдяки безперервному моніторингу динаміки зміни параметрів довкілля такі рішення дозволяють багаторазово підвищити достовірність локалізації осередків займання, мінімізують хибні спрацювання та суттєво оптимізують процеси монтажу й технічного обслуговування.

Підсумовуючи результати аналітичної роботи, на базі всебічного порівняння сильних та слабких сторін розглянутих апаратно-програмних

комплексів і технологій, було обрано найбільш оптимальний та раціональний варіант системної архітектури. Зроблені висновки дозволили остаточно та максимально чітко сформулювати головну мету наступних етапів роботи: спроєктувати гнучку базову систему контролю і автоматизованого управління інженерним обладнанням. Запропонований комплекс повинен забезпечувати стабільний збір телеметрії з масиву первинних датчиків, надавати користувачеві зручний програмний інструментарій для керування контурами освітлення та іншими приладами за допомогою мобільного додатка або web-браузера, а також гарантувати миттєве дистанційне оповіщення власника у разі виникнення екстрених ситуацій на об'єкті.

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА МОДУЛІВ СИСТЕМИ "РОЗУМНОГО БУДИНКУ"

2.1 Сервер

Автоматизовані системи управління будівлею. Розглянемо облаштування моніторингу довкілля NetPing. Основна сфера застосування - видалений контроль і моніторинг пристроїв у будинку і офісі. Завдання, що вирішуються за допомогою облаштування NetPing :

–видалене управління електроживленням;

–управління безпекою і відстежування надзвичайних подій, використовуючи датчики диму, протікання води, витоку газу антивандальні системи, управління камерами відеоспостереження;

–управління мікрокліматом за допомогою датчиків температури, вологості і управління кондиціонером через інфрачервоний порт;

–управління АТС по порту RS - 232;

–дистанційна зміна налаштувань залежно від ситуації;

–відправка повідомлень про неполадки або інші важливі події по засобах SMS, електронної пошти;

–доступ до системи в реальному часі через HTTP або SNMP;

–управління освітленням і іншими побутовими приладами за розкладом.

На рисунку 2.1 представлена схема взаємодії усіх компонент системи "Розумний будинок".

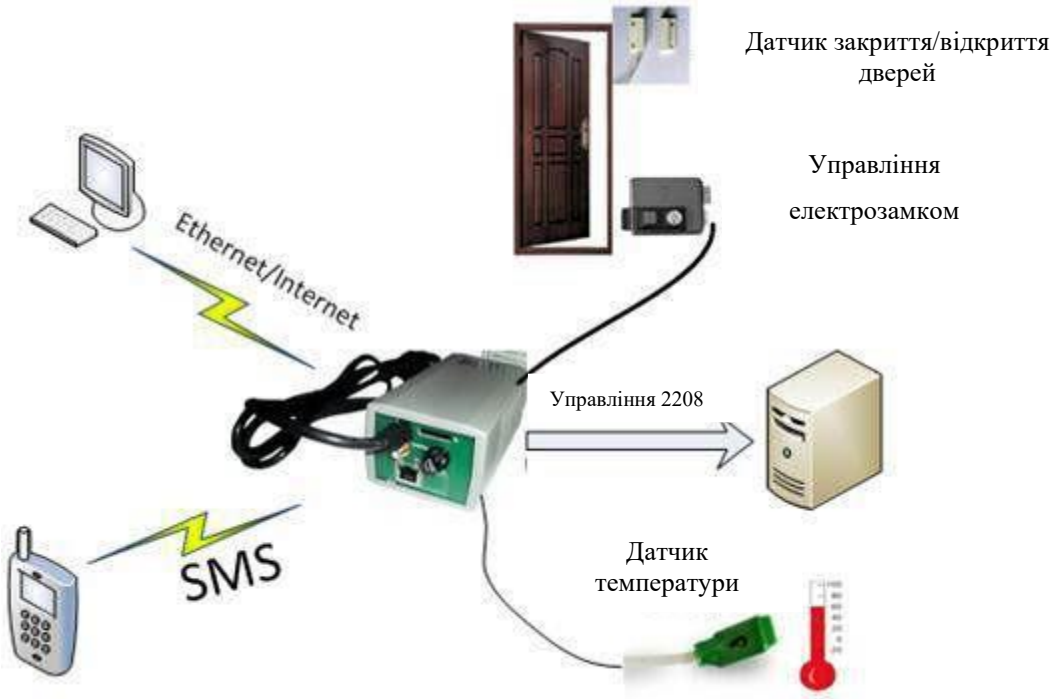


Рисунок 2.1 - Схема взаємодії системи "Розумний дім"

Пристрої NetPing дозволяють підключити до 16 датчиків на один пристрій. Завдяки вбудованому Web-серверу контроль та керування здійснюється через браузер.

Сервер, або головний модуль, є основою для побудови даної системи домашньої автоматизації. Він реалізує функції передачі даних, реєстрації модулів, моніторингу, та прийому / передачі даних на пристрої з людино-машинний інтерфейс. Побудований на базі AVR мікроконтролерної плати Arduno MEGA 2560

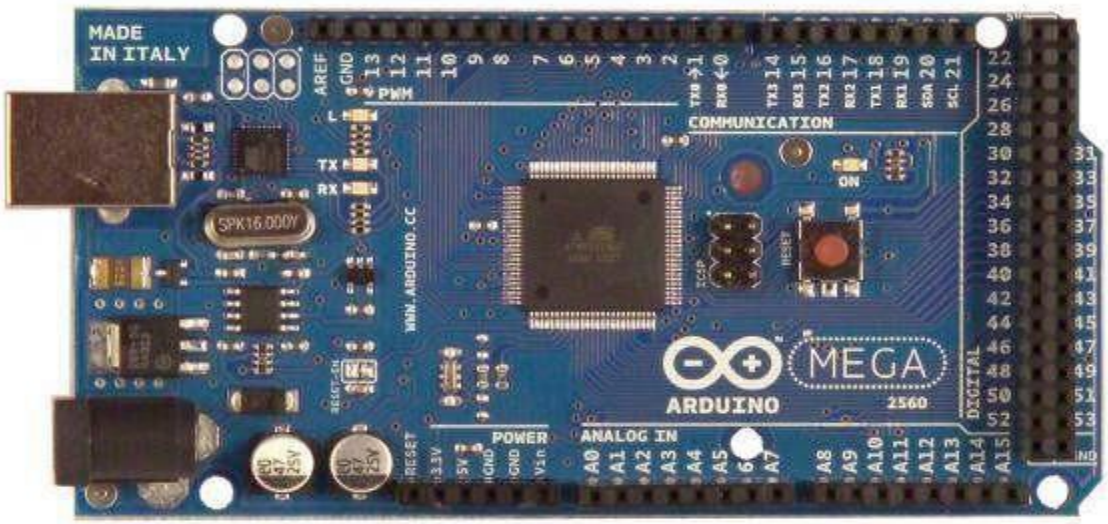


Рисунок 2.2 – Arduino MEGA (вид зверху)

Arduino Mega побудовано на мікроконтролері ATmega2560. Плата має 54 цифрових входів/виходів (14 з яких можуть використовуватися як виходи ШІМ), 16 аналогових входів, 4 послідовних порту UART, кварцовий генератор 16 МГц, USB конектор, роз'єм живлення, роз'єм ICSP та кнопка перезавантаження. Для роботи необхідно підключити платформу до комп'ютера за допомогою кабелю USB або подати живлення за допомогою адаптера AC/DC, або акумуляторною батареєю. [5].

Платформа програмується за допомогою середовища розробки Arduino.

Мікроконтролер ATmega2560 поставляється із записаним завантажувачем, що полегшує запис нових програм без використання зовнішніх програматорів. Зв'язок здійснюється оригінальним протоколом STK500.

Є можливість не використовувати завантажувач та запрограмувати мікроконтролер через висновки блоку ICSP (внутрішньосхемне програмування).

Вибір цього контролера обумовлюється його доступністю при досить велику кількість портів введення/виводу, наявністю цілих трьох hardwareserial і обчислювальними потужностями. У даній системі використано як сервер. У зв'язку з esp8266 працює в режимі TCP сервер,

реєструє і класифікує модулі, що підключаються.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики Arduino MEGA 2560

Параметр	Значення
Мікроконтроллер	ATmega2560
Робоча напруга	5В
Вхідна напруга(рекомендоване)	7-12В
Вхідна напруга (граничне)	6-20В
Цифрові Входи/Виходи	54 (14 з яких можуть работат також як виходи ШІМ)
Аналогові входи	16
Постійний струм через вхід/вихід	40 mA
Постійний струм для виведення 3.3 В	50 mA
Флеш-пам'ять	256 КВ(з яких 8 КВ використовуються для завантажувача)
ОЗУ	8 КВ
Енергонезалежна пам'ять	4 КВ
Тактова частота	16 MHz

Мініатюрні WiFi модулі ESP8266 досить привабливі для систем "Розумного будинку" і домашньої автоматизації. Цей варіант пристрою оснащений керамічною антеною з можливістю підключення зовнішньої антени (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 - ESP8266

Таблиця 2.2

Основні технічні характеристики ESP8266

Параметр	Значення
WI - FI:	802.11 b/g/n з WEP, WPA, WPA2.
Режими роботи:	Клієнт(STA), Точка доступу(AP), Клієнт+Точка доступу(STA+AP).
Напруга живлення	1.7..3.6 В.
Споживаний струм:	до 215мА залежно від режиму роботи.
Кількість GPIO :	16.
Flash пам'ять:	512кб.
RAM даних :	80 кб
RAM інструкцій :	32 кб.

Цей компонент використовується в усіх складових роботи, як основний засіб зв'язку між модулями. У варіанті реалізації сервера "розумного будинку" в режимі Soft AP, цей модуль оснащується більшою антеною.

На рисунку 2.4 приведена схема входів і виведень модуля.

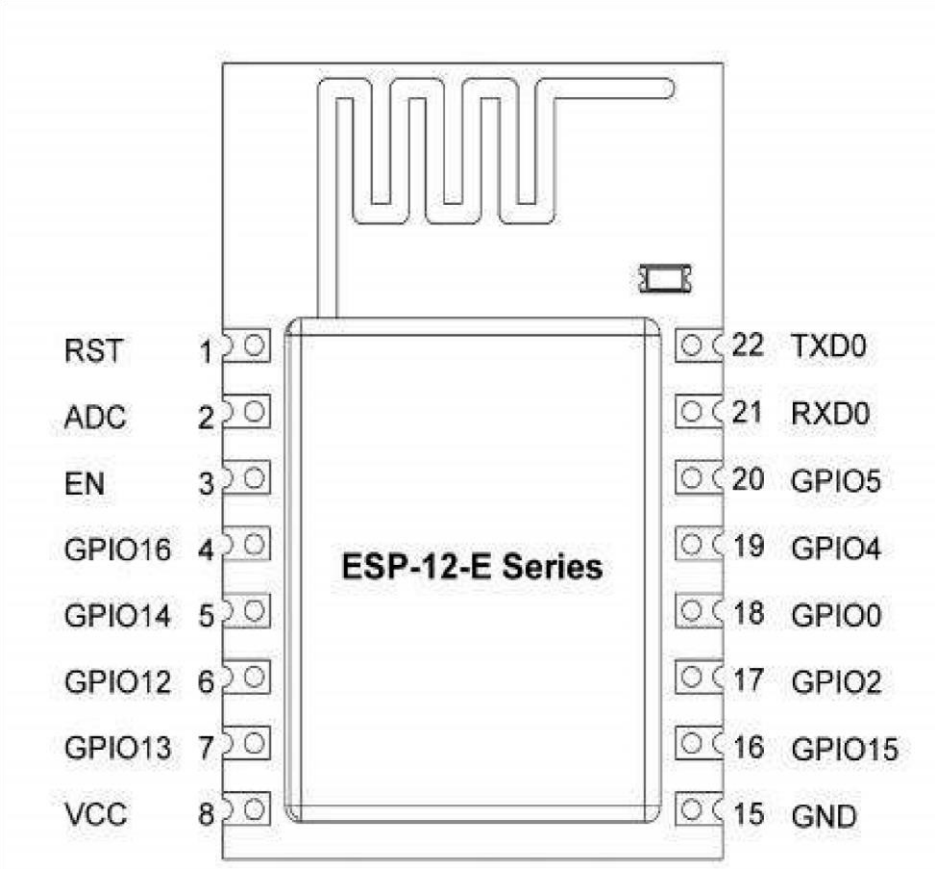


Рисунок 2.4 – Розпинання бездротового модуля

ESP8266 у даному виконанні має 22 виведені контакти. Контакти GPIO програмовані також можуть видавати цифровий сигнал за допомогою get запитів.

У тестовому зразку пристрою використовується спеціальна перехідна плата (рисунок 2.5), оскільки крок контактів у оригінального модуля становить 2 мм.

У той час як для монтажу на макетну плату необхідний крок 2,5 мм.

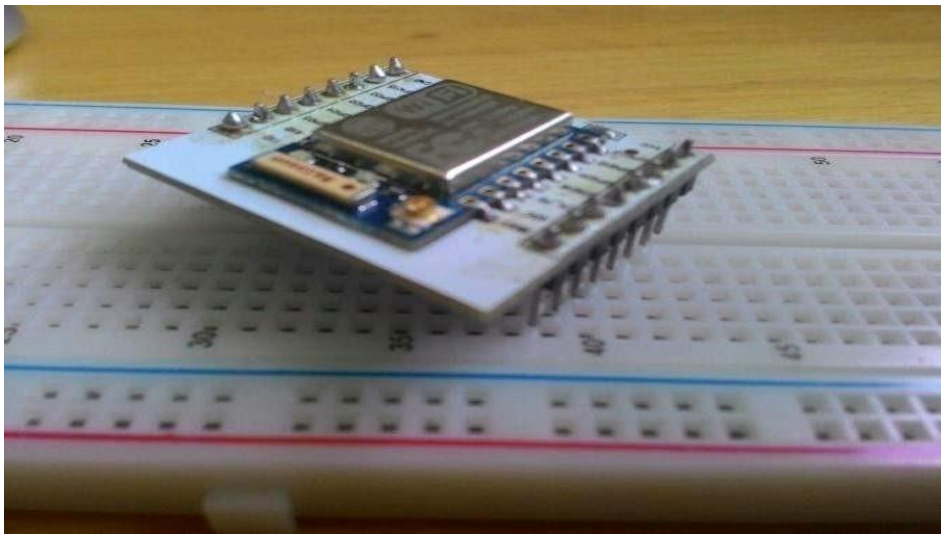


Рисунок 2.5 – Перехідна плата

2.2 Модуль керування освітленням

Модуль управління освітлення у реалізованому варіанті має широку галузь застосування. Він включає датчик руху і двоканальне реле.

Як і всі модулі, що підключаються, працює в режимі TCP клієнта. На рисунку 2.6 зображено принципову схему пристрою, а таблиці 2.3 наведено опис елементів схеми

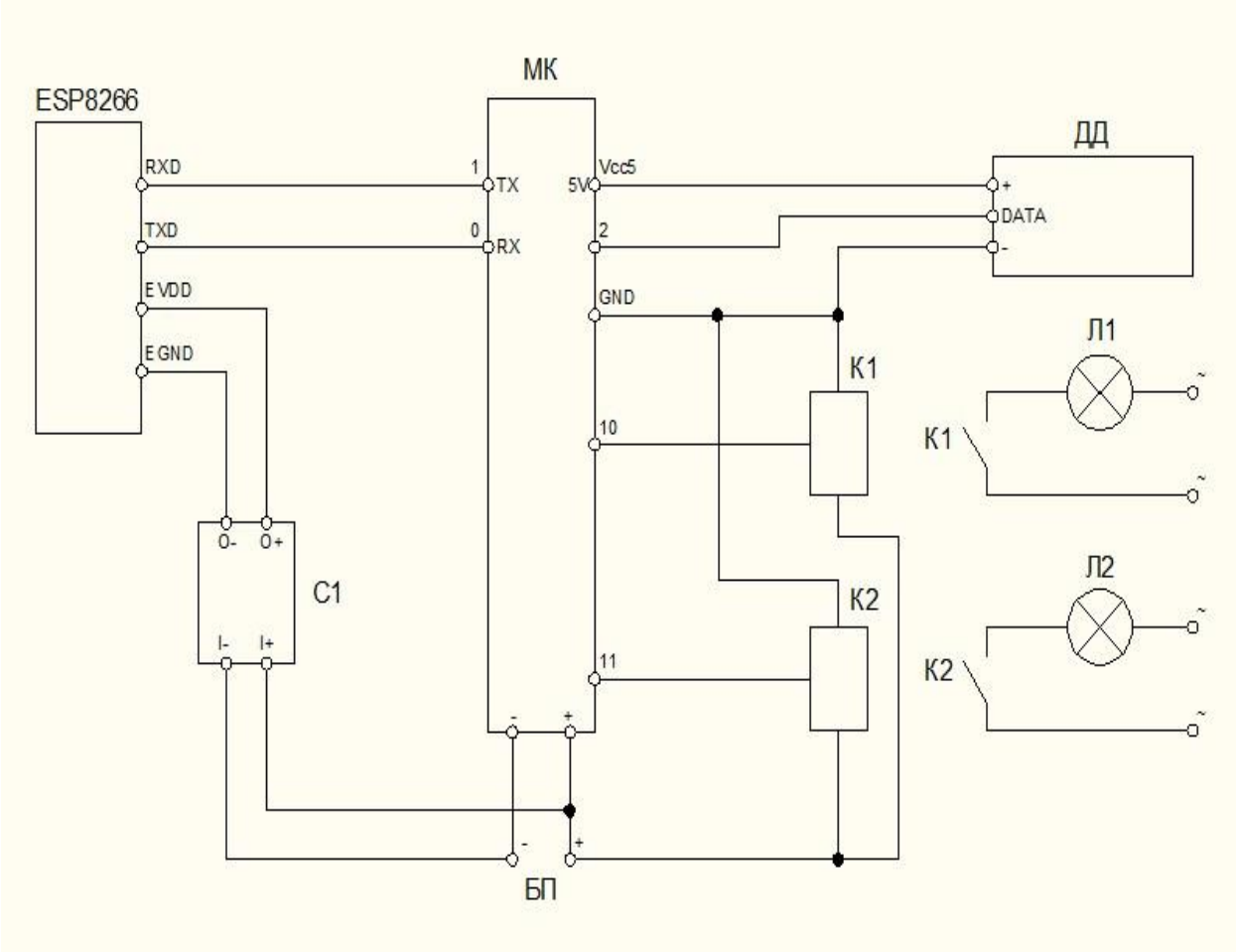


Рисунок 2.6 – Модуль керування освітленням, схема принципова

Таблиця 2.3

Опис схеми

Позначення	Опис
ESP8266	WiFi модуль
МК	ArduinoNano v3
К1, К2	Реле
ДД	Датчик руху
С1	Стабілізатор напруги
Л1, Л2	Лампи
БП	Контакти блоку живлення

Реалізовано окреме живлення для модуля ESP8266, оскільки на відміну від Mega 2560, Nano не може забезпечити достатній струм на виході 3.3В. У схемі для цих цілей використано стабілізатор напруги AMS1117-3.3V

(рисунок 2.7).

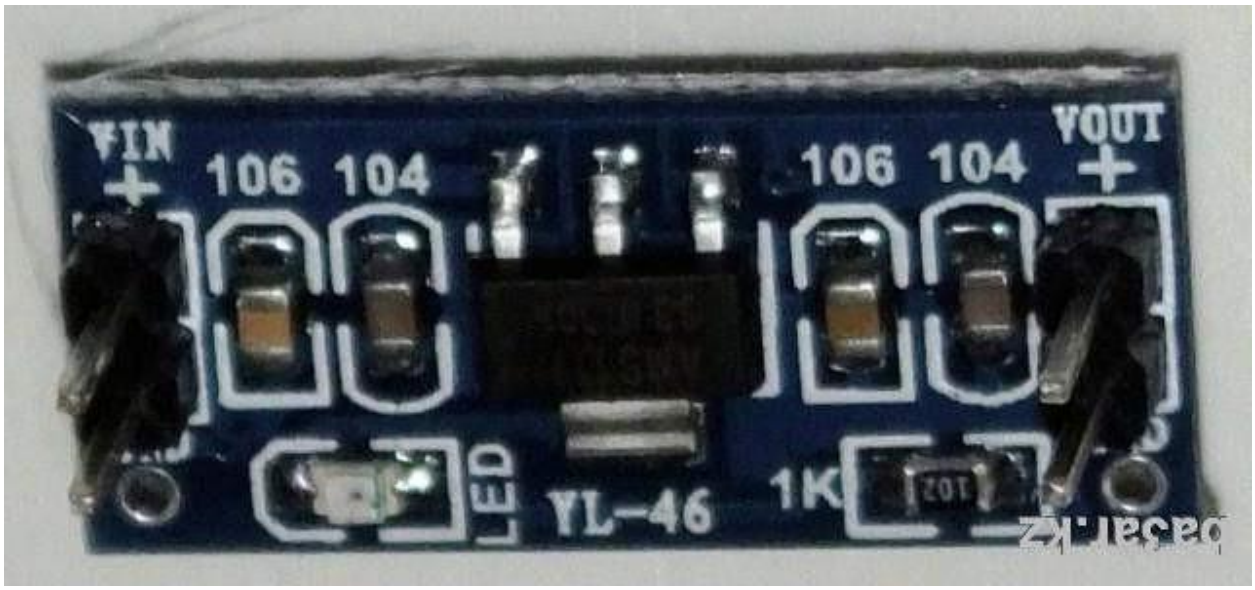


Рисунок 2.7 – AMS1117-3.3V Загальний вигляд

Стабілізатор напруги виконаний на окремій платі (рисунок 2.8) стандартними ніжками для використання на макетній платі, що суттєво полегшує процес прототипування тестового зразка системи.

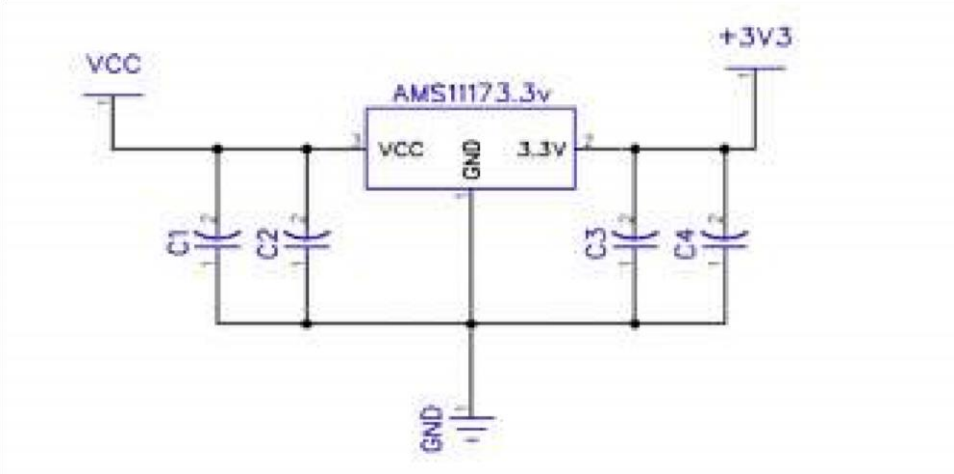


Рисунок 2.8 – AMS1117-3.3V Схема принципова

Вибір контролера впав на ArduinoNano (рисунок 2.9). Плата маленька, повнофункціональна, добре сумісна з макетними платами плата, заснована на мікроконтролері ATmega328 (ArduinoNano версія 3.0). Вона має більш-менш таку ж функціональність як ArduinoDuemilanove, але просто іншу конструкцію. Їй бракує роз'єму живлення DC, а роз'їм для кабелю - Mini - B USB замість стандартного.



Рисунок 2.9 - ArduinoNano вигляд зверху

Вибір цієї плати обумовлений її дешевизною, маса-габаритними характеристиками і функціональністю. У таблиці 2.4 приведені основні технічні характеристики плати.

Таблиця 2.4 - Короткі характеристики ArduinoNano

Параметр	Значення
Мікроконтролер	Atmel ATmega328
Робоча напруга(логічна рівень)	5 В
Вхідна напруга(рекомендоване)	7-12 В
Вхідна напруга(граничне)	6-20 В
Цифрові Входи/Виходи	14 (6 з них можуть використовуватися, як виходи ШІМ)
Аналогові входи	8
Постійний струм через вхід/вихід	40 мА
Флеш-пам'ять	32 кБ при цьому 2 кБ використовуються для завантажувача
ОЗУ	2 кБ
EEPROM	чи 1 кБ
Тактова частота	16 Мгц
Розміри	1.85 см х 4.2 см

Реле – пристрій для автоматичної комутації електричних кіл сигналу ззовні; складається з релейного елемента (з двома станами стійкої рівноваги) та групи електричних контактів, які замикаються (або розмикаються) при зміні стану релейного елемента. Було обрано двоканальне реле (рисунок 2.10).



Рисунок 2.10 – Двоканальне реле

У даному модулі використано двоканальне реле, як ключ в силового ланцюга. Підключається паралельно з вимикачем, таке підключення найзручніше для повсякденного використання. Характеристики наведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Технічні характеристики використовуваного реле

Параметр	Значення
Напруга керуючуго кола	5В
Мінімальний керуючий струм	10 мА
Змінна напруга	До 250 В
Змінний струм	До 10 А
Постійна напруга	До 30 В
Постійний струм	До 10 А

Датчик руху SC0072 (рис. 2.11) відповідає за детектування руху у приміщенні. Його характеристики наведені нижче, у таблиці 2.6.

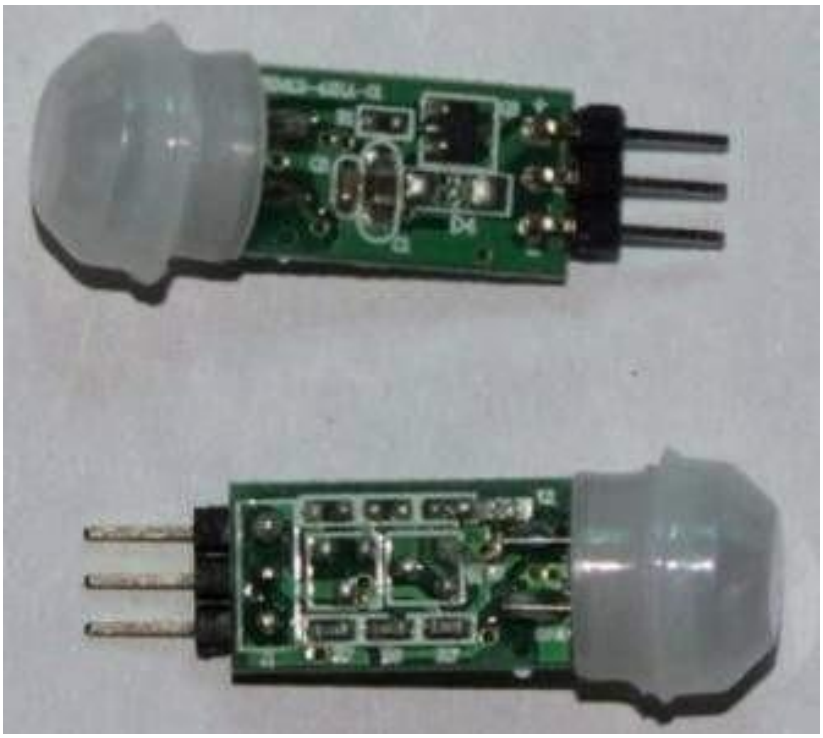


Рисунок 2.11 – Датчик руху SC0072

Таблиця 2.6

Технічні характеристики датчика SC0072

Параметр	Значення
Напруга живлення:	DC 3,3-15V
Напруга на виході:	Високі і низькі рівні в 3.3V TTL логіці
Дистанція виявлення:	до 4м
Кут виявлення:	до 110
Тривалість імпульсу при виявленні:	до 1сек.
Робоча температура:	-20 ... +80°C

Робота PIR-сенсора (PassiveInfraredsensor), тобто пасивного датчика грунтується на вимірі інфрачервоного випромінювання від об'єктів.

Роботу можна розділити на два етапи:

1. Калібрування. При включенні датчик вимірює інфрачервоне випромінювання для набуття еталонних значень.

2. Моніторинг. Датчик постійно вимірює інфрачервоне випромінювання і при відхиленні від еталонного видає одиницю в порт.

Модуль має 3 виведення (стандарту 2.54мм):

–GND: "-" живлення;

–VCC: "+" живлення;

–OUT: Виведення вихідного сигналу; Підключення датчика:

–GND на будь-якій з GND виходів контроллера;

–VCC на + 5 вольт на контроллера;

–OUT на будь-який з цифрових входів/виходів контроллера.

2.3 Модуль управління електроприладами

Модуль управління електроприладами в реалізованому варіанті універсальний. Він включає можливість управління будь-якою домашньою технікою з приймачем, наприклад телевізорами, кондиціонерами програвачами і т.д. Як і всі модулі, що підключаються, працює в режимі TCP клієнта. У схемі є датчик температури та вологості.

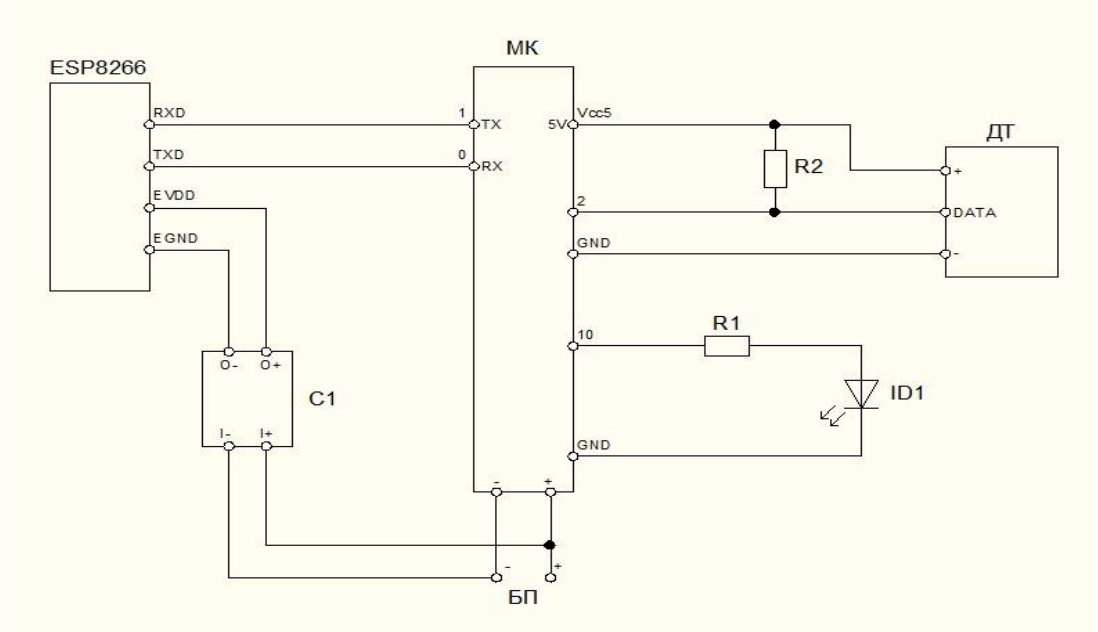


Рисунок 2.12 – Модуль управління електроприладами, схема принципова

У ролі контролера у цій реалізації модуля виступає ArduinoNano, який раніше було детально розглянуто. У таблиці 2.7 перелічені основні елементи схеми.

Таблиця 2.7

Опис схеми

Опис	Опис
ESP8266	WiFi модуль
МК	ArduinoNano v3
R1, R2	Резистори
ДТ	Датчик температури і вологості DHT11
С1	Стабілізатор напруги
БП	Контакти блоку живлення

Номінали резисторів: R1 – 500 Ом, R2 – 10 кОм.

Для вимірювання температури у приміщенні використовується сенсор DHT11 (Рисунок 2.13).

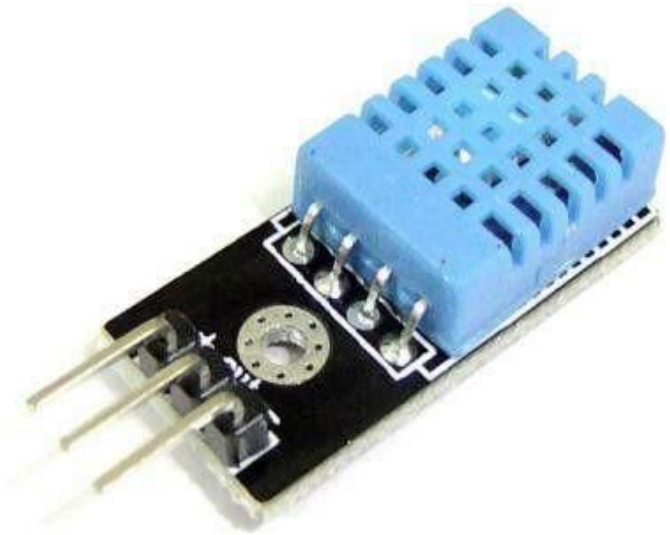


Рисунок 2.13 – Датчик температури DHT11

Сенсор DHT11 для вимірювання температури та відносної вологості навколишнього повітря - стабільний та енергоефективний датчик. Його Показники наведені у таблиці 2.8.

Датчик підключається до електроніки, що управляє, через 3 контакти. Дані і температури, і вологості поставляються по сигнальному дроту у вигляді цифровий сигнал. Це дозволяє передавати дані на відстань до 20 м-коду.

Сенсор працює за власним протоколом.

Таблиця 2.8

Характеристики DHT11

Позначення	Опис
Напруга живлення	5 В
Діапазон температур:	0 – 50 °С
Погрішність температури:	± 2 °С
Діапазон вологості:	20 – 90 %
Погрішність вологості:	± 5%

У якості передавача в схемі використаний BL - L314IRBC (рисунок 2.14). Серія світлодіодів L314 представляє лінійку круглих світлодіодів діаметром 3 мм з сферичною лінзою.



Рисунок 2.14 - діод

На нижній частині корпусу є виступ діаметром 3.9 мм, призначений для зручності монтажу світлодіода. Для виключення помилки підключення світлодіода анод має довше виведення. Світлодіоди серії L314 випускаються двох типів - з кутом розсіювання 60 градусів і кутом розсіювання 30 градусів. Світловидатність цих світлодіодів коливається в дуже широких межах і

відображена в таблиці. Діапазон робочих температур знаходиться в межах від - 40 до +80 градусів.

Для функціонування цієї схеми необхідно вважати і розпізнати сигнали з пультів управління домашньої техніки. Для цього можна використати спеціальні прочитуючі пристрої.

2.4 Приклад розміщення модулів "Розумного будинку"

У прикладі узятий реальний архітектурний проект сучасного будинку. Далі показано можливе розташування модулів і принцип проектування подібних систем домашньої автоматизації.

Будинок є енергоефективним і задуманий із застосуванням передових технологій в області енергозбереження, так наприклад використана спеціальна система вентиляції з використанням теплообмінників, також є сонячні панелі. У перспективі видно необхідність в створенні системи управління вентиляцією, сонячними батареями і теплообмінниками.

На рисунку 2.15 показано розташування сонячних батарей на мансарді. На рисунках 2.16, 2.17 показаний приклад розташування модулів системи на прикладі архітектурного плану приміщення.

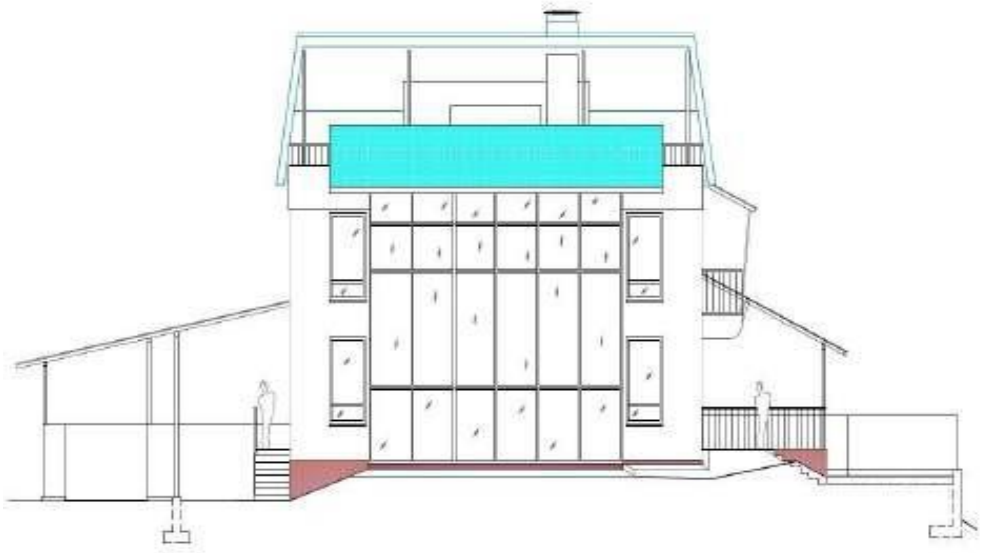


Рисунок 2.15 – Фасад будинку

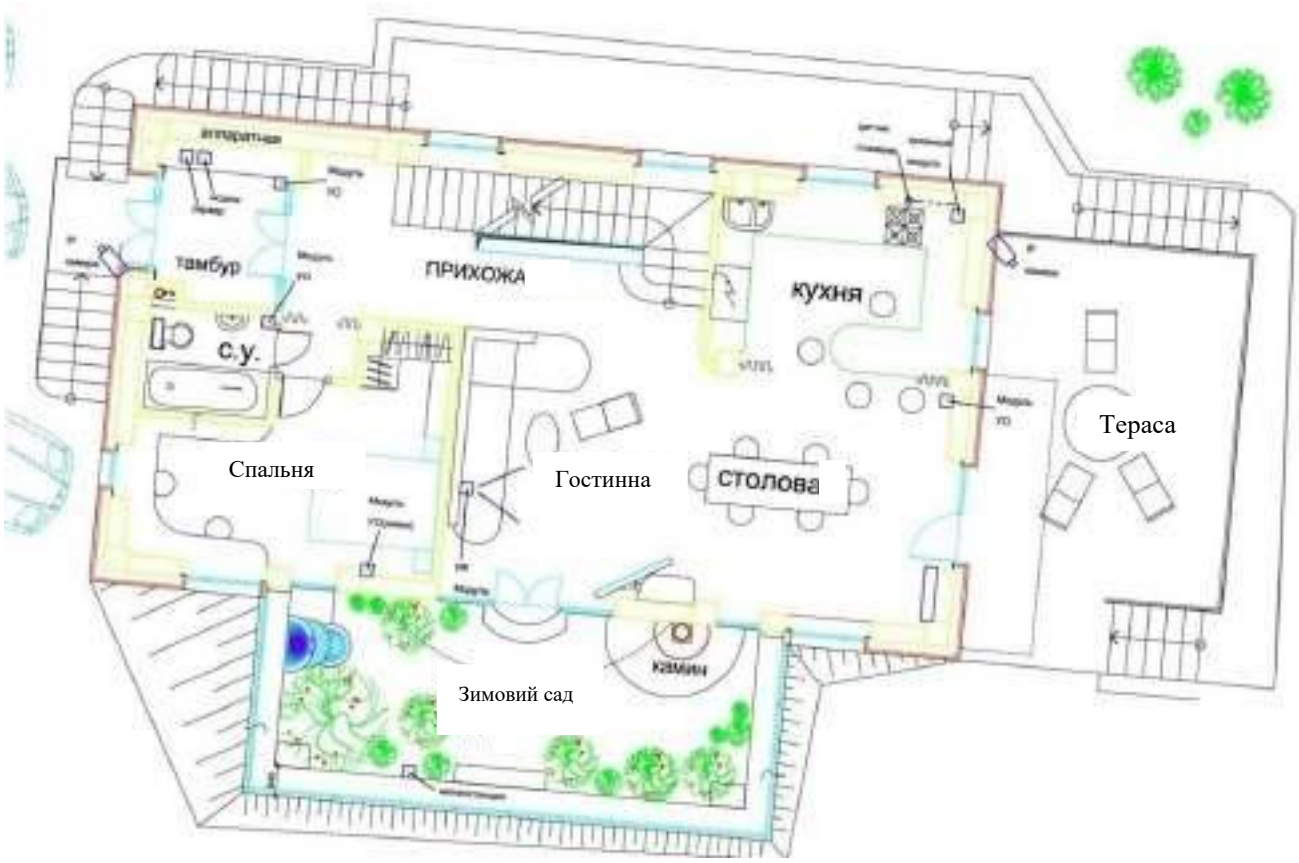


Рисунок 2.16 – План першого поверху

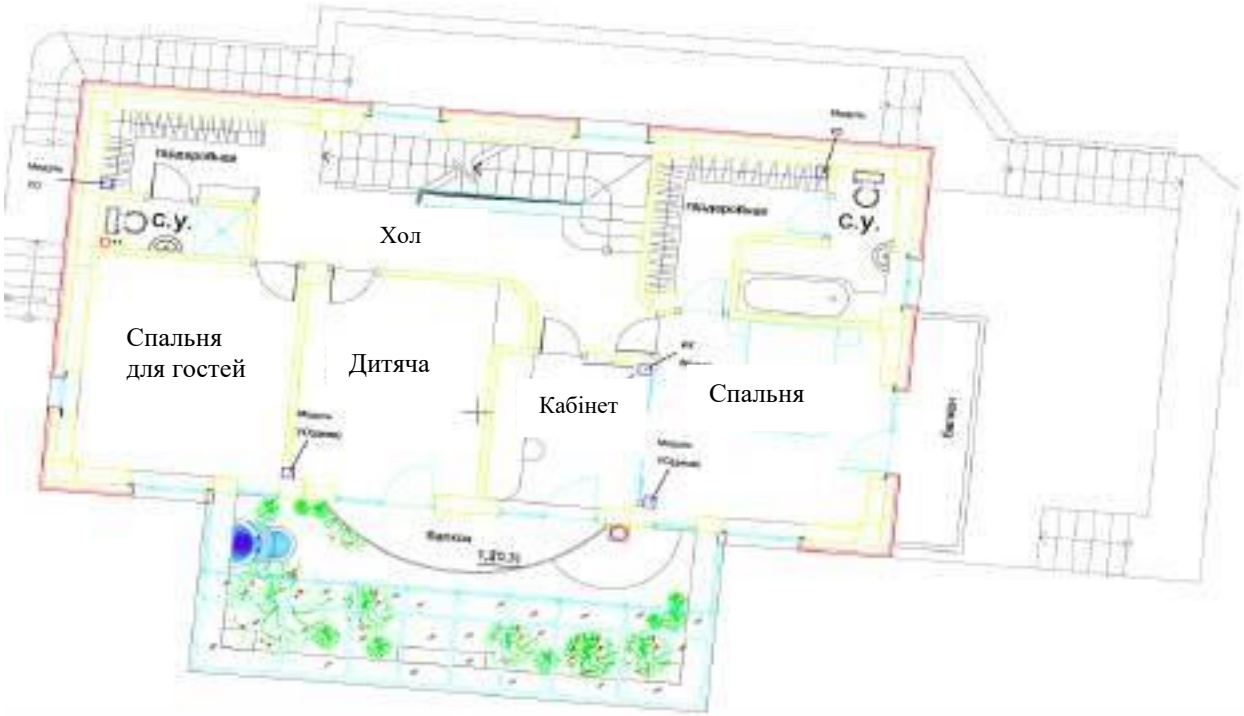


Рисунок 2.17 – План другого поверху

Позначення:

–модуль УО

–модуль управління освітленням;

– Модуль

–модуль з інфрачервоним передавачем;

–модуль УО (дим)

–модуль управління освітленням з функцією димування;

–кухонний модуль

–модуль з функціями видаленого управління електроприладами і з реалізацією протипожежної безпеки.

На першому поверсі розміщується сервер і маршрутизатор. Вимоги до маршрутизатора - велика потужність, або використання допоміжних вузлів мережі (репиторів) для збільшення покриття в межах будинку.

Висновки до розділу 2

У другому розділі було здійснено детальну розробку апаратної частини модулів системи «Розумного будинку». Розглянуто конструктивні характеристики, компонентну базу та розроблено принципові електричні схеми для ключових пристроїв автоматизації.

Основою запропонованої архітектури став головний сервер, реалізований на базі мікроконтролерної платформи Arduino MEGA 2560 у поєднанні з Wi-Fi модулем ESP8266. Таке апаратне рішення дозволяє серверу працювати в режимі TCP-сервера, ефективно виконуючи функції реєстрації периферійних модулів, класифікації пристроїв, моніторингу та передачі керівних команд у межах локальної бездротової мережі. Використання мікроконтролера ATmega2560 забезпечило необхідну обчислювальну потужність та достатню кількість портів введення/виведення для реалізації поставлених завдань.

Окрім сервера, було спроєктовано спеціалізовані виконавчі та сенсорні модулі, побудовані на основі компактних і економічних контролерів Arduino Nano v3. Зокрема, розроблено модуль керування освітленням, який завдяки

інтеграції датчика руху SC0072 (PIR-сенсора) та двоканального реле забезпечує автоматизоване керування джерелами світла в приміщенні. Також створено універсальний модуль управління електроприладами, оснащений датчиком температури і вологості DHT11 та інфрачервоним світлодіодом-передавачем BL-L314IRBC. Це дозволяє здійснювати кліматичний моніторинг та дистанційно керувати будь-якою побутовою технікою, що має ІЧ-приймач (наприклад, телевізорами чи кондиціонерами).

На завершення розділу наведено практичний приклад інтеграції розроблених апаратних вузлів у реальний архітектурний проєкт сучасного двоповерхового енергоефективного будинку. Продемонстровано просторову топологію розміщення сервера, маршрутизатора та кінцевих периферійних модулів (освітлення, димування, інфрачервоного керування) на різних поверхах. Цей приклад підтверджує високий потенціал до масштабування системи, її гнучкість та доцільність практичного використання для забезпечення комфорту й автоматизації житлового середовища.

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Середовище розробки

Arduino IDE

Контролерна програмна частина виконана в opensource середовищі Arduino IDE, як найбільш відповідною для роботи з наявними контроллерами [6].

EmbarcaderoDelphi XE8

Додаток для налаштування параметрів і перегляду інформації написаний в середовищі розробки Delphi XE8. Вибір цього середовища обумовлюється двома чинниками:

1. Кросплатформенність, гнучкість у використанні в домашніх умовах і можливість використання додатка на найбільш популярних і поширених ОС.
2. Простота середовища для роботи з візуальною складовою проекту, що істотно полегшує розробку додатку, оскільки є готові елементи інтерфейсу.

EmbarcaderoDelphi - інтегроване середовище розробки ПЗ для MicrosoftWindows, Mac OS, iOS і Android на мові Delphi.

Delphi — імперативна, структурована, об'єктно-орієнтована мова програмування із строгою статичною типізацією змінних. Основна область використання — написання прикладного програмного забезпечення.

На сьогодні, разом з підтримкою розробки 32 і 64-розрядних програм для Windows, реалізована можливість створювати додатки для AppleMac OS X (починаючи з EmbarcaderoDelphi XE2), iOS (включаючи симулятор, починаючи з XE4 за допомогою власного компілятора), а також, в Delphi XE5, для GoogleAndroid (безпосередньо виконувані на ARM- процесорі) [7].

3.2 Програма сервера

Сервер служить сполучною ланкою між модулями, він визначає і

перенаправляє команди потрібному модулю. Принцип його роботи показано на рисунку 3.1. Усі команди стандартизовані та використовують 8 байт, при їх інтерпретації використовується кодування ASCII.

Формат команд з байтів: [0][1][2][3][4][5][6][7][8]:

– [0] – байт №1, використовується, як ідентифікатор модуля, по йому сервер вирішує куди надіслати повідомлення. У поточному варіанті реалізації проекту існує 4 варіанти одержувача повідомлення:

1 . S – сам сервер.

2. L – модуль керування освітленням із датчиком руху.

3. I – модуль із ІЧ передавачем.

4. K – модуль керування освітленням з димером.

– [1] – байт №2, визначає тип команди.

1. C - команда від пристрою дистанційного керування.

2. M – реєстрація модуля, що відправляється при включенні.

3– [2] – [8] Безпосередня команда зчитується по-різному.

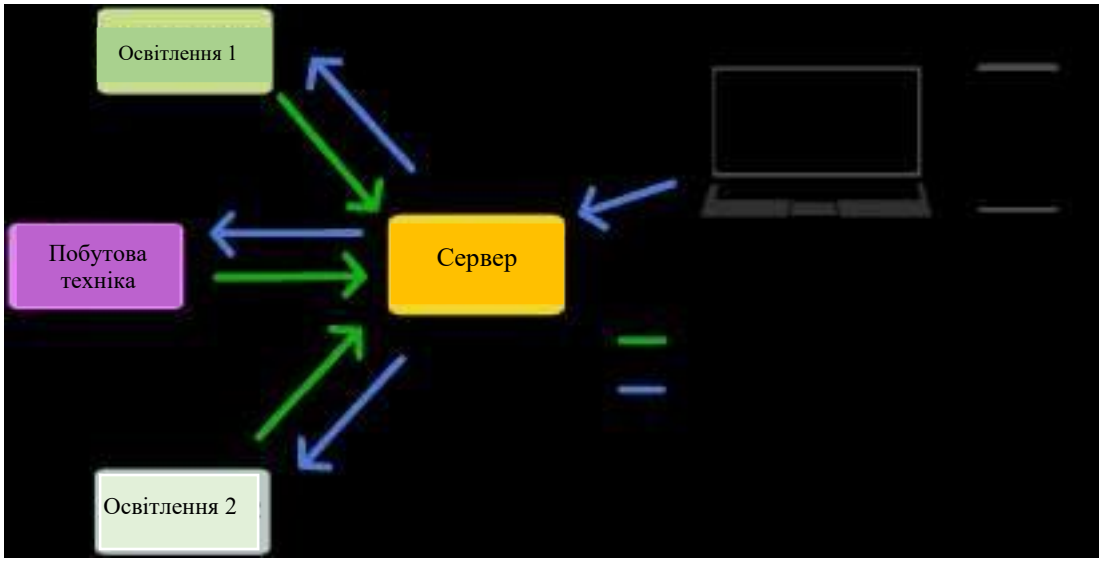


Рисунок 3.1 – Принцип роботи сервера

Лістинг програми сервера(Arduino IDE) приведений нижче.

```
char incoming [13]; char answer [6]; charlampid, lamp2id;
charirid, clientid;
charmsg[8];
```

```
intclientled=37; intlampled=45; intirled=53; //індикаторні пини 53 45 37
voidtcpservstart(){ //налаштування TCP сервера
Serial3.write("AT+CIPMODE=0\r\n"); delay(300);
Serial3.write("AT+CIPMUX=1\r\n"); delay(300);
Serial3.write("AT+CIPSERVER=1,8888\r\n");
delay(500);
Serial3.write("AT+CIPSTO=28800\r\n"); delay(1000);
Serial.println("Server is ready"); delay(300);
}
void setup(){ lampid='n'; lamp2id='n'; irid='n'; clientid='n';
Serial.begin(9600); // відкриваємо COM для виведення діагностичних
повідомлень
Serial.println("Serial is open");
Serial3.begin(9600); // ESP8266 Serial3.setTimeout(3000);
pinMode(clientled, OUTPUT); pinMode(lampled, OUTPUT); pinMode(irled,
OUTPUT);
Serial3.write("AT+RST\r\n"); // перезавантаження модуля delay(3000);
 tcpservstart();
} void loop(){ if(Serial3.find("IPD")) { // Прочитуємо команду
Serial3.readBytes(incoming, 13); // Записуємо команду у буфер
switch(incoming[5]) { // Інтерпретація команди
case 'L':
if(incoming[6]=='M') {
lampid=incoming[1]; //записуємо id модуля Serial3.write(lampid);
Serial3.write(",1\r\n"); delay(100);
Serial3.write("K");
Serial.print("lamp module found id: "); Serial.println(lampid);
digitalWrite(lampled, HIGH);
}
if(incoming[6]=='C') { // відправка повідомлення модуля for(inti =0; i<8;
i++)
```

```
msg[i]=incoming[5+i];
Serial.write(msg);
Serial3.write("AT+CIPSEND=");
Serial3.write(lampid); Serial3.write(",8\r\n"); delay(200);
Serial3.write(msg);
} break;
case 'I':
if(incoming[6]=='M') {
irid=incoming[1]; //записуємо id модуля
Serial.print("clim module found id: "); Serial.println(irid); digitalWrite(irled,
HIGH);
}
if(incoming[6]=='C') { // відправка повідомлення модуля
for(inti =0; i<8; i++) msg[i]=incoming[5+i];
Serial3.write("AT+CIPSEND=");
Serial3.write(irid); Serial3.write(",8\r\n"); delay(100);
Serial3.write(msg); delay(100);
Serial3.write("AT+CIPSEND=");
Serial3.write(clientid); Serial3.write(",6\r\n"); delay(100);
Serial3.write(112233);
}
if(incoming[6]=='T') { for(inti =0; i<8; i++) msg[i]=incoming[5+i];
Serial.write("Temperature: ");
Serial.write(msg);
Serial3.write("AT+CIPSEND=");
Serial3.write(clientid); Serial3.write(",8\r\n"); delay(200);
Serial3.write(msg);
}
break; case 'K':
if(incoming[6]=='M') {
lamp2id=incoming[1]; //записуємо id модуля
```

```
Serial3.write("AT+CIPSEND=");
Serial3.write(lamp2id); Serial3.write(",1\r\n");
delay(200);
Serial3.write("K");
Serial.print("lamp 2 module found id : "); Serial.println(lamp2id);
}
if(incoming[6]=='C') { // відправка повідомлення модуля
for(inti =0; i<8; i++) msg[i]=incoming[5+i];
Serial.write(msg);
Serial3.write("AT+CIPSEND=");
Serial3.write(lamp2id); Serial3.write(",8\r\n"); delay(200);
Serial3.write(msg);
} break;
case 'R':
if(incoming[6]=='C') if(incoming[6]=='R') {
Serial3.write("AT+RST"); // перезавантажуємо ESP8266 delay(3000);
tcpservstart();
} break;
case 'P':
if(incoming[6]=='M')
clientid=incoming[1]; //записуємо id модуля
Serial3.write("AT+CIPSEND=");
Serial3.write(clientid); Serial3.write(",9\r\n"); delay(200);
Serial3.write("Connected");
Serial.print("Client module found id: "); Serial.println(clientid);
digitalWrite(clientled, HIGH); break; }
}
for(inti =1; i<14; i++)
incoming[i]=' '; // очищення буфера
}
```

3.3 Програма модуля управління освітленням

Ця програма написана в середовищі Arduino IDE і відповідає за обробку команд, що поступають з сервера для управління джерелами освітлення.

```
charapip[22];
char data[6];
char answer[6];
char confirm[6];
booleanmode; // false - автоматичний, true - ручний
longunsignedintlowIn; //Пауза, після якої рух вважається закінченим booleantakeLowTime; //Прапор. Сигналізує про необхідність запам'ятати час початку відсутності руху
booleanlockLow = true;
intpirPin = 9; char inmode;
int pause; char pauselenght[2];
booleantcpstat;
voidtcpconnect(){
Serial.write("AT+CWJAP=\"SH _ server\",\"12345678\"\r\n"); delay(8000); // підключення до точки доступу Serial.write("AT+CIPMODE=0\r\n");
delay(300);
Serial.write("AT+CIPMUX=1\r\n"); delay(300);
Serial.write("AT+CIPSTART=0,\"TCP\",\"192.168.4.1\",8888\r\n");
delay(1000); // підключення до TCP серверу for(inti=1; i<10; i++) {
Serial.write("AT+CIPSEND=0,8\r\n"); delay(300); // відправка команди реєстрації на сервері
Serial.write("LM000000");
} }
void setup(){ mode=false;
tcpstat=false;
pause = 5000;
pinMode(pirPin, INPUT);
```

```
pinMode(10, OUTPUT);
Serial.begin(9600);
Serial.setTimeout(3000);
Serial.write("AT+RST\r\n");
delay(3000);
Serial.write("AT+CWMODE=1\r\n");
delay(500);
tcpconnect(); } void loop(){
if(Serial.find("LC")) { //Визначення команди
Serial.readBytes(data, 6); // Прочитуємо дані
switch(data[0]) { // Зіставляємо команди
case 'O': // включаємо джерела світла
if(mode==true && data[1]=='0') digitalWrite(10, HIGH);
if(mode==true && data[1]=='1') digitalWrite(11, HIGH);
break;
case 'F': // відключаємо джерела світла
if(mode==true && data[1]=='0') digitalWrite(10, LOW);
if(mode==true && data[1]=='1') digitalWrite(11, LOW);
break;
case 'M': // перемикання режимів управління if(data[1]=='A') mode=false;
if(data[1]=='M') {
mode=true;
lockLow = true; takeLowTime = false; digitalWrite(10, HIGH);
digitalWrite(11, HIGH); }
break;
case 'D': // встановлюємо значення затримки pause=1000* ((data[1]-
48)*10+ (data[2]- 48)); break;
}
}
for(inti=0; i<=5; i++) data[i]=' '; // очищаємо буфер
```

```
if(digitalRead(pirPin)  == HIGH && mode==false) { // якщо виявлений рух
if(lockLow)
{
lockLow = false; digitalWrite(10, HIGH); digitalWrite(11, HIGH); delay(50);
}
takeLowTime = true;
}
if(digitalRead(pirPin)  == LOW && mode==false) { if(takeLowTime)
{
lowIn = millis(); //Збережемо час закінчення руху
takeLowTime = false; //Змінимо значення прапора, щоб більше не брати час, поки не буде нового руху
}
if(!lockLow&&millis() - lowIn> pause)
{ //Змінюємо значення прапора, щоб ця частина коду виконалася лише раз, до нового руху
lockLow = true; digitalWrite(10, LOW); digitalWrite(11, LOW); delay(50);
}}}
```

3.4 Програма модуля

У програмі використовується спеціальна бібліотека для Arduino IDE IRremote. З її допомогою, можливо, передавати сигнали, використовуючи протоколи різних виробників побутової техніки.

Нижче приведений лістинг процедури для відправки команд.

Ця процедура відповідає за передачу коду:

```
voidsendCode(){
// Запускаємо другу частину бібліотеки IRremote, відповідальну за відправку  IRsendirsend;
#define PanasonicAddress 0x4004 // у Panasonic, "особливий"  протокол.
unsigned long SendCodeIR; intSendCodeProtocol; intSendCodeBits;
Switch(data[0]) {
```

```
case 'T':
if(data[1] == 'O')
{
SendCodeIR = IRcodeEEPROMread 1;
SendCodeProtocol = IRcodeProtocolEEPROMread 1;
SendCodeBits = IRcodeBitsEEPROMread 1;
} if(data[1] == 'F')
{
SendCodeIR = IRcodeEEPROMread 2;
SendCodeProtocol = IRcodeProtocolEEPROMread 2;
SendCodeBits = IRcodeBitsEEPROMread 2;
}
break; case 'A':
if(data[1] == 'O')
{
SendCodeIR = IRcodeEEPROMread 3;
SendCodeProtocol = IRcodeProtocolEEPROMread 3;
SendCodeBits = IRcodeBitsEEPROMread 3;
} if(data[1] == 'F')
{
SendCodeIR = IRcodeEEPROMread 4;
SendCodeProtocol = IRcodeProtocolEEPROMread 4;
SendCodeBits = IRcodeBitsEEPROMread 4;
// якщо значення в змінній SendCodeProtocol відповідає(ГИК) протоколу
NEC
if(SendCodeProtocol == NEC)
{
// відправимо як через NEC протокол.
irsend.sendNEC(SendCodeIR, SendCodeBits);
}
// інакше якщо....
```

```
else if(SendCodeProtocol == SONY)
{
irsend.sendSony(SendCodeIR, SendCodeBits);
}
else if(SendCodeProtocol == RC5)
{
irsend.sendRC5(SendCodeIR, SendCodeBits);
}
else if(SendCodeProtocol == RC6)
{
irsend.sendRC6(SendCodeIR, SendCodeBits);
}
else if(SendCodeProtocol == JVC)
{
// iy JVC "особливий" IKпротокол irsend.sendJVC(SendCodeIR, 16,0);
}
else if(SendCodeProtocol == PANASONIC)
{
// у Panasonic особливий ГИК протокол.
irsend.sendPanasonic(PanasonicAddress, SendCodeIR);
} // коли бібліотеці IRremote не вдається розпізнати протокол, //
"UNKNOWN" вона видає значення "-1". Після запису і читання з // EEPROM,
"-1" стає 255.
elseif(SendCodeProtocol == 255)  // на той випадок якщо  протокол
невідомий
{
// використовуватимемо найпоширеніший протокол NEC.
irsend.sendNEC(SendCodeIR, SendCodeBits);
}
// після запуску другої частини бібліотеки IRremote, відповідальну за
відправку
```

```
// блокується перша частина бібліотеки IRremote, відповідальна за прийом
// розблоковуємо прийом .
irrecv.enableIRIn();
} }
 voidloop(){
if(Serial.find("IC")) { //Визначення команди Serial.readBytes(data, 6); // Прочитуємо дані
switch(data[0]) { // Зіставляємо команди
case 'G':
h = dht.readHumidity();
t = dht.readTemperature(); temp=t;
Serial.write("AT+CIPSEND=0,8\r\n"); \ відправка свідчень датчика
delay(300);
Serial.write("IT"); Serial.write(temp); Serial.write("0000");
sendCode();
break;
} }
unsigned long currentMillis = millis(); // періодично прочитуємо свідчення DHT11
if(currentMillis - previousMillis> interval) {
previousMillis = currentMillis;
h = dht.readHumidity();
t = dht.readTemperature();
if(t>hot) {
SendCodeIR = IRcodeEEPROMread 3;
SendCodeProtocol = IRcodeProtocolEEPROMread 3;
SendCodeBits = IRcodeBitsEEPROMread 3;
} if(t<cold) {
SendCodeIR = IRcodeEEPROMread 4;
SendCodeProtocol = IRcodeProtocolEEPROMread 4;
```

```
SendCodeBits = IRcodeBitsEEPROMread 4;
}}}}
```

Висновки до розділу 3

У третьому розділі було розроблено комплексне програмне забезпечення для забезпечення функціонування апаратної частини системи «Розумного будинку» та реалізації людино-машинного інтерфейсу. Для ефективного вирішення цих завдань було обрано два різні середовища розробки: відкрите середовище Arduino IDE для програмування мікроконтролерної логіки та Embarcadero Delphi XE8 для створення клієнтського кросплатформного додатка. Вибір середовища Delphi зумовлений його високою гнучкістю, наявністю готових візуальних компонентів, що суттєво полегшує розробку інтерфейсу, та можливістю компіляції додатка для найбільш популярних операційних систем, таких як Windows, Android та iOS.

Програмна реалізація головного сервера, написана в Arduino IDE, відіграє ключову роль сполучної ланки між усіма периферійними пристроями системи. Серверний алгоритм налаштований на обробку стандартизованих 8-байтових команд у кодуванні ASCII. Він дозволяє чітко ідентифікувати модулі, що підключаються, за допомогою спеціальних маркерів (наприклад, сервер, модуль освітлення, інфрачервоний передавач, димер), реєструвати їх у мережі при увімкненні та коректно маршрутизувати керуючі команди між клієнтським додатком і відповідним виконавчим обладнанням.

Окрему увагу в розділі приділено розробці програмного коду для мікроконтролерів периферійних модулів. Зокрема, програма модуля керування освітленням забезпечує стабільне підключення до локальної Wi-Fi мережі та обробку команд, що надходять від сервера (увімкнення чи вимкнення джерел світла, перемикання між автоматичним і ручним режимами керування, налаштування затримок спрацьовування), а також паралельно аналізує дані з датчика руху. Водночас програма універсального модуля керування електроприладами реалізована із залученням

спеціалізованої бібліотеки IRremote, що дозволяє генерувати інфрачервоні сигнали за протоколами різних виробників побутової техніки (NEC, Sony, Panasonic, JVC тощо), а також циклічно зчитує показання з датчика температури й вологості DHT11 для подальшої їх відправки на сервер.

У підсумку, написане програмне забезпечення успішно об'єднує розрізнені апаратні вузли в єдину, злагоджено працюючу інтелектуальну систему. Реалізовані мікроконтролерні алгоритми гарантують надійний обмін даними та автономність роботи модулів, а розроблений додаток надає користувачеві сучасний, зручний та інтуїтивно зрозумілий інструмент для дистанційного моніторингу та керування своїм житловим середовищем з будь-якого мобільного чи десктопного пристрою.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Безпека життєдіяльності - це наука про комфортну і безпечну взаємодію людини з місцем існування. Діяльність і відпочинок людини проходять у безперервній взаємодії з середовищем, що оточує його. Місце проживання, вид діяльності, умови відпочинку визначають конкретне місце існування.

За характером дії на людину усі небезпеки підрозділяються на небезпечні і шкідливі чинники.

Небезпечний чинник - негативна дія на людину, яка призводить до травм або іншого раптового різкого погіршення здоров'я.

Травма - це ушкодження тканин організму і порушення його функцій зовнішньою дією. До небезпечних виробничих чинників слід віднести електричний струм певної сили, розжарені тіла, устаткування, працююче під тиском вище за атмосферний, можливість падіння з висоти самого працюючого або різних деталей і предметів.

Шкідливий чинник - негативна дія на людину, яка призводить до погіршення самопочуття або захворювання. Дія на людину шкідливого виробничого чинника може привести до професійного захворювання. До шкідливих виробничих чинників відносяться несприятливі метеорологічні умови, запилена і загазованість повітряного середовища, дія шуму, вібрації, наявність електромагнітних полів, іонізуючих випромінювань і т. д.

Чіткої межі між небезпечним і шкідливим чинниками часто не існує. Залежно від рівня і тривалості дії шкідливий чинник може стати небезпечним. Усі небезпеки, що формуються в процесі трудової діяльності, розділяються на фізичні, хімічні, біологічні, психофізичні-логічні .До фізичних чинників відносять: машини, що рухаються, і механізми; підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини; підвищений тиск пари або газів в посудинах; підвищені рівні шуму, вібрації, інфразвуку і ультразвуку; недостатню освітленість робочої зони; підвищений рівень електромагнітних випромінювань та ін.

Хімічні чинники є шкідливими для організму людини речовинами, дії (токсичні, дратівливі, канцерогенні, мутагенні та ін.), що підрозділяються за характером, і шляхом проникнення в організм людини (органи дихання, шкірні покриви і слизові оболонки, шлунково-кишковий тракт).

Біологічні чинники - це патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, гриби, прості) і продукти їх життєдіяльності.

Психофізіологічні чинники - це фізичні перевантаження (статичні і динамічні) і нервово-психічні (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження).

Результатом дії небезпечних і шкідливих чинників на людину і природне середовище є неухильне зростання травматизму, числа і тяжкість захворювань, кількості аварій і катастроф, збільшення матеріального збитку.

Проведемо класифікацію умов трудової діяльності, які впливають на людину.

Умови праці - це сукупність чинників виробничого середовища і трудового процесу, що роблять вплив на здоров'я і працездатність людини в процесі праці.

Чинники виробничого середовища - шкідливі виробничі чинники: фізичні, хімічні, біологічні.

Умови праці оцінюються чотирма класами:

1-й клас – оптимальні (комфортні) умови праці забезпечують максимальну продуктивність праці і мінімальну напруженість організму людини. Оптимальні нормативи встановлені для параметрів мікроклімату і чинників трудового процесу (тяжкість і напруженість праці). Для інших чинників умовно оптимальними вважаються такі умови праці, при яких несприятливі чинники не перевищують допустимих меж для населення;

2-й клас - допустимі умови праці характеризуются такими рівнями чинників середовища і трудового процесу, які не перевищують гігієнічних нормативів для робочих місць. Зміни функціонального стану організму відновлюються під час регламентованого відпочинку або до початку наступної зміни і не повинні чинити несприятливу дію в найближчому і

віддаленому періоді на стан здоров'я працюючого. Оптимальні і допустимі умови праці безпечні;

3-й клас - шкідливі умови праці характеризуються наявністю шкідливих виробничих чинників, що перевищують гігієнічні нормативи і чинять несприятливу дію на організм працюючого. Залежно від рівня перевищення нормативів чинники цього класу підрозділяються на чотири міри шкідливості:

3.1 – зухвалі оборотні функціональні зміни організму;

3.2 – що призводять до стійких функціональних змін і зростання захворюваності;

3.3 – що призводять до розвитку професійної патології в легкій формі і зростання числа хронічних захворювань;

3.4 – що призводять до важких форм професійних захворювань і високому рівню захворюваності з тимчасовою втратою працездатності;

4-й клас – травмоопасні (екстремальні) умови праці. Рівні виробничих чинників цього класу такі, що їх дія впродовж робочої зміни створює загрозу для життя, високий ризик виникнення важких форм гострих професійних захворювань.

Далі приведемо дії небезпечних і шкідливих фізичних виробничих чинників на людину.

Електричний струм. Електричні установки представляють для людини велику потенційну небезпеку. Людина починає відчувати дію змінного струму 0,5-1,5 мА з частотою 50 Гц і 5-7 мА постійного струму.

При дії такого струму відчувається нагрів ділянки, що контактує з струмоведучою частиною. Збільшення струму, що проходить, викликає у людини судоми м'язів і хворобливі відчуття, які посилюються із зростанням струму і поширюються на все більші ділянки тіла. Так, при струмах 10-15 мА біль стає дуже сильним, а судоми значними. При збільшенні струму до 30 мА м'язи можуть втратити здатність скорочуватися, а при струмі 50-60 мА настає параліч дихальних органів, а потім порушується робота серця. Смертельним вважають струм 100 мА і більше. Електробезпека працюючих забезпечується

конструкцією електроустановок; технічними здібностями і засобами захисту, організаційними засобами захисту. Передбачені наступні технічні способи і засоби захисту від поразки електричним струмом(згідно ПБЕ) [7]:

–забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою для випадкового дотику;

–електричне розділення мережі;

усунення небезпеки поразки при появі напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малої напруги, використанням подвійної ізоляції, засобів і запобіжних пристосувань, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням.

Захист від електромагнітного поля. Дія на живі об'єкти залежить від ряду параметрів, зміна яких може викликати біологічний ефект, наприклад, що становить поля, інтенсивність, тривалість дії (експозиція), неоднорідність поля, локалізація дії, частота поля, форма імпульсу.

Дія ЕМП розглядається у тому випадку, коли система підключена до персонального комп'ютера. Для попередження професійних захворювань встановлені гранично допустимі значення напруженості і щільності потоку енергії на робочому місці персоналу і для населення.

Згідно 2.2.2/2.4.1340-03 «Гігієнічних вимоги до персональних електронно-обчислювальних машин і організації роботи» [8] напруженість ЕМП на відстані 50 см навколо відео дисплейного терміналу в діапазоні частот 2-400 кГц на робочих місцях персоналу впродовж робочого дня не повинна перевищувати встановлених гранично допустимих рівнів по електричній складовій 2,5В/м, по щільності магнітного потоку 25 нТл, напруженість електростатичного потоку 15 кВ/м.

Облаштування візуального відображення типу телевізійних індикаторів виділяють рентгенівське, радіочастотне, видиме і ультрафіолетове випромінювання, які нормуються 2.2.2/2.4.1340-03 «Гігієнічних вимоги до персональних електронно-обчислювальних машин і організації роботи». Для захисту від цих випромінювань необхідно застосовувати спеціальні захисні екрани або останні моделі відеомоніторів, в яких розробниками вже

передбачені такі заходи захисту.

Виробниче освітлення. Важливе місце в комплексі заходів по охороні праці і оздоровленню умов праці займає створення оптимального світлового середовища, тобто раціональна організація природного і штучного освітлення приміщення і робочих місць. У денний час в приміщенні використовується природне одностороннє освітлення, у вечірній і нічний час або за недостатніх норм освітленості – штучне загальне рівномірне висвітлення.

Очищення світильників проводиться у міру їх забруднення, але не рідше одного разу на місяць.

Відповідно до СНБ 2.04.05-98 приміщення для роботи з дисплеями та відеотерміналами можна віднести до розряду Б-1 зорової роботи (високої точності). Нормований рівень освітленості для роботи з дисплеями – 300 лк.(таб.4.1).

Таблиця 4.1

Параметри природного та штучного освітлення приміщень для роботи з дисплеями

Штучне освітлення			Природнє освітлення	
Освітленність робочих поверхонь, лк	Показник дисконфорту, не більш	Коефіцієнт пульсації освітленості, Kn%, не більш	КЕО, %	
			При верхньому чи верхньому боковому	При боковому освітленню
300	40	5	3	1,0

Для штучного освітлення приміщення використовують люмінесцентні лампи білого (ЛБ) та темно-білого кольору (ЛТБ) потужністю 80Вт.

Метеорологічні умови з метою забезпечення комфортних умов для обслуговуючого персоналу та надійності технологічного процесу згідно 9-80РБ98 встановлюють такі вимоги до мікрокліматичних умов наведені у таблиці 4.2. У цій же таблиці наведено оптимальні та фактичні значення.

Таблиця 4.2

Вимоги до мікрокліматичних умов

Параметри	Оптимальні значення		Допустимі норми		Фактичні значення	
	Холодний період	Теплий період	Холодний період	Теплий період	Холодний період	Теплий період
Температура повітря, °С	21-23	22-24	20-24	21-28	20-23	20-24
Відносна вологість	40-60	40-60	75	60	15-62	46-52
Швидкість руху повітря	< 0,1	0,2	0,2	0,1-0,3	0,2	0,2

У приміщенні передбачено регулювання подачі теплоносія для дотримання нормативних властивостей мікроклімату. Як нагрівальні прилади у приміщеннях з ЕОМ та сховищах носіїв інформації встановлені регістри із труб.

Для забезпечення встановлених норм мікрокліматичних параметрів та чистоти повітря використовують вентиляцію, тобто, видалення забрудненого та подачу у приміщення свіжого повітря: при кубатурі приміщення до 20 м^3 на одного працівника – не менше 30 м^3/год на особу.

Повітрообмін при природній вентиляції відбувається внаслідок різниці температури повітря в приміщенні та зовнішнього повітря, а також внаслідок дії вітру. Повітря, що надходить у приміщення за допомогою припливної вентиляції, очищається від пилу та мікроорганізмів. При роботі витяжної системи чисте повітря надходить у приміщення через нещільності в огороджувальних конструкцій. Запиленість повітря не перевищує 0,75 мг/м^3 за розмірів частинок пилу 3 мкм.

Кондиціювання повітря забезпечує автоматичну підтримку параметрів мікроклімату в необхідних межах протягом усіх сезонів року, очищення повітря від пилу і шкідливих речовин, створення невеликого надмірного тиску в чистих приміщеннях для виключення неочищеного повітря. Температура повітря, що подається в приміщення з ЕОМ, - не нижче 19 °С.

Забезпечення пожежної безпеки. Небезпека виникнення пожежі існує при роботі системи з ряду причин [9]:

- коротке замикання в електричних ланцюгах; помилки при проектуванні;
- невірний вибір елементів;
- використання нагрівальних приладів.

Ефективність гасіння пожежі залежить від правильного застосування засобів пожежогасінні. До основних засобів відносяться: вода, водяна пара, інертні гази, вуглекислий газ, піна, пісок і тому подібне.

Можливість швидкої ліквідації пожежі багато в чому залежить від своєчасного сповіщення про займання. Найбільш надійною системою сповіщення є електрична пожежна сигналізація: автоматична або ручна.

Для забезпечення пожежобезпеки дуже важливою є протипожежна профілактика:

–у приміщенні має бути встановлена пожежна сигналізація;

–мають бути передбачені засоби для гасіння пожежі;

–повинні існувати загальні рубильники для відключення напруги.

Також перед проведенням робіт персонал мають бути проінструктований після техніки безпеки і норм поведінки на робочому місці.

У конкретному випадку приміщення є учбовим, таким, що містить тверді і волокнисті пальні речовини, що не виділяють горючий пил або волокна, що переходять в зважений стан.

Згідно СП 12.13130.2009 це приміщення може бути віднесене до категорії В, оскільки характеризується наявністю тільки негорючих речовин і матеріалів в холодному стані.

По відношенню до можливості утворення вибухонебезпечних сумішей або пальних пилу або волокон з переходом їх в зважений стан, даний приміщення може бути класифіковане, як вибухобезпечне, оскільки умова для утворення таких вибухонебезпечних продуктів відсутня.

Стратегія вибору заходів безпеки. Під заходами безпеки мається на увазі

комбінація заходів, яка застосовується конструктором при проектуванні машин і механізмів, технологом при проектуванні технологічного процесу, і такі, які будуть пред- прийняті працівником. Конструктори і технологи при усіх обставинах повинні: чітко визначити сферу застосування машини; ідентифікувати небезпеки і оцінити ризик; усунути джерела небезпеки або обмежити ризик, наскільки можливо; застосувати захисні або запобіжні пристрої, застережливі дію ризику, що залишився; інформувати і попередити працівника про ризик, що залишився. Якщо машина представляє небезпеку для людини, то з цього виходить, що рано чи пізно станеться спричинення шкоди здоров'ю, якщо не будуть вжиті ніякі заходи безпеки. Тому машина має бути безпечною. Але не можна досягти абсолютної безпеки, найвища міра безпеки може бути тільки метою, до якої необхідно прагнути, враховуючи рівень сучасної техніки, який визначає обмеження, включаючи обмеження на вартість. Засоби, витрачені на досягнення безпеки, яка відповідає рівню техніки на певний період часу, можуть недовго бути актуальними, якщо подальші покоління цих машин матимуть більшу безпеку або з'являться інші безпечні аналогічні машини. Стратегія вибору заходів безпеки повинна допомагати конструкторам, технологам і інженерам по техніці безпеки використати рішення, які найкращим способом підходять для досягнення найвищої міри безпеки, техніку, що враховують рівень, і існуючі обмеження.

На рисунку 4.1 представлена схема стратегії вибору заходів безпеки. У цій схемі «Безпека достатня»? означає, що:

1. Чи досягнутий намічений рівень безпеки або ні?

2. Той же рівень безпеки не можна досягти простішим способом?

3. Зроблені заходи:

–істотно не понизили функціональні параметри машини?;

–не привели до виникнення нових непередбачених небезпек або проблем?;

–прийняті рішення підходять для усіх умов виробництва і режимів роботи?;

–ці рішення сумісні один з одним?;

–ці рішення не утрудняють роботу оператора?.

Якщо небезпеки, які можуть виходити від машини, виявлені, то конструктор повинен спробувати передбачити усі ситуації, які можуть привести до травмування або шкодити здоров'ю. Причому треба враховувати наступне:

а) вжиття заходів людиною на всіх стадіях життєвого циклу машини(виготовлення, транспортування, введення в експлуатацію - складання і наладка, застосування/використання, виведення із експлуатації);

б) можливі виробничі стани машини :

–машина виконує свої виробничі функції(нормальний режим роботи);

–машина не виконує свої виробничі функції з какойлибо причини(збій режиму роботи).

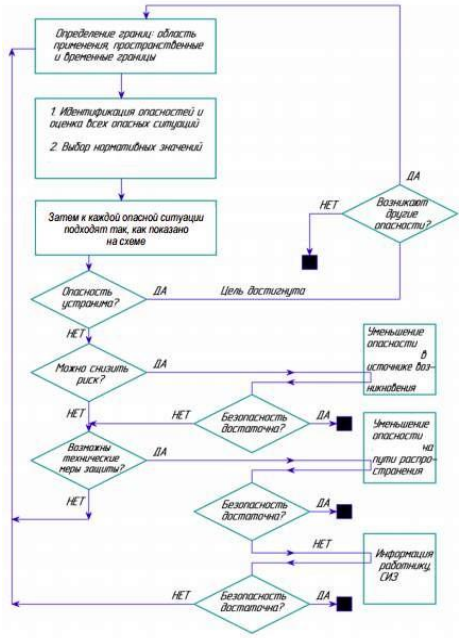


Рисунок 4.1 – Схематичне зображення стратегії вибору заходів безпеки

До причин належать:

– зміна властивостей або розмірів оброблюваного матеріалу або заготівлі;

– вихід з ладу однієї чи кількох складових частин або відсутність їхнього забезпечення;

– зовнішні перешкоди (струси, вібрації, електромагнітні поля);

– конструкторські помилки чи недоліки;

− втрата контролю над машиною оператором (особливо на машинах, що керуються вручну);

в) випадки неправильного використання. Відносно передбачених випадків неправильного використання мають бути враховані наступні моделі поведінки :

– передбачена помилкова поведінка внаслідок звичайної неуважності, але не внаслідок умисного неправильного

використання;

– реакція персоналу у разі помилкової функції, інциденту, простою і т. д. під час використання машини; − поведінка, яку можна визначити як «шлях найменшого опору» при рішенні задачі.

Висновки до розділу 4

У цьому розділі були розглянуті питання що стосуються безпеки життєдіяльності: дії на людину випромінювання, електричного струму, статичної електрики, вимог до освітленості робочої поверхні і мікроклімату.

В ході наукового дослідження нами розглянуті питання по безпеці життєдіяльності на робочому місці. Робота виконується з використанням спеціального монітора і іншого устаткування.

Слід зазначити, що передбачені наступні технічні способи і засоби захисту від поразки електричним струмом (згідно ПБЕ) :

–забезпечення недоступності токоведущих частин, що знаходяться під напругою для випадкового дотику;

–електричне розділення мережі;

–усунення небезпеки поразки при появі напруги на корпусах, кожухах і інших частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малої напруги, використанням подвійної ізоляції, засобів і запобіжних пристосувань, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням.

У цьому розділі також розглянуті питання по техніці безпеки персоналу.

Слід підкреслити, що перед проведенням робіт персонал мають бути проінструктований після техніки безпеки і норм поведінки на робітнику місці.

Приведені способи і методи оздоровлення праці, підвищення безпеки і умов праці.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

В результаті виконання випускної кваліфікаційної роботи було успішно вирішено актуальне науково-практичне завдання щодо проєктування інтелектуальної системи автоматизованого керування житловим середовищем у рамках концепції Internet of Things (IoT). Розроблено комплексну, модульну та автономну систему автоматизації житла, яка повністю базується на використанні сучасних бездротових технологій передачі інформації. Це дозволило уникнути необхідності прокладання додаткових кабельних трас, забезпечило високий рівень гнучкості системи та спростило її інтеграцію в уже існуючі житлові умови.

Апаратна частина створеного комплексу реалізована на основі доступної, проте ефективної мікроконтролерної бази. Як центральний сервер, що класифікує та обробляє команди, використано плату Arduino MEGA 2560, тоді як виконавчі та сенсорні периферійні модулі побудовані на базі компактних плат Arduino Nano. Надійний бездротовий зв'язок між усіма вузлами системи забезпечується завдяки інтеграції Wi-Fi модулів ESP8266. До складу розробленої системи увійшли спеціалізовані вузли, зокрема модуль керування освітленням із датчиками руху та модуль керування електроприладами, оснащений інфрачервоним передавачем і сенсором мікроклімату.

Програмне забезпечення проєкту охоплює два рівні: мікроконтролерну логіку, написану в середовищі Arduino IDE, та клієнтську частину. Для забезпечення зручного людино-машинного інтерфейсу та дистанційного моніторингу в середовищі Embarcadero Delphi XE8 було написано спеціалізоване кросплатформне застосування. Розроблений додаток підтримує роботу на операційних системах Windows, Android та iOS, що надає користувачеві можливість гнучко керувати системою «Розумного будинку» з будь-якого стороннього пристрою.

Окрім безпосередньої технічної реалізації, у роботі було детально опрацьовано питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях,

проаналізовано шкідливі й небезпечні виробничі фактори, а також визначено вимоги до параметрів робочого середовища програміста. Загалом, спроєктована інтелектуальна система характеризується високим потенціалом до подальшої модернізації, рентабельністю та здатністю суттєво підвищити рівень комфорту, енергоефективності й безпеки сучасного житлового простору.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1) Інтернет речей (IoT): теоретичні основи та практичні аспекти / [Карпенко М.В., Романюк О.Н.]: Навчальний посібник. — Вінниця: 2020. — 340 с.

2) Проєктування інтелектуальних систем «Розумний будинок» / [Іванов С.М., Сидоренко В.П., Ткачук О.А.]: Підручник. — Київ: 2021. — 290 с.

3) Building the Internet of Things: Implement New Business Models / [MacGillivray C., Turner M.]: Monograph. — Berlin: 2019. — 315 p.

4) Основи автоматизації житлових приміщень / [Головатий А.В., Ковальчук О.І.]: Навчально-методичний посібник. — Львів: 2018. — 210 с.

5) Smart Home Technologies: Architecture and Applications / [Hassan Q.F., Khan A.R.]: Guidebook. — London: 2022. — 412 p.

6) Архітектура та протоколи мереж Інтернету речей / [Бойко О.В., Шевченко Т.Г.]: Навчальний посібник. — Харків: 2019. — 255 с.

7) Internet of Things: Concepts and System Design / [Pérez Díaz A., Muñoz L.]: Textbook. — Madrid: 2020. — 380 p.

8) Інтелектуальні технології керування житловим середовищем / [Козак В.М., Лисенко О.В.]: Монографія. — Одеса: 2022. — 198 с.

9) IoT Fundamentals: Networking Technologies / [Hanes D., Salgueiro G.]: Reference manual. — Paris: 2018. — 500 p.

10) Концепція «Розумний дім»: від теорії до практики / [Мороз О.І., Павленко В.В.]: Навчальний посібник. — Дніпро: 2021. — 275 с.

11) Мікроконтролери в системах автоматизації / [Кравченко Ю.В., Петренко О.О.]: Підручник. — Київ: 2019. — 320 с.

12) Arduino та ESP8266 у проєктах Інтернету речей / [Тарасов В.М., Григор'єв А.С.]: Практикум. — Харків: 2020. — 245 с.

13) Designing Embedded Systems with Arduino / [Katz J., Smith R.]: Technical guide. — Oxford: 2018. — 360 p.

14) Апаратне забезпечення систем «Розумний будинок» / [Савченко М.П., Левченко О.М.]: Навчальний посібник. — Львів: 2021. — 215 с.

15) Сенсорні мережі та збір даних в IoT / [Даниленко В.І., Мартинюк О.В.]:

Монографія. — Тернопіль: 2019. — 180 с.

16) Wireless Sensor Networks: Technology and Protocols / [Buratti C., Conti A.]: Monograph. — Rome: 2020. — 290 p.

17) Проєктування мікропроцесорних систем управління / [Медведєв М.Г., Добровольський А.Е.]: Навчально-методичний посібник— Київ: 2023—260 с.

18) Practical IoT Hardware Design / [Muller H., Schmidt K.]: Textbook. — Munich: 2021. — 340 p.

19) Використання датчиків у побутовій автоматизації / [Гончарук В.А., Руденко О.С.]: Довідник. — Запоріжжя: 2020. — 150 с.

20) Енергоефективність апаратних рішень IoT / [Романенко І.В., Климчук О.О.]: Навчальний посібник. — Вінниця: 2022. — 220 с.

21) Бездротові технології зв'язку в Інтернеті речей / [Корольков О.В., Захаров В.М.]: Підручник. — Київ: 2020. — 310 с.

22) Wi-Fi та Bluetooth Low Energy у розумних будинках / [Олійник Т.М., Василенко В.В.]: Навчальний посібник. — Харків: 2019. — 195 с.

23) Communication Protocols for IoT / [Fischer E., Weber M.]: Reference book. — Vienna: 2021. — 420 p.

24) Технології передачі даних у сенсорних мережах / [Степаненко О.І., Коваль О.В.]: Монографія. — Одеса: 2018. — 230 с.

25) TCP/IP Protocol Suite in Embedded Systems / [Lundqvist M., Berg J.]: Technical manual. — Stockholm: 2019. — 315 p.

26) Маршрутизація та обмін даними в системах IoT / [Гришко В.М., Лисенко О.А.]: Підручник. — Львів: 2022. — 285 с.

27) ZigBee and Z-Wave Technologies for Smart Homes / [Petersen A., Jensen L.]: Monograph. — Copenhagen: 2020. — 240 p.

28) Інформаційні мережі та телекомунікації / [Смирнов О.А., Бойченко В.І.]: Навчальний посібник. — Дніпро: 2019. — 350 с.

29) Мережеві архітектури для інтелектуальних будівель / [Поліщук М.В., Кравчук О.О.]: Монографія. — Київ: 2021. — 210 с.

30) 5G and IoT Interoperability / [Rossi A., Bianchi M.]: Academic guide. — Milan: 2022. — 370 p.

31) Програмне забезпечення для Інтернету речей / [Тимченко В.В., Савчук О.М.]: Навчальний посібник. — Харків: 2020. — 260 с.

32) Кросплатформне програмування мобільних додатків для IoT / [Ільїн О.В., Марченко В.П.]: Підручник. — Київ: 2021. — 330 с.

33) User Interfaces for Smart Home Environments / [Dupont L., Martin P.]: Design guide. — Paris: 2019. — 280 p.

34) Інформаційна безпека в мережах Інтернет речей / [Гордієнко О.В., Тарасенко М.М.]: Монографія. — Львів: 2022. — 295 с.

35) Cybersecurity in IoT Systems / [Müller T., Wagner H.]: Textbook. — Berlin: 2021. — 410 p.

36) Розробка серверних рішень для автоматизації житла / [Костенко А.А., Рубан І.В.]: Навчальний посібник. — Харків: 2019. — 240 с.

37) Хмарні технології в концепції «Розумний дім» / [Мельник О.В., Бондаренко С.І.]: Підручник. — Одеса: 2020. — 275 с.

38) Охорона праці при роботі з електронними системами / [Гавриш С.А., Гавриш А.С.]: Навчально-методичний посібник. — Київ: 2018. — 210 с.

39) Безпека життєдіяльності в автоматизованих середовищах / [Щербак Г.В., Садовий К.В.]: Підручник. — Дніпро: 2021. — 255 с.

40) IoT Data Management and Analytics / [O'Connor D., Murphy S.]: Monograph. — Dublin: 2020. — 320 p.

41) Галицький А. В. Захист інформації в мережі. Аналіз технологій і синтез рішень / Галицький А. В., Рябко С. Д., Шаньгин В. Ф., 2013. - 456 с.

42) ЛенкДж.Д. Довідник по проектуванню електронних схем. Під ред. В.П. Сигорского. К.: Техніка, - 2014.- 208 с.

43) Підбір компонентів та ціна [URL]: https://best.aliexpress.com/

44) Офіційний сайт Arduino [URL]:https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction

45) Історія розумних будинків та домашньої автоматизації [URL]: http://www.rovdo.com/monsanto-house

46) Малахов В.П, Бровков В.Г., Богатова О.О. Схемотехніка цифрових пристроїв.-Одеса, видавництво ВМВ, 2011.

47) Малахов В.П. Богданова Л.О. Ситніков В.С. Аналогова електроніка - Одеса, видавництво ВМВ, 2011.

48) Малахов В.П., Яковлев Д.П. Проектування мікропроцесорних систем. – Одеса: Астропринт, 2002, - 215 с.

49) Аналогові системи безпеки будинку [URL]: https://prom.ua/p1148873953-intellektualnaya-ohrannaya-gsm.html.

50) Опис мікроконтролеру Arduino Nano [URL]:https://arduinomaster.ua/platy-arduino/plata-arduino-nano/.

51) Опис ESP8266 NodeMcu v3 Lua с Wi-FI [URL]:https://arduinomaster.ua/platy-arduino/esp8266-nodemcu-v3-lua/.

52) Опис Реле [URL]: https://robotchip.ua/obzor-modulya-rele-2-x-kanalny/.

53) Технічні характеристики ESP8266 NodeMcu https://arduino.ua/prod1492-wi-fi-modyl-nodemcu-esp8266.

54) Опис датчику обходу перешкод [URL]: https://uawest.com/opticheskiy-ik-datchik-obhoda-prepyatstviy-arduino.html.

55) Опис модуля температури та вологості [URL]: http://zelectro.cc/TemperatureHumiditySensor.

56) Технічні характеристики датчику диму [URL]: https://arduino.ua/prod298-modyl-datchika-dima-mq-2.