

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва, транспорту та енергетики
Кафедра «Автоматизації виробничих процесів»

«Допущено до захисту»

Зав. кафедри АВП

к.т.н., доцент

_____ Олександр ДІДИК

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему:

**Модернізація та дослідження автоматизованої
системи оптимізації споживання енергії для розумного
будинку**

Виконав здобувач II курсу групи АК-24М
ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»
спеціальності 174 «Автоматизація,
комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

_____ Ігор СЛОБОДЕНЮК

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____ Ірина БЕРЕЗЮК

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

_____ Василь ЗІНЗУРА

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра автоматизації виробничих процесів

Рівень вищої освіти магістр

Галузь знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Дідик О.К.

“ ___ ” _____ 2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Слободенюка Ігора Васильовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація та дослідження автоматизованої системи оптимізації споживання енергії для розумного будинку

2. Керівник роботи Березюк Ірина Анатоліївна, канд. техн. наук, доцент,

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

3. Строк подання студентом роботи до захисту 02.12.2025 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи Метою розробки є дослідження та програмна реалізація мікропроцесорної системи для оптимізації електроспоживання будинку 1. Призначення системи; 2. Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми магістерської роботи; 3. Опис функціонування системи; 4. Реалізація роботи. розрахунки і експериментальні дані, що підтверджують вірність проектних та програмних рішень. впровадження системи в промислову експлуатацію.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>Жесан Р.В.</i>		

АНОТАЦІЯ

на випускню магістерську кваліфікаційну роботу студента групи АК-24М Слободенюка Ігора Васильовича зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» на тему: «Модернізація та дослідження автоматизованої системи оптимізації споживання енергії для розумного будинку».

Магістерська робота присвячена модернізації та дослідженню автоматизованої системи оптимізації споживання енергії в інтегрованому комплексі «розумний будинок». У роботі проаналізовано сучасні технології енергоефективного управління, методи інтелектуального моніторингу та алгоритми адаптивного регулювання електроспоживання. На основі проведеного аналізу розроблено вдосконалену архітектуру системи, що поєднує програмно-апаратні модулі на базі мікроконтролерних засобів, телеметрії, сенсорних мереж та хмарного середовища для централізованого керування.

Основна увага приділена розробці та впровадженню алгоритмів оптимізації споживання енергії з урахуванням динаміки навантаження, режимів використання приміщень, а також зовнішніх факторів — тарифів, часу доби, погодних умов і характеристик альтернативних джерел енергії. Проведено експериментальні дослідження роботи модернізованої системи, оцінено показники енергоефективності, стабільності та економічної доцільності впровадження.

У рамках проєкту створено функціональну, структурну та принципову схеми системи, розроблено програмне забезпечення моніторингу та інтерфейс користувача для візуального керування енергетичними параметрами. Результати роботи підтвердили можливість зменшення споживання електроенергії та підвищення ефективності енергетичних процесів у «розумному будинку» за рахунок інтелектуального регулювання та автоматизації.

Робота має практичне значення, оскільки запропоновані технічні та програмні рішення можуть бути застосовані в побутових, офісних та промислових системах енергоменеджменту з метою підвищення рівня енергоощадності та автономності.

Ключові слова: автоматизація, мікропроцесорна система, вентиляція, керування, модернізація, енергоефективність.

ABSTRACT

on the final master's qualification work of the student of the AK-24M group Slobodenyuk Igor Vasilyevich in the specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics" on the topic: "Modernization and research of an automated energy consumption optimization system for a smart home".

The master's thesis is devoted to the modernization and research of an automated energy consumption optimization system in the integrated complex "smart home".

The work analyzes modern technologies of energy-efficient control, methods of intelligent monitoring and algorithms for adaptive regulation of electricity consumption.

Based on the analysis, an improved system architecture was developed that combines software and hardware modules based on microcontrollers, telemetry, sensor networks and a cloud environment for centralized control.

The main attention is paid to the development and implementation of algorithms for optimizing energy consumption, taking into account the dynamics of the load, the modes of use of premises, as well as external factors - tariffs, time of day, weather conditions and characteristics of alternative energy sources.

Experimental studies of the operation of the modernized system were conducted, energy efficiency, stability and economic feasibility of implementation were assessed.

Within the framework of the project, a functional, structural and principle scheme of the system was created, monitoring software and a user interface for visual control of energy parameters were developed. The results of the work confirmed the possibility of reducing electricity consumption and increasing the efficiency of energy processes in a "smart house" through intelligent regulation and automation.

The work is of practical importance, since the proposed technical and software solutions can be applied in household, office and industrial energy management systems in order to increase the level of energy saving and autonomy.

Keywords: automation, microprocessor system, ventilation, control, modernization, energy efficiency.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Сучасний стан технології та обладнання для автоматизації процесу управління енергоспоживанням	7
1.1 Описи автоматизованої системи управління	7
1.2 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми магістерської роботи.....	12
1.3 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи автоматизації	18
2 Огляд об'єкта управління та створення структурної схеми системи автоматичного керування енергопостачанням	44
2.1 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи	44
2.2 Розгорнута постановка завдання	45
2.3 Опис функціонування системи.....	46
2.4 Розробка структурної схеми	48
2.5 Розробка функціональної схеми.....	50
3 Реалізація роботи. розрахунки і експериментальні дані, що підтверджують правильність проектних рішень	58
3.1 Реалізації автоматизованої системи керування	58
3.2 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи	78
4 Впровадження системи в промислову експлуатацію.....	83

Висновки	85
Список літератури	88
Додаток А	89

ВСТУП

Актуальність даної теми. Будинок, у якому автоматично відчиняються двері, вмикаються побутові прилади, регулюється температура та переміщуються жалюзі, ще недавно здавався елементом фантастичного фільму. Однак такі рішення стали реальністю вже сьогодні. Система «розумний будинок» дозволяє повністю відчувати переваги технічного прогресу та звільняє людину від виконання багатьох рутинних побутових завдань.

Вперше термін «розумний будинок» почали використовувати у 50-х роках ХХ століття. Однією з передумов появи систем, здатних комплексно контролювати стан будинку, стала технологія Java, яку розробники намагалися інтегрувати у побутову техніку, роблячи її більш «інтелектуальною». Уже в той час з'являлися перші вбудовані мікрохвильові печі та кондиціонери, здатні регулювати мікроклімат залежно від погодних умов зовні.

Сучасні можливості системи «розумний будинок» є надзвичайно широкими. Наприклад, у періоди відсутності власників система може імітувати присутність людини, керуючи освітленням та жалюзі, що знижує ризик пограбування. У разі проникнення зловмисників або виникнення іншої позаштатної ситуації система миттєво сповіщає господаря. Крім того, технологія дозволяє задавати сценарії роботи всього інженерного та технічного обладнання.

Так, перед пробудженням користувача система може увімкнути підігрів підлоги, запустити музичний центр, встановити необхідну температуру на кондиціонері, відрегулювати вологість у приміщенні та виконати інші автоматизовані дії.

«Розумний будинок» - це високотехнологічний комплекс, який об'єднує всі інженерні системи житла в єдину мережу та забезпечує їх централізоване керування. Освітлення, опалення, охоронна сигналізація, відеоспостереження та багато інших систем можуть працювати узгоджено й контролюватися одним інтерфейсом.

Система керування освітленням дозволяє створювати світлові сцени або імітувати присутність власника під час його від'їзду. Керування опаленням забезпечує підтримання заданої температури у всьому будинку або в окремих приміщеннях, динамічно змінюючи її згідно із заданими параметрами.

Принципова відмінність «розумного» будинку від традиційного житла з великою кількістю техніки полягає в тому, що всі пристрої інтегровані в єдину систему й працюють під керуванням спеціального програмного забезпечення. У такому будинку опалення, освітлення, водопостачання, охоронні системи та побутові прилади функціонують як єдиний комплекс.

Наприклад, система може автоматично активувати опалення, якщо температура повітря знижується нижче встановленого рівня, або ввімкнути світло на кухні після 16:00. Деякі пристрої, такі як кавоварка, можуть спрацьовувати після отримання сигналу зі смартфона, наприклад, коли господар залишає робоче місце та прямує додому. Якщо температура у приміщенні підвищується, система автоматично вимкне опалення, зберігаючи енергію та кошти.

Ще однією ключовою перевагою «розумного» будинку є можливість дистанційного моніторингу та віддаленого керування. Датчики можуть повідомляти про появу сторонніх осіб, а камери - підтверджувати, чи дійсно має місце проникнення, чи це, наприклад, дитина загубила ключі. Інші сенсори реагують на задимлення або підвищення вологості, автоматично перекриваючи подачу води у разі загрози затоплення.

Отже, враховуючи наведені можливості й тенденції, розробка програмного забезпечення для оптимізації енергоспоживання в межах даної кваліфікаційної бакалаврської роботи є актуальним і важливим завданням.

Метою даної роботи є модернізація та дослідження автоматизованої системи оптимізації споживання електроенергії в розумному будинку шляхом удосконалення її архітектури, розробки адаптивних алгоритмів керування та впровадження програмно-апаратних засобів для підвищення енергоефективності, надійності та автономності енергетичного комплексу.

Для досягнення поставленої мети визначено такі **основні завдання**:

- Провести аналіз існуючих систем електроспоживаття та розподілу, визначити їхні технічні характеристики, недоліки та обмеження.
- Сформуванати технічні вимоги до модернізованої системи управління, враховуючи умови експлуатації та необхідні режими роботи.
- Розробити структурну та функціональну схеми системи управління енергоспоживання, визначити склад обладнання та принципи взаємодії між її елементами.
- Обґрунтувати вибір мікропроцесорних засобів управління, датчиків якості повітря, виконавчих механізмів та елементів захисту.
- Створити принципову електричну схему модернізованої системи;
- Розробити алгоритми управління системою енергоспоживання для різних режимів.
- Реалізувати програмне забезпечення для мікропроцесорного контролера, що забезпечуватиме контроль та керування енергоспоживання.
- Провести моделювання та експериментальне тестування роботи модернізованої системи для оцінки її точності, стабільності та ефективності.
- Порівняти результати роботи модернізованої системи з традиційними схемами управління і визначити переваги запропонованих рішень.

Об'єктом дослідження виступає процес функціонування автоматизованої системи оптимізації споживання електричної енергії у розумному будинку.

Предметом дослідження є принципи побудови, функціональні алгоритми та програмно-апаратні рішення автоматизованої системи оптимізації споживання електроенергії в розумному будинку.

Методи досліджень. У процесі вирішення поставлених завдань використовувалися методи теорії автоматичного управління, аналізу динамічних систем, класичні методи теорії ймовірностей і математичної статистики, кореляційно-регресійного аналізу, а також теорії випадкових функцій.

Наукова новизна отриманих результатів

У процесі виконання завдань, визначених метою дослідження, були отримані такі результати:

- Удосконалено архітектуру автоматизованої системи енергоспоживання, що поєднує сенсорні мережі, мікроконтролерні модулі та хмарні сервіси, що забезпечило підвищення точності контролю та оперативності прийняття керуючих рішень.

- Розроблено адаптивний алгоритм оптимізації споживання енергії, який враховує часові патерни користування приміщеннями, динаміку навантажень, зміну тарифів та зовнішні фактори (погода, освітленість, наявність альтернативних джерел енергії).

- Запропоновано метод інтелектуального прогнозування енергоспоживання, заснований на аналізі реальних вимірювань сенсорної мережі та статистичних моделей, що дозволяє зменшити пікові навантаження та підвищити енергоефективність системи.

- Удосконалено алгоритм керування енергетичними потоками між мережею, акумуляторними системами, інверторами та споживачами, що дозволяє забезпечити пріоритети живлення й автономність у разі перебоїв електропостачання.

- Розроблено програмно-апаратний комплекс хмарного моніторингу, що забезпечує віддалене керування параметрами енергоспоживання, гнучке масштабування системи та інтеграцію з іншими IoT-платформами.

- Запропоновано методіку експериментальної оцінки ефективності оптимізації енергоспоживання, що включає показники стабільності, швидкодії, точності вимірювання та економічної доцільності.

Отже, з урахуванням наведеного можна зробити висновок, що дослідження та реалізація системи оптимізації енергоспоживання є практично значущим завданням, вирішення якого становить зміст даної магістерської роботи.

Основні результати досліджень викладені в одній науковій публікації.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

1.1. Описи автоматизованої системи управління

Призначення системи

У сучасному світі дедалі більшої популярності набувають системи «розумного будинку», які сприяють підвищенню комфорту, безпеки та економічності проживання. Одним із ключових завдань таких систем є оптимізація енергоспоживання, зокрема електроенергії, що має особливе значення в умовах постійного зростання навантаження на енергетичні ресурси. Використовуючи сучасні технології та алгоритми керування, розумний будинок забезпечує ефективне та раціональне використання електроенергії.

Як і багато інших високотехнологічних рішень, концепція «розумного будинку» спочатку з'явилася у фантастичній літературі. Реальне втілення цієї ідеї стало можливим лише у ХХ столітті завдяки широкому впровадженню електропостачання та стрімкому розвитку інформаційних технологій. Першими прикладами дистанційного керування можна вважати експериментальні розробки Ніколи Тесли, який у 1898 році продемонстрував систему бездротового управління транспортними засобами.

Електричні побутові прилади почали активно впроваджуватися в період між 1915 та 1920 роками. Вони одразу продемонстрували значний інтерес суспільства до механізації побутових процесів, однак на той час питання енергоефективності ще залишалось невирішеним. Через високу вартість новітні технології були доступними лише для заможних людей.

Перші концепції, наближені до сучасного розуміння домашньої автоматизації, були представлені на виставках у Чикаго (1934 р.) та Нью-Йорку (1964–1965 рр.), де демонструвалися проекти електрифікованих та автоматизованих приміщень. У 1966 році з'явився один із перших реально

функціональних прототипів - експериментальна система домашньої автоматизації Echo IV, створена інженером компанії Westinghouse Electric Джимом Сазерлендом. Водночас у 1960-х роках ентузіасти будували перші «дротові будинки», хоча їх функціональність була обмеженою через недосконалість тодішніх технологій.

Уперше термін «розумний будинок» був офіційно введений Американською асоціацією будівельників у 1984 році. З появою мікроконтролерів і здешевленням електроніки системи автоматизації почали активно впроваджуватися у житлові будинки. Саме тоді розумний будинок почали розглядати як житло, здатне забезпечувати ефективне використання ресурсів та створювати оптимальні умови для життя.

У 1990-х роках, у період активного розвитку домашньої автоматизації, відбулося злиття комп'ютерних технологій і телесистем, що значно розширило можливості інтелектуальних систем керування. У 1995 році розробники технології Java підкреслили одне з її ключових призначень - «підвищення інтелекту побутових приладів».

Сьогодні користувачі мають можливість формувати систему розумного будинку модульно, обираючи лише ті функції, які необхідні саме їм. Технології стрімко розвиваються: щоденно з'являються нові рішення для автоматизованого керування будинком, а предмети, які колись були лише декоративними, тепер можуть виконувати низку мультимедійних і побутових функцій.

Технології автоматизації типу «розумний будинок», які вже багато років є звичайним явищем за кордоном, стрімко набувають популярності й в Україні, зокрема у Львові. Основним призначенням таких систем є підвищення комфорту проживання, спрощення повсякденних побутових процесів, економія часу та зменшення витрат на енергію.

Умовно система «розумного будинку» складається з кількох незалежних підсистем: безпеки, освітлення, multiroom та клімат-контролю.

Підсистема безпеки

Підсистема безпеки включає сигналізацію, протипожежні датчики та сенсори, які реагують на несправності комунікаційних мереж. Коли власник відсутній, система автоматично активує охорону та пожежний захист. У разі виникнення небезпечної ситуації - вторгнення, загоряння, витоку газу чи води - система негайно надсилає сповіщення на мобільний телефон, планшет або комп'ютер користувача.

Підсистема освітлення

Система освітлення керує всіма світловими приладами будинку. За потреби вона вимикає непотрібні джерела світла, автоматично регулює рівень освітленості залежно від часу доби та пори року, а також вмикає освітлення у момент появи користувача в домі. Для підвищення безпеки система може імітувати присутність власника, періодично вмикаючи та вимикаючи світло під час його відсутності.

Підсистема Multiroom

Multiroom відповідає за розподіл аудіо- та відеосигналів у всьому будинку. Система дає змогу керувати технікою, відтворювати звук на різних пристроях, синхронізувати відеосигнали, а також створювати комфортні умови для перегляду фільмів або прослуховування музики. У разі інтеграції з системою безпеки multiroom дозволяє переглядати записи з камер на будь-якому пристрої, підключеному до мережі. Це дає змогу власнику контролювати ситуацію в домі навіть перебуваючи далеко від нього.

Підсистема клімат-контролю

Клімат-контроль управляє системами опалення, кондиціонування, очищення та зволоження повітря. Вибравши відповідний режим, користувач може налаштувати автоматичний обігрів приміщення перед своїм приходом, періодичне очищення й зволоження повітря. Перевагою системи є здатність економити енергоресурси - вона самостійно налаштовує температуру, вимикає обладнання в разі перегріву та реагує на зміни погоди.

Додаткові можливості

Окрім основних підсистем, «розумний будинок» підтримує широкий спектр додаткових функцій. Це може бути:

- обмеження доступу дітей до небезпечних зон,
- автоматизований полив рослин,
- цілодобове внутрішнє та зовнішнє відеоспостереження,
- налаштування побутової техніки під конкретні сценарії,
- автоматичне сповіщення про аварійні ситуації.
- Приклад упровадження: система Марка Цукерберга «Джарвіс»

Наприкінці 2016 року Марк Цукерберг представив власну систему інтелектуалізації будинку - «Джарвіс». Вона поєднує стандартні функції «розумного будинку» з інноваційними алгоритмами. «Джарвіс» розрізняє голоси господарів, відстежує переміщення дитини в будинку, готує тости, керує аудіо- й відеотехнікою, освітленням, шторами та навіть вибирає одяг. Керування можливе голосом або текстовими командами у месенджері. У систему інтегровано алгоритм розпізнавання облич на основі технологій Facebook.

У 2003 році в Україні вперше оголосили про будівництво інтелектуального житлового комплексу. Ініціатором виступила компанія «ТММ», яка реалізувала проєкт за адресою: вул. Звіринецька, 59. У житловому комплексі «Тріумф» упровадили сучасні на той час системи автоматизації будівлі: телекомунікаційну оптику, систему захисту від затоплення та вдосконалену пожежну безпеку. Інвесторам також пропонували за додаткову плату встановити в квартирах повний комплект системи «розумний дім», що включав дистанційне керування освітленням, побутовими приладами та клімат-контролем. Будівництво об'єкта преміум-класу завершили у другому кварталі 2008 року.

У 2015 році представили перший серійний енергоефективний будинок OptimaHouse, споруджений у Київській області. У ньому реалізували сучасні рішення домашньої автоматизації з використанням екологічних матеріалів. Протягом наступних років українські забудовники все активніше інтегрували

елементи систем «розумний будинок» та «розумна будівля» у багатоквартирні житлові комплекси. До 2017 року, під впливом зростаючого попиту, сформувався базовий стандарт комплектації автоматизованих систем.

У 2017 році до переліку інтегрованих рішень додали нові функції: клімат-контроль, імітацію присутності, систему multiroom та інші елементи. Автоматизація підвищує енергоефективність будівель, спрощує їх експлуатацію та значно підвищує комфорт мешканців.

Базова комплектація системи «розумний дім» зазвичай включає:

- систему пожежної безпеки;
- систему захисту від затоплення;
- охоронну систему;
- елементи енергозбереження.

У більшості випадків базова автоматизація закладається у вартість житла. Деякі забудовники встановлюють лише основні комунікації для можливості монтажу повного комплексу «розумного дому» в кожній квартирі, залишаючи інтеграцію повного функціонального набору опцією за індивідуальним замовленням.

Типи автоматизації житла:

Автоматизація новобудов, у яких відповідні мережі та інфраструктура закладені ще на етапі будівництва.

Автоматизація існуючих будівель, які спочатку не були технічно підготовлені для встановлення систем розумного дому.

У низці сучасних українських житлових комплексів - таких як ЖК «Tetris Hall», КД «Art Hall», ЖК «Skyline», ЖК «Zverinetskiy», ЖК «Busov Hill», ЖК «Obolon Residence», ЖК «Триумф», ЖК «Park Stone», ЖК «Edelweiss» - уже впроваджені автоматизовані системи опалення. З 2017 року забудовник «Укрбуд» розпочав інтеграцію української системи «розумний дім» від компанії «Clap».

Щоб додатково зменшити витрати на опалення, у будівлях встановлюють центральні системи вентиляції з рекуператорами. Такі рішення забезпечують

провітрювання без необхідності відкривати вікна, зменшуючи тепловтрати та витрати на обігрів. Також енергоефективності сприяє встановлення радіаторів з терморегуляторами та індивідуальних лічильників тепла в квартирах.

У місцях загального користування впроваджуються датчики руху: освітлення у коридорах і на сходових клітках вмикається лише тоді, коли там перебувають люди, що дозволяє суттєво зменшити споживання електроенергії.

У проєкті передбачено комплексний підхід до забезпечення безпеки майбутніх мешканців. Камери відеоспостереження будуть встановлені на поверхах, сходових клітках, при входах, на даху стилобату, по периметру будівлі та в зоні паркінгу. Це дозволить персоналу здійснювати цілодобовий моніторинг ситуації в житловому комплексі.

Доступ до будівлі, ліфтів та зон загального користування контролюватиметься за допомогою електронної карткової системи. Частина приміщень буде відкрита для мешканців і працівників комплексу, а інші зони - виключно для власників квартир.

У кожній квартирі планують встановити систему захисту від затоплення. Передбачається монтаж датчиків у місцях, де існує ризик появи води. У разі потрапляння рідини на датчик система автоматично перекриє водопостачання квартири та надішле власнику повідомлення про аварійну ситуацію. Такий підхід дасть змогу запобігти затопленню сусідів та уникнути витрат на ремонт житла після можливих пошкоджень.

1.2. Огляд існуючих систем, технологій, архітектур, програмних рішень за профілем теми магістерської роботи

Системи розумного будинку знаходять застосування у широкому спектрі сфер - житловій, комерційній та промисловій нерухомості. Найпоширенішою залишається побутова сфера, де такі системи встановлюються у приватних будинках, квартирах, а також у помешканнях, призначених для людей похилого

віку, дітей та осіб з обмеженими можливостями. У таких умовах розумний будинок сприяє підвищенню комфорту, безпеки та автономності користувачів.

У комерційних об'єктах - офісах, готелях, ресторанах, торгових центрах - системи розумного будинку забезпечують комфорт клієнтів і персоналу, підвищують рівень безпеки та дозволяють значно скоротити витрати на електроенергію й інші ресурси за рахунок автоматизованого керування системами освітлення, кондиціонування та інженерними мережами.

У промислових умовах інтелектуальні системи використовуються для автоматизації виробничих процесів, керування вентиляцією та опаленням, а також для забезпечення безпеки працівників. Завдяки цьому вдається знизити експлуатаційні витрати та оптимізувати технологічні процеси.

Отже, системи розумного будинку можуть бути інтегровані у різні сфери діяльності, сприяючи підвищенню комфорту та безпеки, зменшенню енергоспоживання та покращенню умов праці й проживання.

У контексті цієї кваліфікаційної роботи головною метою є розробка автоматизованої системи керування розумним будинком із впровадженням механізмів оптимізації енергоспоживання.

У роботі буде розглянуто особливості оптимізації витрат електроенергії в системах розумного будинку. Проаналізовано принципи функціонування таких систем, здійснено порівняння рівня електроспоживання у звичайному житлі та у «розумному будинку», досліджено функціональні можливості, що дозволяють зменшувати споживання енергії. Також буде розглянуто переваги та недоліки використання систем розумного будинку.

Розумний дім - це високотехнологічне житло, у якому застосовуються різноманітні системи автоматизації та інтелектуального керування для підвищення комфорту, безпеки та енергоефективності. Конкретний набір рішень у такому будинку визначається потребами та вподобаннями його власника. Нижче наведено найпоширеніші технології, які використовуються в сучасних системах «розумного дому».

Системи автоматизації освітлення та опалення

У розумному домі може бути реалізована система, що автоматично регулює температуру та рівень освітлення залежно від часу доби, дня тижня, погодних умов чи індивідуальних сценаріїв користувача. Завдяки такій автоматизації зменшується споживання енергії, що приводить до суттєвої економії на комунальних послугах.

Системи безпеки

До складу системи безпеки можуть входити камери відеоспостереження, датчики диму, чадного газу, протікання води, а також сенсори відчинення дверей і вікон. Усі ці елементи дозволяють власнику контролювати стан будинку в режимі реального часу та своєчасно реагувати на потенційно небезпечні ситуації.

Голосові асистенти

У межах розумного дому часто використовуються голосові асистенти, які дають змогу виконувати команди без фізичної взаємодії з пристроями. За допомогою голосу можна вмикати освітлення, регулювати температуру, відтворювати музику, керувати технікою та виконувати інші повсякденні дії.

Системи керування мультимедіа

Розумний будинок може бути обладнаний системою централізованого керування аудіо- та відеотехнікою. Це дозволяє налаштовувати відтворення музики чи відео на різних пристроях - телевізорах, аудіосистемах, комп'ютерах тощо - з єдиного інтерфейсу.

Основними окремими блоками керування розумним домом є:

Освітлення

Під час проектування будинку значна увага приділяється правильній організації освітлення. Освітлення має бути спроектоване таким чином, щоб для різних настроїв і життєвих ситуацій можна було створювати індивідуальні світлові сценарії. Однак традиційне рішення є досить складним: у приміщенні доводиться встановлювати кілька груп освітлення - іноді до 10 і більше - кожна з

яких керується окремим вимикачем. У результаті налаштування потрібної атмосфери перетворюється на постійне перемикання різних клавіш.

Із впровадженням системи «Розумний дім» процес суттєво спрощується. Достатньо одного натискання кнопки на панелі керування, щоб активувати певний світловий сценарій. Варіантів таких сценаріїв може бути безліч - від «Романтичної вечері» та «Домашнього кінотеатру» до «Вечірки» чи «Нічного освітлення».

Окремим напрямом є ландшафтне освітлення. Завдяки автоматизації можна створити особливу атмосферу на подвір'ї або в саду: підсвітити дерева, клумби, садові доріжки, басейн, а також архітектурні елементи будинку. Розумний дім дає змогу реалізувати майже будь-які дизайнерські задумки.

Безпека

Система «Розумний дім» також забезпечує комплексний захист житла - як від зовнішнього проникнення, так і від внутрішніх аварійних ситуацій.

До всіх дверей і вікон підключаються датчики відкривання, у приміщеннях встановлюються датчики руху та відеокамери. За потреби власник може в режимі реального часу спостерігати за тим, що відбувається в будинку, перебуваючи будь-де у світі. Це важливо як для захисту від сторонніх осіб, так і для контролю ситуації, якщо діти залишаються вдома з нянею.

Окреме значення мають датчики витоку газу та протікання води. У разі спрацювання вони автоматично перекривають відповідні клапани, завдяки чому будинок залишається захищеним від аварій та можливих пошкоджень.

Відеоспостереження

Встановлення камер відеоспостереження дає змогу постійно контролювати ситуацію у вашому будинку. При цьому камери виконують не лише охоронну функцію - вони дозволяють спостерігати за роботою доглядальниці, няні чи іншого персоналу, який перебуває з вашими близькими.

Приклад ефективної взаємодії системи відеоспостереження з домофоном: перебуваючи поза домом, ви можете побачити людину, яка дзвонить у домофон, і за потреби дистанційно відчинити їй двері.

Мікроклімат

Система розумного дому забезпечує комфортну температуру та оптимальний рівень вологості в приміщеннях. За необхідності вмикається провітрювання, а в нічний час автоматично знижується температура в спальні для покращення якості сну.

Вранці система може активувати підігрів підлоги у спальні та ванній кімнаті, забезпечуючи максимально комфортний початок дня.

Коли мешканці залишають будинок, система переводить опалення в енергоощадний режим і підтримує економне споживання ресурсів до моменту їх повернення.

Мультирум

Система мультирум дозволяє відтворювати музику в будь-якій кімнаті без встановлення окремої аудіосистеми в кожному приміщенні. При цьому у різних кімнатах може звучати різна музика. Керування здійснюється через смартфон або планшет.

Мультирум може працювати у зв'язці з іншими системами будинку: на її динаміки можна вивести звук домофона або системних сповіщень. Наприклад, якщо відчиняються гаражні ворота, система може повідомити вас про прибуття гостя або члена родини.

Догляд за садом

Система розумного будинку може повністю автоматизувати догляд за садом. Вона контролює рівень вологості ґрунту і запускає полив тоді, коли це необхідно, запобігаючи пересиханню рослин. Для кожної зони ділянки можуть бути налаштовані індивідуальні режими поливу. Якщо певні рослини потребують поливу за строгим графіком - система також може виконувати такі сценарії. Таким чином, догляд за садом може бути повністю автономним і не вимагати участі користувача.

Необхідність якісного електроживлення

Усі ці інтелектуальні системи неможливо використовувати без стабільного та якісного електроживлення. Щоб зрозуміти, що мається на увазі під «електроенергією належної якості», розглянемо приклад.

У багатьох інструкціях до побутової техніки, наприклад до телевізорів SONY BRAVIA Full HD 1080, зазначається робочий діапазон напруги 230 В ($\pm 10\%$). Це означає, що пристрій гарантовано працює лише за умови, що напруга в домашній мережі знаходиться між 207 і 253 В. Якщо напруга виходить за ці межі, виробник не несе відповідальності за можливі несправності обладнання.

У багатьох домівках, особливо у сільській місцевості, напруга 190 В вважається нормою, що значно нижче допустимого рівня. У таких умовах використання складної електроніки та встановлення системи «Розумний будинок» без стабілізатора напруги є практично неможливим. Стабілізатор забезпечує нормалізацію напруги і гарантує коректну роботу всіх електронних приладів - як у міській квартирі, так і в приватному будинку.

Аварійне електропостачання

Ще одним важливим аспектом є забезпечення резервного живлення. Система розумного будинку не може функціонувати повноцінно під час вимкнення електроенергії. Тому доцільно встановити аварійну електростанцію або іншу систему резервного живлення.

Сучасним рішенням є використання акумуляторних енергосховищ. Вони дають змогу продовжити роботу системи навіть при повному відключенні основного живлення.

Завдяки швидкому розвитку технологій усе більшої популярності набувають сонячні електростанції. Вони виробляють електроенергію з енергії сонця, яка через контролер заряду потрапляє до акумуляторів. Після накопичення електроенергія перетворюється інверторами на стабільну напругу, що подається в домашню мережу через двонапрявний лічильник електроенергії.

1.3 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи автоматизації.

Автоматизація технологічних процесів та ефективне керування різними агрегатами, машинами й механізмами потребують великої кількості вимірювань різноманітних фізичних величин. Датчики (у літературі їх також називають вимірювальними перетворювачами або сенсорами) є ключовими елементами систем автоматизації, оскільки саме через них отримується інформація про стан та параметри контрольованих процесів і пристроїв.

Датчик - це компонент вимірювального, сигнального, регулюючого або керуючого обладнання, який перетворює контрольовану фізичну величину (температуру, тиск, силу струму, напругу, частоту, освітленість тощо) у сигнал, придатний для подальшого вимірювання, передавання, зберігання, обробки, реєстрації та, за потреби, впливу на керовані процеси.

Іншими словами, датчик - це пристрій, що переводить будь-який зовнішній фізичний вплив у зручний для використання електричний або інший сигнал.

Типи датчиків та їх класифікація

Використання датчиків надзвичайно різноманітне, а самі сенсори можуть бути класифіковані за кількома ознаками.

Класифікація за типом вимірюваної (вхідної) величини

Залежно від фізичної величини, яку необхідно виміряти, розрізняють такі типи датчиків:

- датчики механічних переміщень (лінійних і кутових);
- пневматичні датчики;
- електричні датчики;
- витратоміри;
- датчики швидкості та прискорення;
- датчики напруги;
- температурні датчики;

- датчики тиску та інші.

За статистичними даними, у промисловості приблизний розподіл вимірюваних фізичних величин виглядає так: температура - 50%, витрата - 15%, тиск - 10%, рівень - 5%, кількість (маса або об'єм) - 5%, час - 4%, електричні та магнітні величини - менше 4%.

Класифікація за типом вихідної величини

Залежно від того, у який сигнал перетворюється вхідна величина, датчики поділяють на:

- неелектричні датчики;
- електричні датчики, серед яких:
 - датчики постійного струму (ЕДС або напруга),
 - датчики амплітуди змінного струму,
 - датчики частоти змінного струму,
 - датчики опору (активного, індуктивного або ємнісного) та інші.

Переважає більшість сучасних датчиків є електричними, що пояснюється важливими перевагами електричних вимірювань:

- електричні величини легко та швидко передавати на значні відстані;
- електричні величини є універсальними, оскільки більшість фізичних величин можна перетворити в електричні сигнали й навпаки;
- електричні датчики, які формують цифровий код, забезпечують високу точність, чутливість і швидкість вимірювань.

Класифікація за принципом дії

За принципом роботи датчики поділяють на два основні класи:

1. Генераторні датчики - безпосередньо перетворюють вимірювану величину в електричний сигнал.
2. Параметричні датчики (датчики-модулятори) - змінюють один із параметрів електричного кола (R , L або C) під впливом вхідної величини.

Крім цього, існує класифікація за фізичним принципом дії:

- омічні (резистивні) датчики;
- реостатні датчики;

- фотоелектричні (оптико-електронні);
- індуктивні;
- ємнісні та інші.

Класифікація за типом вихідного сигналу

Датчики також поділяють на три класи:

- аналогові датчики - формують безперервний сигнал, значення якого пропорційне зміні вхідної величини;
- цифрові датчики - генерують послідовність імпульсів або цифрове слово;
- бінарні (двійкові) датчики - працюють у режимі «увімкнено/вимкнено» (0 або 1); завдяки простоті мають широке застосування.

Вимоги до датчиків

До сучасних датчиків висувається низка вимог, серед яких:

- однозначна залежність вихідного сигналу від вимірюваної величини;
- стабільність характеристик у часі;
- висока чутливість;
- малі габарити та невелика маса;
- відсутність зворотного впливу на контрольований об'єкт і вимірюваний параметр;
- працездатність у широкому діапазоні умов експлуатації;
- можливість різних варіантів монтажу.

Кожний датчик складається з чутливого елемента та перетворювальної частини. Основними технічними характеристиками електронних датчиків є чутливість та похибка.

Датчики широко застосовуються у наукових дослідженнях, випробуваннях, контролі якості, телеметрії, системах автоматизованого керування та інших галузях, де необхідне отримання точних вимірювальних даних.

Роль датчиків у технічних системах

Датчики є ключовими елементами технічних систем, призначених для вимірювання, сигналізації, регулювання та керування пристроями чи технологічними процесами.

Вони перетворюють фізичні параметри (тиск, температуру, витрату, концентрацію, швидкість, частоту, переміщення, напруження, електричний струм тощо) у сигнали електричної, оптичної чи пневматичної природи, зручні для подальшого вимірювання, передавання, обробки та зберігання.

Історично датчики тісно пов'язані з вимірювальними приладами, такими як термометри, витратоміри, барометри чи авіаційні індикатори (наприклад, авіагоризонт). Поняття «датчик» набуло широкого поширення з розвитком систем автоматизованого керування, сформувавши логічну структуру: датчик → пристрій керування → виконавчий механізм → об'єкт керування.

Датчики відіграють ключову роль у системах автоматичної реєстрації параметрів, що активно використовуються у наукових дослідженнях та експериментальних установках.

Поняття сенсора та функціональна структура датчика

У технічній літературі часто можна зустріти визначення датчика як «чутливого елемента або приймача», який перетворює параметри середовища в придатний для технічного використання сигнал. Найчастіше це електричний сигнал, хоча він може бути й іншої природи (оптичної, пневматичної тощо).

У розширеному трактуванні датчик є завершеним пристроєм, який може містити:

- підсилювачі сигналу,
- схеми лінеаризації,
- вузли калібрування,
- аналого-цифрові перетворювачі,
- інтерфейсні модулі для інтеграції в системи керування.

У цьому випадку власне чутливий елемент може називатися сенсором.

Застосування датчиків

Датчики сьогодні є невід'ємною частиною переважної більшості технічних пристроїв та систем. Їх активно використовують у таких галузях, як:

- видобування та переробка корисних копалин,
- промислове виробництво,
- транспорт і логістика,
- телекомунікації,
- будівництво,
- сільське господарство,
- охорона здоров'я,
- наукові дослідження та експерименти,
- комунальна сфера та інші.

Завдяки високій універсальності й точності датчики стали одним із найважливіших елементів сучасних автоматизованих систем.

У зв'язку зі здешевленням електронних компонентів у сучасних системах дедалі частіше застосовуються датчики зі складними алгоритмами обробки сигналів, можливістю налаштування робочих параметрів та наявністю стандартних інтерфейсів для інтеграції в системи керування. Спостерігається тенденція до розширення самого поняття «датчик» - цей термін почали застосовувати як до приладів, що з'явилися ще до широкого впровадження сенсорних систем, так і за аналогією до об'єктів іншої природи, наприклад біологічних сенсорів.

Датчики за своїм функціональним призначенням та конструкцією близькі до вимірювальних інструментів або приладів. Однак якщо вимірювальні прилади подають інформацію у формі, безпосередньо зрозумілій людині (цифровий дисплей, шкала, світлові чи звукові індикатори), то показники датчика потребують додаткового перетворення в зручну для сприйняття форму. У багатьох випадках датчики є складовою частиною вимірювального приладу: вони здійснюють первинне вимірювання фізичної величини, а вже потім сигнал

обробляється, масштабується або перетворюється для відображення на індикаторі.

В автоматизованих системах керування датчики виконують роль ініціюючих пристроїв - саме вони запускають роботу обладнання, виконавчої арматури або програмних модулів. Зібрана сенсорами інформація зазвичай записується на накопичувачі для подальшого контролю, аналізу, статистичної обробки або відображення на дисплеях та друкувальних пристроях.

У сфері робототехніки датчики мають ключове значення, виступаючи своєрідними «рецепторами» роботів. За їх допомогою роботизовані системи отримують інформацію про навколишнє середовище та стан власних механізмів, що дозволяє їм приймати рішення та виконувати цілеспрямовані дії.

У побуті датчики стали невід'ємною складовою сучасної техніки. Вони використовуються в термостатах, вимикачах, електронних термометрах, барометрах, смартфонах, посудомийних машинах, кухонних плитах, тостерах, прасках та інших приладах, забезпечуючи їхню функціональність та безпеку використання.

Класифікація датчиків

Датчики можна класифікувати за різними ознаками залежно від принципу їх роботи, виду вимірюваної величини, способу передавання сигналу, технології виготовлення тощо.

1. За методом вимірювання

- Активні (генераторні) - самостійно генерують електричний сигнал під впливом вимірюваної фізичної величини.

- Пасивні (параметричні) - змінюють один із параметрів електричного кола (R, L, C) під впливом вхідної величини.

2. За вимірюваним параметром:

- датчики тиску;
- датчики розрідження;
- витратоміри (датчики витрати);
- датчики рівня;

- ємнісні датчики;
- ультразвукові датчики;
- датчики температури;
- термопари;
- датчики теплового потоку;
- датчики концентрації;
- датчики переміщення;
- датчики положення;
- безконтактні датчики;
- фотодатчики;
- фотодіоди;
- датчики кутового положення;
- датчики вібрації;
- акселерометри (датчики віброприскорення);
- датчики вологості.

3. За принципом дії:

- волоконно-оптичні датчики;
- оптичні (фотоелектричні) датчики;
- магнітоелектричні датчики (на основі ефекту Холла);
- п'єзоелектричні датчики;
- ємнісні датчики;
- індуктивні датчики.

4. За середовищем передавання сигналу:

- Провідні - сигнал передається по кабелю.
- Бездротові - передавання здійснюється через радіоканал, Wi-Fi,

Bluetooth тощо.

5. За кількістю вимірюваних величин:

- Одномірні - вимірюють один параметр.
- Багатовимірні - здатні одночасно вимірювати кілька

взаємопов'язаних параметрів.

6. За технологією виготовлення:

- Елементні - виконані з окремих компонентів.
- Інтегральні - реалізовані у вигляді мікросхем або сенсорних модулів

із високим ступенем інтеграції.

Інтерфейси з'єднання та зчитування даних із датчиків

Для різних типів датчиків використовуються різні інтерфейси підключення. Аналогові датчики переважно застосовують у системах, де не потрібна цифрова обробка сигналу. Їх підключення є стандартним: вихід датчика подається на аналогові входи (ADC) мікроконтролера, який перетворює аналоговий сигнал у цифровий.

Для підключення цифрових та бінарних датчиків використовують спеціальні цифрові інтерфейси. Найпоширенішими є I²C, SPI, UART, 1-Wire, проте одним із найпопулярніших для мікроконтролерів залишається I²C.

Інтерфейс I²C

Інтерфейс I²C (Inter-Integrated Circuit) - це послідовна синхронна шина зв'язку, розроблена компанією Philips на початку 1980-х років як простий спосіб об'єднання інтегральних схем усередині пристроїв. Сьогодні він широко застосовується для підключення низькошвидкісних периферійних модулів у вбудованих системах, мобільних пристроях, мікроконтролерах та материнських платах.

Фізична організація

I²C використовує дві двонапрямлені лінії, підтягнуті резисторами до напруги живлення:

- SDA (Serial Data) - лінія даних
- SCL (Serial Clock) - лінія тактування

Лінії працюють через відкритий колектор (open-collector) або відкритий стік (open-drain), що дозволяє підключати до шини багато пристроїв. Типові робочі напруги: 3,3 В або 5 В, але можливі й інші.

Адресація

Стандартна адресація використовує 7-бітові адреси, з яких 16 зарезервовано. Таким чином, доступно 112 унікальних адрес для підключення периферійних пристроїв на одну шину.

Після розширення стандарту у 1992 році було введено підтримку:

- 10-бітної адресації - до 1008 пристроїв на шині
- підвищених швидкостей передавання даних

Максимальна кількість реальних пристроїв обмежується ємністю шини - до 400 пФ.

Версія стандарту 2.0 (1998 р.) ввела високошвидкісний режим 3,4 Мбіт/с, а версія 2.1 (2001 р.) лише уточнила дрібні технічні параметри.

Послідовний периферійний інтерфейс SPI

SPI (Serial Peripheral Interface) - це високошвидкісний послідовний інтерфейс, призначений для обміну даними між мікроконтролером та периферійними пристроями. SPI широко застосовується у вбудованих системах завдяки простоті реалізації та високій пропускну здатності. До пристроїв, що працюють через SPI, належать дисплеї, датчики, зовнішня FLASH-пам'ять, модулі EEPROM, SD-карти та інші елементи.

Особливістю інтерфейсу SPI є наявність одного провідного пристрою (Master) та одного або кількох ведених пристроїв (Slave). Ініціатором будь-якої передачі даних завжди виступає головний контролер - Master.

Лінії зв'язку SPI

Інтерфейс SPI використовує чотири основні сигнальні лінії:

- MOSI / SI (Master Out – Slave In) Лінія, по якій головний пристрій передає дані веденому.
- MISO / SO (Master In – Slave Out) Канал для передавання інформації від Slave до Master.
- SCLK / SCK (Serial Clock) Тактовий сигнал, який формує Master та диктує ритм передавання даних.

- CS / SS (Chip Select / Slave Select) Сигнал вибору веденого пристрою. Активний рівень зазвичай низький (LOW), тобто для початку обміну Master встановлює CS у логічний 0.

Апаратна реалізація SPI

У більшості мікроконтролерів SPI реалізований апаратно - у вигляді внутрішнього модуля. Однак особливості роботи залежать від конкретного МК. Наприклад:

У ATmega328P (використовується в Arduino Uno) програміст повинен самостійно формувати сигнал SS (CS):

- опустити його в LOW для початку обміну;
- підняти у HIGH після завершення передачі.

Передавання даних від Master відбувається через 8-бітний зсувний регістр (Shift Register):

1. У регістр Master записується байт, який необхідно передати.
2. Мікроконтролер автоматично починає генерувати імпульси синхросигналу на лінії SCK.
3. З кожним тактом відбувається одночасний зсув і передавання бітів:
 - Master → Slave по MOSI
 - Slave → Master по MISO (одночасний прийом)

Таким чином, SPI забезпечує повнодуплексну передачу даних.

Переваги SPI

- дуже висока швидкість обміну (до десятків МГц);
- простий протокол без складних адресних структур;
- можливість одночасної передачі й прийому (full-duplex);
- підтримка великої кількості ведених пристроїв через окремі лінії CS.

Мікроконтролери та їх типи

Мікроконтролер (англ. microcontroller) — це однокристальна мікроЕОМ, виконана у вигляді інтегральної мікросхеми, що поєднує в собі мікропроцесорне ядро, енергонезалежну пам'ять для зберігання програм, оперативну пам'ять для

даних, порти введення-виведення, а також спеціалізовані периферійні модулі (лічильники, компаратори, АЦП, таймери тощо).

Фактично, мікроконтролер є повноцінним «комп'ютером на одному кристалі», здатним виконувати цілеспрямовані завдання та керувати різноманітними електронними пристроями. Використання однієї мікросхеми дозволяє мінімізувати габарити, енергоспоживання та вартість кінцевих виробів.

Застосування мікроконтролерів

Сьогодні мікроконтролери широко використовуються в побутовій, промисловій, транспортній та інформаційно-комунікаційній техніці. Вони керують побутовими приладами (пральними машинами, телефонами, кухонною технікою), забезпечують роботу двигунів і гальмівних систем автомобілів, беруть участь у формуванні та зборі даних у вимірювальних комплексах, телеметрії та системах автоматизованого управління. Більше половини всіх процесорів, що виробляються у світі, належать саме до класу мікроконтролерів.

Історичний розвиток

Перший мікроконтролер був створений у 1971 році інженером Гері В. Буном (Texas Instruments). У 1980 році компанія Intel випустила модель i8048, а невдовзі — легендарний i8051, який завдяки вдало підібраним периферійним модулям, можливості роботи з внутрішньою та зовнішньою пам'яттю та прийнятній вартості став надзвичайно популярним.

Для свого часу i8051 був технічно складним виробом — у його кристалі містилося 128 тисяч транзисторів, що у чотири рази перевищувало кількість у 16-розрядному процесорі Intel i8086.

Нині існує понад 200 модифікацій мікроконтролера 8051, які випускаються різними виробниками, а також десятки інших сімейств МК. Значною популярністю користуються 8-бітові мікроконтролери PIC (Microchip Technology) та AVR (Atmel/Microchip).

Різноманітність типів мікроконтролерів

Під час проектування мікроконтролерів виробники повинні знайти баланс між:

- вартістю;
- габаритами;
- енергоспоживанням⁴
- продуктивністю;
- гнучкістю архітектури.

Це призводить до того, що сьогодні існує велика кількість типів мікроконтролерів, які відрізняються:

- архітектурою ядра;
- розміром і типом вбудованої пам'яті;
- кількістю та видами периферійних модулів;
- напругою та частотою роботи;
- типом корпусу.

Попри те, що у сфері загального призначення 8-бітові процесори поступилися місцем більш продуктивним рішенням, 8-бітові мікроконтролери і сьогодні широко застосовуються через низьку вартість та достатню ефективність у простих задачах.

У той же час існують і більш потужні варіанти, наприклад цифрові сигнальні процесори (DSP) та 32-бітові ядра ARM Cortex.

Енергоспоживання та режими роботи

Прагнення зменшити вартість і енергоспоживання стримує збільшення тактових частот. Тому виробники пропонують модифікації під різні режими:

- робота на високих частотах;
- робота на зниженій напрузі;
- режими зупинки (sleep) та глибокого сну (deep sleep);
- відключення частини периферії для економії енергії.

У багатьох моделях використовується статична пам'ять, яка дозволяє зберігати дані навіть при повній зупинці тактового генератора.

Пам'ять мікроконтролерів

Мікроконтролер може містити:

- ОЗП (RAM) - для тимчасових даних;

- ПЗП (ROM, EEPROM, Flash) - для зберігання програми;
- без зовнішньої шини пам'яті - у дешевших моделях;
- підтримку перезаписуваної пам'яті - у сучасних МК.

У масовому виробництві інколи використовують МК з одноразово запрограмованою пам'яттю, де прошивка не передбачає оновлення. В інших випадках застосовуються Flash-контролери, що дозволяють оновлювати програму багаторазово.

Архітектура

На відміну від процесорів загального призначення, у мікроконтролерах часто застосовується гарвардська архітектура, у якій програма та дані зберігаються в окремих просторах пам'яті. Це підвищує швидкість роботи та оптимізує виконання команд.

Периферійні модулі мікроконтролерів

До складу сучасних мікроконтролерів може входити широкий спектр периферійних пристроїв, що розширюють їхні функціональні можливості. Серед найпоширеніших модулів можна виділити такі:

- інтерфейси введення-виведення даних: UART, I²C, SPI, CAN, USB та інші;
- аналого-цифрові перетворювачі (АЦП) та цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП);
- компаратори для порівняння аналогових сигналів;
- широтно-імпульсні модулі (ШИМ / PWM) для керування двигунами, виконавчими механізмами, світлодіодами тощо;
- таймери і лічильники, що забезпечують точне вимірювання часових інтервалів і генерацію імпульсів.

Наявність або відсутність конкретного набору периферійних модулів визначається класом мікроконтролера, його архітектурою та призначенням.

Програмування мікроконтролерів

Мікроконтролери програмують у спеціальному середовищі, використовуючи мови низького або високого рівня. Найчастіше застосовуються:

- асемблер - дає змогу максимально точно контролювати роботу апаратури;
- мова Сі (C/C++) - найпоширеніша для розроблення прошивок завдяки зручності та високій продуктивності;
- інші мови - для окремих архітектур доступні компілятори мов Pascal, Basic, Forth, Python або вбудовані інтерпретатори.

Засоби відлагодження

Для тестування та налагодження програмного забезпечення використовуються такі інструменти:

- програмні симулятори - комп'ютерні програми, що моделюють роботу конкретного мікроконтролера;
- внутрішньосхемні емулятори (ICE) - апаратні пристрої, які під'єднуються замість мікроконтролера і дають змогу відтворювати його роботу в реальних умовах;
- JTAG-інтерфейс - стандартний апаратний інтерфейс для відлагодження, програмування, тестування пам'яті та контролю виконання програм.

Завдяки цим засобам забезпечується можливість детального аналізу роботи прошивки, пошук помилок та оптимізація продуктивності.



Рисунок 1.1 – Мікроконтролери та їх типи

Виробники мікроконтролерів та їх основні лінійки

На сучасному ринку існує багато компаній, що займаються розробкою і виробництвом мікроконтролерів. Серед найвідоміших - Atmel, Microchip Technology Inc. та STMicroelectronics.

– Atmel виробляє популярну лінійку восьмирозрядних мікроконтролерів AVR.

– Microchip Technology Inc. випускає сімейство мікроконтролерів PIC, які є прямими конкурентами AVR.

– STMicroelectronics відома своїми 32-бітними мікроконтролерами серії STM32, які широко застосовуються в промислових та високопродуктивних рішеннях.

Мікроконтролери AVR та PIC мають гарвардську архітектуру, що забезпечує окремі простори пам'яті для коду програми та даних, що підвищує швидкодію.

Мікроконтролери AVR

AVR - це родина 8-бітних мікроконтролерів компанії Atmel (тепер Microchip), побудованих на гарвардській архітектурі та орієнтованих на виконання команд у стилі RISC.

Особливості AVR:

– наявність 32 регістрів загального призначення шириною 8 біт;
– архітектура дозволяє виконувати більшість інструкцій за один тактовий цикл;

– типові тактові частоти - до 20 МГц (у серії XMEGA - до 32 МГц);

– висока продуктивність при низькому енергоспоживанні.

Особливості регістрової структури

Хоча AVR близькі до ідеології RISC, регістри не є повністю ортогональними. Основні обмеження:

– частина інструкцій працює лише з регістрами r16 - r31;

– результат множення (16 біт) розташовується у парі регістрів r0:r1;

– для непрямой адресации памяти используются пары регистров-указателей:

– $X = r26:r27$,

– $Y = r28:r29$,

– $Z = r30:r31$;

– команды ADIW, SBIW работают лишь с регистровыми парами X, Y, Z та r24:r25;

– команды работы с памятью программ LPM, SPM используют лишь пару Z;

– инструкции непрямых переходов ICALL, IJMP также задействуют лишь регистры Z.

Робота з периферією

Комунікація мікроконтролера AVR з периферійними модулями здійснюється через адресний простір даних.

Для зручності:

– перші 64 адреси периферійних регістрів доступні через скорочені команди IN/OUT для I/O-простору;

– спеціальні інструкції SBI, CBI, SBIS, SBIC дозволяють працювати з окремими бітами, але лише в межах перших 32 адрес I/O-простору.

Таке рішення забезпечує швидкий доступ до периферійних пристроїв і мінімізує час виконання команд.



Рисунок 1.2 – Мікроконтролери серії AVR

Мікропроцесор: поняття та принцип роботи

Мікропроцесор (англ. microprocessor) - це інтегральна мікросхема, яка виконує функції центрального процесора (ЦП) або спеціалізованого обчислювального блока. У сучасній техніці терміни процесор і мікропроцесор практично ідентичні, оскільки той елемент, який колись займав цілу плату або навіть окрему шафу, сьогодні реалізовано у вигляді компактної мікросхеми, що містить сотні мільйонів транзисторів.

Починаючи з середини 1980-х років, мікропроцесори майже повністю витіснили інші типи центральних процесорів. Проте слід відзначити, що у сфері високопродуктивних обчислень (зокрема у суперкомп'ютерах) досі використовуються складні багаточипові процесорні модулі, що складаються з великих (ВІС) і надвеликих (НВІС) інтегральних схем.

Принцип функціонування мікропроцесора

Виконання будь-якого алгоритму можливе лише за наявності мікропроцесора та пам'яті, у якій зберігається програма.

Програма - це послідовність команд, які процесор виконує згідно з визначеним алгоритмом. Виконання відбувається за таким загальним принципом:

1. Процесор вибирає команду з комірки пам'яті, адреса якої визначається лічильником команд.
2. Зчитує дані, необхідні для виконання команди.
3. Обробляє дані відповідно до операційної логіки.

4. Передає результати назад у пам'ять або відправляє на зовнішні пристрої.

Такий цикл називається циклом обробки команди (fetch–decode–execute).

Інтерфейс мікропроцесорної системи

Мікропроцесор працює спільно з великою кількістю зовнішніх пристроїв: пам'яттю, контролерами периферії, пристроями введення-виведення тощо.

Для забезпечення обміну даними між процесором і зовнішніми компонентами використовується інтерфейс - сукупність засобів, протоколів і правил, що визначають спосіб передачі інформації.

Основу інтерфейсу становлять системні шини (магістралі). Шина - це група провідників із нормованими логічними рівнями «0» і «1», які забезпечують передавання сигналів між вузлами мікропроцесорної системи. Для підвищення навантажувальної здатності ліній застосовують шинні підсилювачі (ШП).

Основні типи шин

Шини поділяють на три категорії:

1. Адресна шина - передає адреси комірок пам'яті або пристроїв, з якими працює процесор.
2. Шина даних - забезпечує передавання інформації між процесором, пам'яттю та периферією.
3. Шина керування - передає керувальні сигнали, які визначають напрямок обміну, тип операції та режим роботи системи.

У реальних апаратних реалізаціях часто застосовують мультиплексування шин, коли одна фізична шина використовується поперемінно для передачі адрес і даних. Це знижує кількість виводів мікросхеми, хоча й дещо погіршує швидкодію.

Arduino як платформа на базі AVR-мікроконтролерів

AVR-мікроконтролери широко застосовуються в різних розробках, і одним із найвідоміших прикладів їх використання є апаратно-програмна платформа Arduino, створена компанією Arduino Software. Arduino стала

популярною завдяки простоті застосування, доступності та відкритості апаратних і програмних рішень.

Апаратні платформи Arduino

Arduino - це апаратна обчислювальна платформа для аматорського, навчального та прототипного конструювання. Основними її складовими є:

- плата на базі мікроконтролера;
- інтерфейси вводу-виводу;
- програмне середовище розробки, створене на основі Processing/Wiring;
- мова програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++.

Arduino може використовуватися:

- для створення автономних інтерактивних пристроїв;
- у складі більших систем, що взаємодіють з ПК через програми на кшталт Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider.

Однією з ключових переваг є повністю відкрите апаратне забезпечення: схеми, 3D-моделі друкованих плат, прошивки та бібліотеки знаходяться у вільному доступі, що дозволяє користувачам створювати або модифікувати власні плати.

Конструкція Arduino-плат

Стандартна плата Arduino містить:

- мікроконтролер сімейства Atmel AVR (найчастіше ATmega328P, ATmega2560, ATmega32u4);
- елементи обв'язки для роботи та програмування МК;
- стабілізатор живлення на 5 В або 3,3 В;
- кварцовий резонатор на 16 МГц або 8 МГц, що задає тактову частоту;
- цифрові й аналогові порти, інтерфейси UART, I²C, SPI;
- роз'єми для підключення "щитків" (shields).

У мікроконтролер Arduino заздалегідь записано завантажувач (bootloader), що дозволяє програмувати плату без окремого програматора - через

USB-інтерфейс. Це значно спрощує роботу з платформою, особливо для початківців.

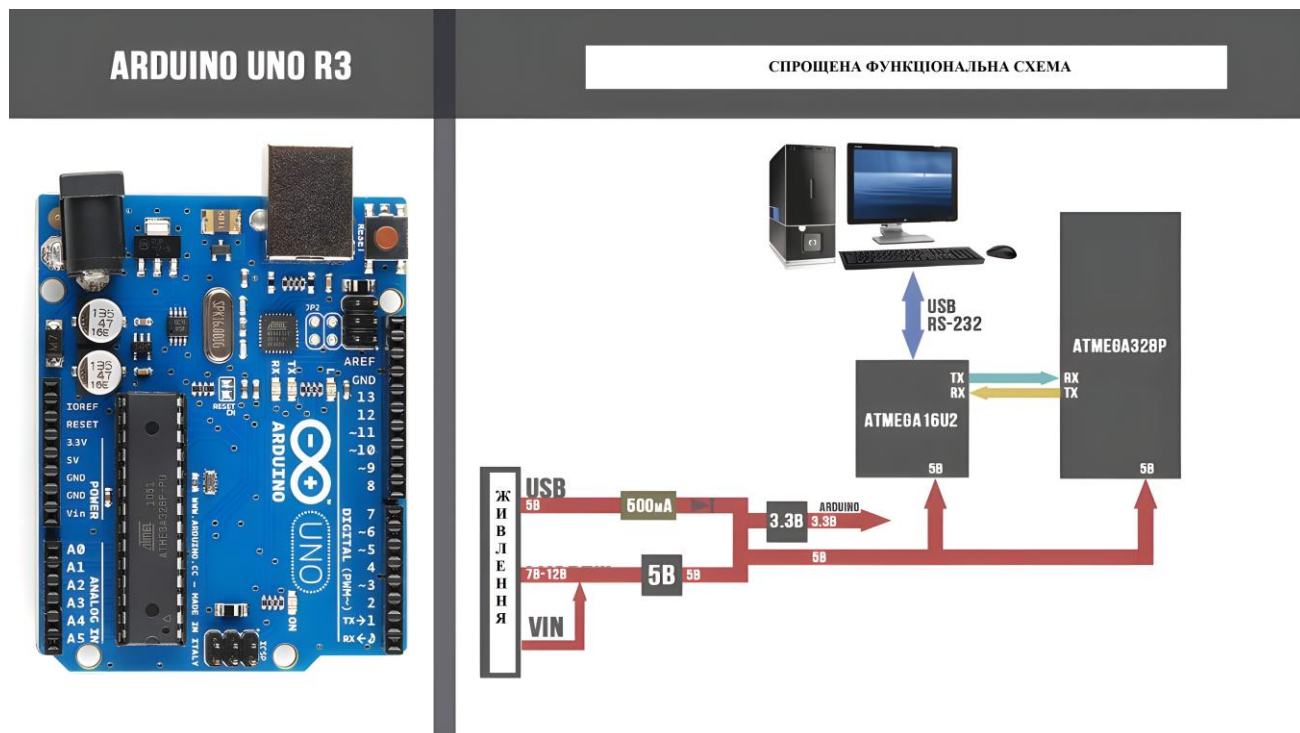


Рисунок 1.3 - Плата Arduino

Підключення та програмування плат Arduino

На концептуальному рівні всі плати Arduino програмуються через послідовний інтерфейс RS-232, однак конкретна реалізація цього механізму відрізняється між версіями плат.

У сучасних моделях програмування здійснюється через USB-інтерфейс, що стало можливим завдяки використанню спеціальних мікросхем-конвертерів USB-to-Serial. Найпоширеніший варіант - мікросхема FTDI FT232R, яка забезпечує перетворення сигналів USB на UART.

У платі Arduino Uno функцію USB-UART-конвертера виконує окремий мікроконтролер ATmega8/ATmega16U2 у SMD-корпусі. Завдяки цьому конвертер можна перепрограмувати, і плата здатна емітувати інші USB-пристрої - такі як миша, клавіатура, джойстик або будь-який інший HID-клас.

У компактних версіях, наприклад Arduino Mini або альтернативних варіантах, таких як Boarduino, власна схема USB-UART відсутня. Для

програмування таких плат необхідно використовувати зовнішній USB-to-Serial адаптер або відповідний кабель.

Вхідні та вихідні можливості Arduino

Плати Arduino надають доступ до великої кількості виводів мікроконтролера, які можна використовувати як входи або виходи у зовнішніх електронних схемах.

Наприклад, плата Arduino Diecimila має:

- 14 цифрових входів/виходів, з яких 6 можуть працювати в режимі ШІМ;
- 6 аналогових входів, що зчитуються через вбудований АЦП мікроконтролера.

Усі ці виводи доступні через контактні площадки або через стандартні штирові роз'єми, що спрощує підключення модулів, датчиків та виконавчих пристроїв.

Плати розширення (Shields)

Екосистема Arduino включає велику кількість зовнішніх модулів розширення, відомих як shields («щити»). Це додаткові плати, що встановлюються поверх основної Arduino-плати через відповідні штирові роз'єми.

Щити можуть додавати:

- Ethernet-модуль,
- Wi-Fi або Bluetooth,
- GSM/GPRS зв'язок,
- драйвери двигунів,
- дисплеї,
- релейні модулі,
- GPS,
- карти пам'яті,
- сенсорні панелі тощо.

Завдяки цьому Arduino легко масштабувати й адаптувати до найрізноманітніших проектів - від простих автоматизацій до комплексних систем керування «розумним будинком».

ESP8266 (NodeMCU)

ESP8266 - це популярний Wi-Fi-мікроконтролер, розроблений компанією Espressif Systems. Пристрій став широко відомим у 2014 році завдяки появі дешевих модулів на його основі, що зробило його одним із наймасовіших рішень для IoT-проектів.

Особливістю ESP8266 є можливість виконання програм безпосередньо із зовнішньої SPI-флеш-пам'яті, що дозволяє суттєво розширювати можливості мікроконтролера. У 2016 році була представлена модифікація ESP8285, яка вже містить 1 МБ флеш-пам'яті на одному кристалі. Продовженням лінійки стала версія ESP32, презентована восени 2015 року.

Основні характеристики ESP8266

- 32-бітний процесор Xtensa L106 з частотою 80 МГц (можливий нестабільний розгін до 160 МГц);
- Підтримка Wi-Fi IEEE 802.11 b/g/n, шифрування WEP, WPA, WPA2;
- До 14 GPIO, з яких реально задіюються 11;
- Підтримка інтерфейсів SPI, I²C, I²S, UART;
- 10-бітний АЦП;
- Напруга живлення: 2,2 ... 3,6 В;
- Споживання струму:
 - до 215 мА - передавання даних,
 - ~100 мА - прийом сигналу,
 - ~70 мА - режим очікування.
- Режими енергозбереження:
 - Modem Sleep - ~15 мА,
 - Light Sleep - ~0,4 мА,
 - Deep Sleep - ~15 мкА.

Особливості архітектури

ESP8266 не містить внутрішньої флеш-пам'яті для користувацьких програм. Код виконується з зовнішньої SPI-пам'яті, фрагменти якої автоматично завантажуються в кеш інструкцій. Це відбувається апаратно і не потребує дій від програміста.

Підтримується до 16 МБ зовнішньої флеш-пам'яті, можливі режими Standard / Dual / Quad SPI.

Пам'ять і документація

Через те, що Espressif не оприлюднює повної документації на внутрішню периферію ESP8266, робота з апаратними блоками здійснюється через стандартні API-бібліотеки SDK.

Оскільки бібліотеки займають значну частину ОЗП, користувачу доступно приблизно 50 кБ оперативної пам'яті.

За аналізом ентузіастів, мікроконтролер містить:

- 32 кБ кешу інструкцій;
- 80 кБ SRAM для даних.

Режими завантаження прошивки

Джерело виконання програм визначається станом портів GPIO0, GPIO2 та GPIO15 у момент виходу з Reset. Найчастіше використовуються два режими:

1. Завантаження через UART

Режим прошивки SPI-пам'яті.

- GPIO0 = 0
- GPIO2 = 1
- GPIO15 = 0

2. Виконання з зовнішньої SPI-флеш-пам'яті

Основний робочий режим.

- GPIO0 = 1
- GPIO2 = 1
- GPIO15 = 0

Саме цей режим використовується у більшості модулів (NodeMCU, Wemos D1 mini тощо).

Типи виконавчих пристроїв та критерії їх вибору

На відміну від звичайних реле, які лише частково можуть виконувати роль виконавчих елементів (після подачі керуючого сигналу вони просто замикають або розмикають електричний коло), повноцінні виконавчі пристрої в системах «розумного будинку» - це складні електромеханічні вузли, призначені для роботи під значними механічними навантаженнями.

Основою роботи більшості таких механізмів є електродвигун (наприклад, у приводах для воріт, штор, жалюзі). У простіших пристроях - таких як клапани або електрозамки - рух забезпечує електромагнітний привід із сердечником, що переміщується під дією магнітного поля.

Більшість виконавчих механізмів працюють від низьковольтного живлення (до 24 В), однак існують і високопотужні моделі, розраховані на мережеву напругу 220 В, які використовуються для масивних конструкцій або обладнання промислового класу.

Поширені типи виконавчих механізмів у розумному будинку

1. Електромеханічні приводи

Вони застосовуються для автоматизації:

- воріт (відкатні, орні),
- хвіртток,
- дверей і вікон,
- рулонних штор і жалюзі,
- меблевих механізмів (підйомні секції, висувні полиці).

Такі приводи часто оснащуються:

- інтерфейсами підключення до систем управління,
- пультами дистанційного керування (ІЧ або радіоканал),
- датчиками положення, датчиками перешкод, кінцевими вимикачами,
- можливістю налаштування швидкості руху та меж відкриття/закриття.

Багато бюджетних моделей працюють автономно і не мають інтеграції з контролером «розумного будинку». Керуються вони переважно інфрачервоним пультом. Проте такі пристрої все одно вважаються елементами системи автоматизації, оскільки можуть бути додатково інтегровані через зовнішні модулі.

2. Клапани низького, середнього та високого тиску

Це простіші, але дуже важливі виконавчі пристрої, що застосовуються для:

- керування водопостачанням,
- автоматичного перекриття газу,
- систем пожежогасіння,
- вентиляційних систем.

У розумному будинку такі клапани використовуються в комплексі систем безпеки:

- газові клапани - для реагування на витіки газу,
- водні клапани - для систем антизатоплення,
- пожежні клапани - для подачі води або піни,
- вентиляційні заслінки - для коригування повітряних потоків.

Працюють вони зазвичай від низької напруги та можуть швидко перекрити подачу води чи газу при спрацюванні відповідного датчика.

Виконавчі механізми є ключовим елементом технологій «розумного будинку», оскільки саме вони забезпечують фізичне виконання команд контролера. Правильний вибір приводу або клапана залежить від:

- типу навантаження,
- умов експлуатації,
- необхідної швидкості та точності роботи,
- ступеня інтеграції зі системою автоматизації,
- рівня безпеки, якого потрібно досягти.



Рисунок 1.4 - Електричний управляємий водяний клапан

Особливо корисною для здоров'я є система вентиляційних клапанів, які автоматично активуються за показаннями датчиків рівня вуглекислого газу (CO₂). Після перевищення встановленого порога клапани відкриваються, забезпечуючи провітрювання приміщення, видалення надлишкового CO₂ та формування комфортного мікроклімату.

До таких елементарних виконавчих механізмів також належать електромагнітні замки та інші пристрої контролю доступу, що входять до складу системи безпеки «розумного дому». Подібні механізми здебільшого не містять мікропроцесорів і працюють у двох простих режимах: «відкрито» або «закрито».

2 ОГЛЯД ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ ТА СТВОРЕННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ

2.1 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи

Для дослідження та програмної реалізації системи управління «розумним будинком» із підсистемою оптимізації енергоспоживання було обрано відповідні засоби, апаратні компоненти та мови програмування.

Проектована система «Розумний дім» включає такі складові:

1. Пристрої – усі електронні елементи інфраструктури будинку, керування якими необхідно автоматизувати.

2. Датчики – елементи збору та вимірювання інформації. Саме вони забезпечують надходження даних про стан середовища та є ключовими елементами в системі автоматизації.

3. Мікроконтролери – апаратні модулі, що об'єднують датчики у функціональні групи та виконують роль локальних обчислювальних вузлів. Центральний мікроконтролер отримує дані від сервера та передає керуючі сигнали в кінцеві пристрої.

4. Сервер – обчислювальний центр системи, який формує інтерфейс взаємодії між користувачем і системою «розумного будинку». Сервер відповідає за стабільність, надійність та коректність функціонування системи.

5. Канали передавання даних – фізичні та логічні тракти, якими здійснюється передача інформації відповідно до вимог щодо швидкості, безпеки та надійності.

6. Хмарна інфраструктура – зовнішній сервіс, що використовується як база даних для збереження статистики, журналів роботи, резервних копій та службової інформації.

7. Мобільні пристрої – смартфони або планшети, за допомогою яких користувач взаємодіє з системою через сервер та віддалено керує обладнанням «розумного дому».

8. Мова програмування C – основна мова створення програмного забезпечення для мікроконтролерів. Вона забезпечує високий рівень контролю над апаратними ресурсами та ефективність виконуваного коду. Архітектура та система команд AVR мікроконтролерів проєктувалися з урахуванням особливостей цієї мови, що дозволяє отримувати компактний та оптимізований машинний код.

9. Підсистема забезпечення безпеки передавання даних – комплекс криптографічних засобів (Base64, AES, RSA), які гарантують захист інформації на всіх етапах її обміну.

2.2 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на кваліфікаційну магістерську роботу, необхідно реалізувати систему управління енергозбереженням у «розумному будинку». У процесі виконання кваліфікаційної роботи передбачено виконання такого комплексу завдань:

а) провести аналіз існуючих систем-аналогів, визначити їхні сильні та слабкі сторони, а отримані результати використати під час подальшої розробки власного рішення.

б) обрати та обґрунтувати методику побудови автоматизованої системи контролю роботи технологічного обладнання, а також розробити структурну та функціональну схеми системи.

в) створити програмне забезпечення системи, що забезпечить повну реалізацію завдань, визначених технічним завданням. Розробити блок-схеми основних алгоритмів роботи програми та її допоміжних підпрограм.

г) розробити інтерфейс користувача, який забезпечуватиме інформування оператора про помилки, некоректні дії та нестандартні ситуації у функціонуванні обладнання.

д) підготувати рекомендації щодо організаційних та методичних заходів, необхідних для впровадження системи в промислову експлуатацію та забезпечення її подальшого надійного функціонування.

е) сформулювати підсумкові висновки щодо виконаного обсягу робіт та отриманих результатів.

2.3 Опис функціонування системи

Виходячи з поставлених у кваліфікаційній магістерській роботі необхідно розробити програмне забезпечення системи управління для проекту «Розумний дім», а також створити комплексну автоматизовану систему керування з інтеграцією необхідних датчиків та технічних засобів. Така система повинна забезпечувати можливість ефективного моніторингу та оптимізації енергоспоживання в розумному будинку.

Система «розумний дім» може бути як багатофункціональною, так і мати обмежений набір можливостей - усе залежить від обраної апаратної платформи. Для її побудови можна застосовувати як мікроконтролери, так і мікрокомп'ютери.

Мікроконтролери забезпечують базовий функціонал, але їх обчислювальна здатність є відносно низькою, що може стати обмеженням при реалізації складних сучасних систем. На відміну від них, мікрокомп'ютери мають процесор, оперативну пам'ять, графічний модуль та широкий набір інтерфейсів введення-виведення, що дозволяє запускати повноцінні операційні системи та графічні інтерфейси.

Втім, використання мікрокомп'ютерів має і свої недоліки - висока вартість, більша енергозатратність та складніше обслуговування. Саме тому мікроконтролери часто вважаються економнішим та достатньо ефективним

рішенням, особливо якщо система не потребує значних обчислювальних ресурсів.

Для побудови системи «розумний дім» можна застосовувати широкий спектр мікрокомп'ютерів: Raspberry Pi, Orange Pi, Banana Pi, Latte Panda, а також Tinker Board від компанії Asus. Якщо ж обираються мікроконтролери, то існує також безліч платформ: STM, Arduino, Espruino, модулі ESP та інші.

Можливим є і комбінований підхід - поєднання мікрокомп'ютера з мікроконтролерами, що дозволяє оптимізувати витрати та розподілити навантаження.

Під час проєктування системи важливо враховувати такі фактори, як надійність обраної платформи, стабільність роботи, автономність, енергоефективність та необхідний функціонал. Для прикладу, реалізація підсистеми відеоспостереження неможлива лише на мікроконтролерах, адже вони не здатні обробляти відеопотік - у цьому випадку необхідний мікрокомп'ютер.

Для систем із невеликими вимогами до функціоналу доцільно використовувати мікроконтролери та платформи, побудовані на їх основі. У межах цієї роботи як основний контролер було обрано платформу ESP8266 китайського виробника, яка має достатній набір можливостей для реалізації поставлених завдань. Як допоміжну периферію було використано популярну платформу Arduino.

Базова концепція

Система управління «розумним будинком» - це комплекс апаратних і програмних засобів, спрямованих передусім на підвищення економічності житла, тобто зменшення витрат на електроенергію та тепло. Додатково така система забезпечує новий рівень комфорту та безпеки, включаючи функції контролю присутності та віддаленого керування обладнанням.

Основна ідея «розумного дому» полягає в побудові інтелектуальної мережі, яка об'єднує всі системи житлового простору в єдиний комплекс керування. Усі електроприлади, системи енергозбереження, безпеки та

комунікацій мають працювати узгоджено та контролюватися з одного центру — локального або віддаленого.

Розглянемо ключові функціональні складові детальніше

1. Система освітлення Включає датчики руху та освітленості, що забезпечують автоматичне вмикання та вимикання світла залежно від присутності людей та рівня природного освітлення.

2. Система опалення та кондиціювання повітря Використовує датчики температури та контролери клімату, які підтримують оптимальний мікроклімат у приміщеннях з урахуванням погодних умов та перебування мешканців.

3. Система безпеки Складається з камер відеоспостереження, датчиків диму, вуглекислого газу та руху. Забезпечує цілодобовий контроль безпеки та оперативне сповіщення у випадку небезпечних ситуацій.

4. Система звукового та візуального сповіщення Дозволяє інформувати користувача про події в будинку за допомогою світлових, звукових сигналів або повідомлень на мобільні пристрої.

5. Система керування електроживленням Забезпечує раціональне споживання електроенергії, контроль стану електроприладів, регулювання напруги та виявлення аварійних ситуацій.

6. Система домашнього кінотеатру та мультимедіа Надає можливість централізованого управління відео- та аудіосистемами, забезпечуючи високу якість звуку та зображення.

7. Система управління водопостачанням Контролює витрати води, запобігає протіканням та оптимізує споживання за допомогою датчиків і виконавчих механізмів.

2.4 Розробка структурної схеми

Структурна схема системи - це графічне подання її складових елементів та взаємозв'язків між ними. Вона демонструє загальну будову системи, дає

змогу зрозуміти принципи її функціонування, склад компонентів, логіку їхньої взаємодії та передачу інформації або сигналів між окремими модулями.

Такі схеми застосовують для опису будь-яких типів систем: механічних, електричних, інформаційних, програмних, біологічних тощо. Зазвичай структурна схема складається з окремих блоків, кожен з яких відповідає певному елементу системи, та ліній зв'язку, що позначають взаємодію або потоки даних між цими блоками.

Основним призначенням структурної схеми є наочне подання розроблюваної системи: її основних вузлів, функціональних блоків та способів їх взаємозв'язку. Така схема дозволяє швидко оцінити логічну організацію системи та слугує основою для подальшого проектування, програмування та налагодження.

Структурна схема розробленої системи зображена на рисунку 2.5.

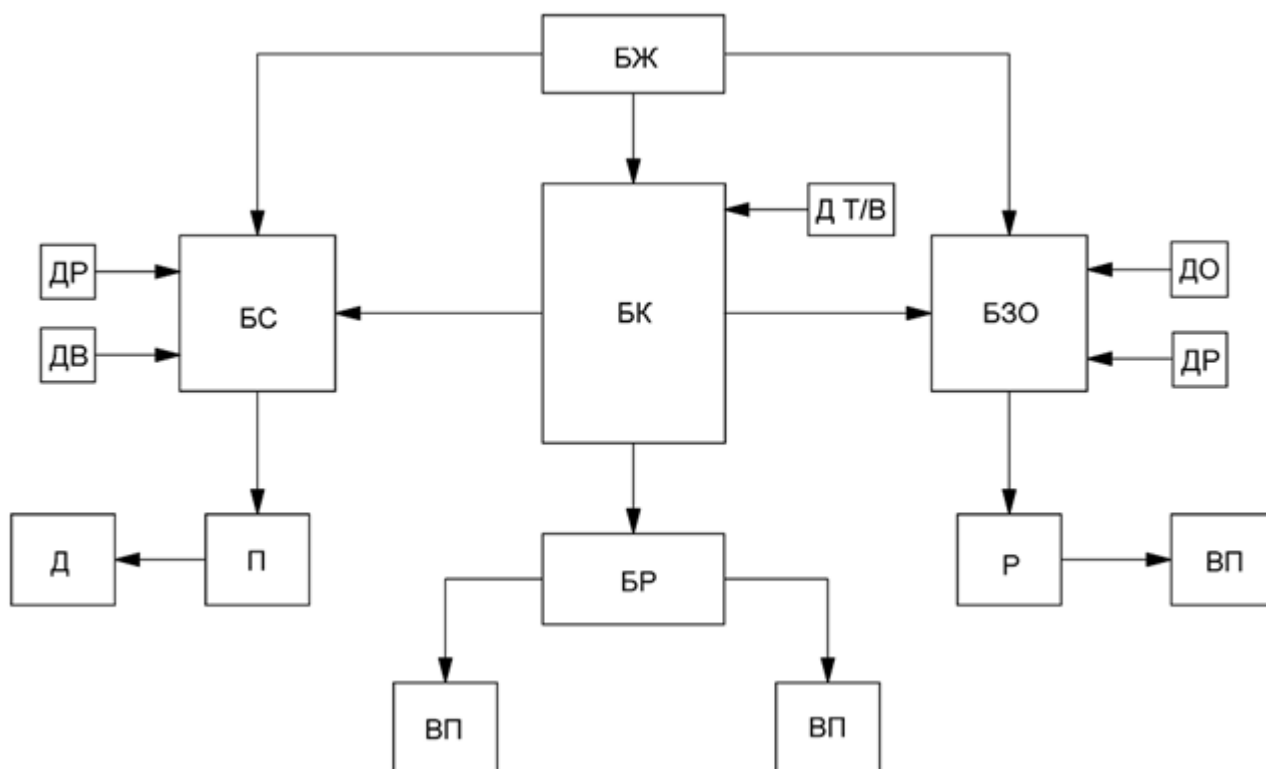


Рисунок 2.5 – Структурна схема системи «Розумний дім»

На схемі представлено:

БЖ- блок живлення;

БК – блок контролю;

БС – блок сигналізації;

БЗО – блок зовнішнього освітлення;

БР – блок реле;

ДР – датчик руху;

ДВ – датчик відкриття;

ДО – датчик освітленості;

Д T\B – датчик температури та вологості;

П – підсилювач;

Д – динамік;

ВП – виконавчий пристрій.

2.5 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема

Функціональна схема - це графічне подання функцій системи та взаємозв'язків між ними, яке демонструє, яким чином реалізуються певні процеси всередині системи. Вона описує не стільки фізичну побудову системи, як це робить структурна схема, а саме логіку виконання функцій та послідовність їх взаємодії.

Зазвичай така схема складається з окремих блоків, кожен з яких відповідає певній функції, та стрілок, які позначають напрям потоків даних, керуючих сигналів чи взаємодії між блоками. Кожен елемент функціональної схеми може мати вхідні та вихідні порти, що графічно відображають параметри, які надходять у функцію або генеруються нею.

Функціональні схеми застосовуються для моделювання й проектування систем будь-якого типу - електронних, механічних, інформаційних, програмних,

біологічних тощо. Такий підхід дозволяє аналізувати систему на рівні функцій та взаємодій, що є важливим етапом ефективного проектування й оптимізації.

Переваги функціональної схеми

Порівняно зі структурною, функціональна схема має низку важливих переваг:

Фокус на функціях системи. Функціональна схема виділяє саме функціональні процеси, а не фізичну структуру, що полегшує розуміння ролі кожного елемента в роботі системи.

Спрощення аналізу складних систем. Розгляд системи як набору взаємопов'язаних функцій дозволяє спростити аналіз, розділити складні задачі на логічні елементи й уникнути перевантаження інформацією.

Чітке визначення меж компонентів. Функціональне моделювання дає змогу зрозуміти, за що відповідає кожний компонент і як він взаємодіє з іншими частинами системи.

Оптимізація та підвищення ефективності. Завдяки візуалізації потоків інформації та виконуваних функцій легше визначити «вузькі місця», дублювання функцій чи можливості покращення продуктивності системи.

Універсальність застосування. Функціональні схеми підходять для роботи з будь-якими технологічними системами — від простих технічних пристроїв до складних багатокомпонентних комплексів.

Функціональна схема розробленої системи подана на рисунку 3.3. З неї видно, що система «розумний дім» складається з таких основних функціональних блоків:

мобільного додатку, який забезпечує зв'язок користувача з системою та віддалене керування;

блоку управління інженерними системами, що відповідає за роботу електроживлення, освітлення, систем водопостачання та інших технічних підсистем;

блоку керування кліматом, який забезпечує підтримання оптимальної температури, вологості та мікроклімату в приміщеннях;

підсистеми безпеки, що включає засоби охоронного та протипожежного контролю;

підсистеми мультимедіа, яка реалізує функції аудіо- та відеокерування; блоку керування ландшафтною інфраструктурою, що забезпечує автоматизацію зовнішнього освітлення, поливу газону та садових зон.

До кожного з цих блоків підключаються відповідні сенсори та виконавчі пристрої, що забезпечують збір даних та виконання команд.

Датчики, що використовуються в системі розумного будинку

У системі застосовуються різні типи датчиків, кожен з яких виконує свою функцію контролю:

сутінковий датчик - автоматично керує штучним освітленням залежно від рівня природної освітленості.

датчик витоку чадного газу - виявляє наявність СО, а також фіксує різкі зміни температури в приміщенні.

датчик руху - використовується для виявлення присутності та активності людей у приміщенні.

датчик освітленості - вимірює рівень освітлення як всередині, так і поза межами будинку.

датчик температури - контролює температуру повітря на вулиці та в приміщеннях.

датчик затоплення - реагує на наявність води в зоні контролю та попереджає про протікання.

датчик відкриття дверей/вікна - фіксує відкривання дверей, вікон, гаражних воріт, ролетів та інших конструкцій.

датчик пожежі (дим) - призначений для виявлення займання, появи диму і критичних ситуацій, пов'язаних з загорянням.

Для різних типів датчиків у системі «розумний дім» застосовуються різні інтерфейси підключення. Аналогові датчики здебільшого використовують у тих випадках, коли немає потреби передавати цифрові дані. Такі пристрої підключаються стандартним способом - через аналогові входи мікроконтролера,

які здійснюють вимірювання рівня напруги та перетворюють її у цифрове значення за допомогою вбудованого АЦП.

Центральним керуючим модулем системи обрано платформу ESP8266, що забезпечує високу функціональність при низькому енергоспоживанні та компактності. До складу ESP8266 входить:

- 32-бітний процесор Tensilica L106, що працює на частоті 80 МГц;
- 80 кБ оперативної пам'яті (RAM) та 35 кБ IRAM;
- вбудований Wi-Fi модуль стандарту IEEE 802.11 b/g/n, який працює на частоті 2.4 ГГц і забезпечує бездротовий обмін даними між різними елементами системи;
- 14 портів введення/виведення, з яких доступними для використання є 11;
- підтримка основних комунікаційних інтерфейсів: SPI, I²C, I²S, UART;
- 10-бітний АЦП, що дозволяє підключати й обробляти дані від аналогових датчиків.

Такі технічні характеристики роблять ESP8266 оптимальним вибором для створення системи автоматизації з розширеним функціоналом та можливістю підключення великої кількості сенсорів і периферійних пристроїв.

Для забезпечення дистанційного керування та моніторингу з мобільного телефону було розроблено відповідне API, яке дозволяє взаємодіяти з центральним контролером через Wi-Fi. Це забезпечує швидкий доступ, оперативне керування та обмін даними між користувачем і системою в реальному часі.

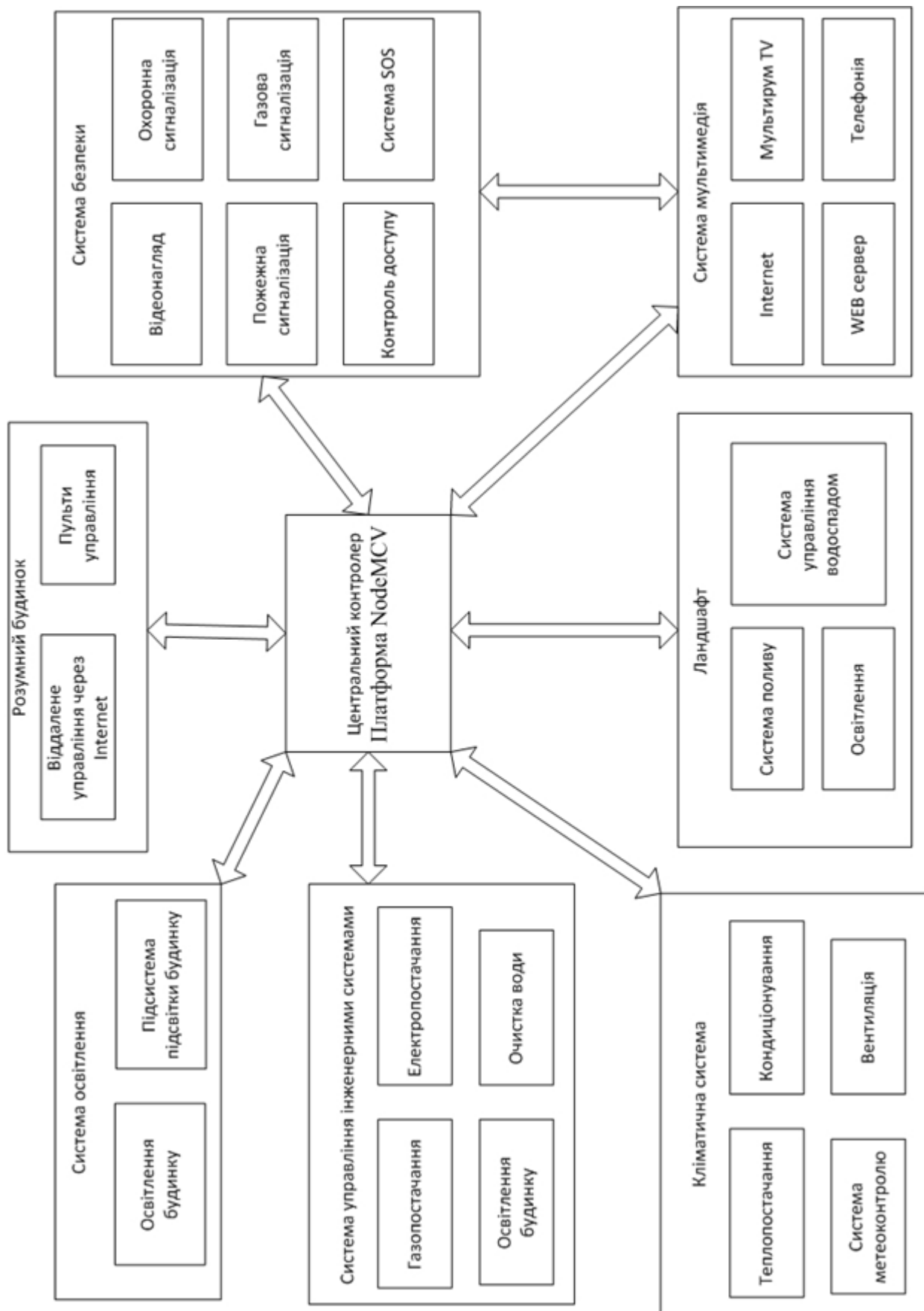


Рисунок 2.6– Функціональна схема системи «Розумний дім»

Розробка діаграми процесів

Діаграма процесів — це графічне подання основних операцій системи та потоків даних між її компонентами. Кожен блок на такій діаграмі відображає окремий процес або функціональний елемент, а стрілки позначають напрям руху інформації, виконання команд чи обміну сигналами між процесами.

У системі керування «розумним будинком» діаграма процесів демонструє логіку роботи ключових підсистем, включаючи збір інформації з датчиків, аналіз отриманих даних, прийняття рішень, виконання керуючих дій та забезпечення зворотного зв'язку з користувачем.

Нижче наведено основні процеси, що зазвичай відображаються на діаграмі:

1. Система керування освітленням

- датчик руху реєструє появу людини у приміщенні;
- центральний контролер автоматично вмикає освітлення у відповідній зоні;
- після того як приміщення залишається порожнім певний час, система вимикає світло для економії електроенергії.

2. Система керування температурою

- датчик фіксує поточну температуру повітря у приміщенні;
- модуль кліматичного контролю аналізує дані та вмикає або вимикає опалення чи кондиціонування для досягнення заданих параметрів;
- система може адаптуватися до звичок користувача, автоматично встановлюючи найбільш комфортні режими.

3. Система безпеки

- датчики руху, відкриття дверей або вікон фіксують підозрілу активність;
- система безпеки передає сигнал тривоги на мобільний додаток власника;
- користувач може переглянути відео з камер спостереження для уточнення обставин події або активувати додаткові заходи безпеки.

4. Керування електроживленням та енергоспоживанням

- система аналізує поточну витрату електроенергії;
- у разі простою або надмірного споживання система вимикає непотрібні пристрої, підключені до розеток;
- формується історія споживання енергії, на основі якої користувач отримує рекомендації щодо оптимізації витрат.

Діаграма процесів розробленої системи зображена на рисунку 2.7.

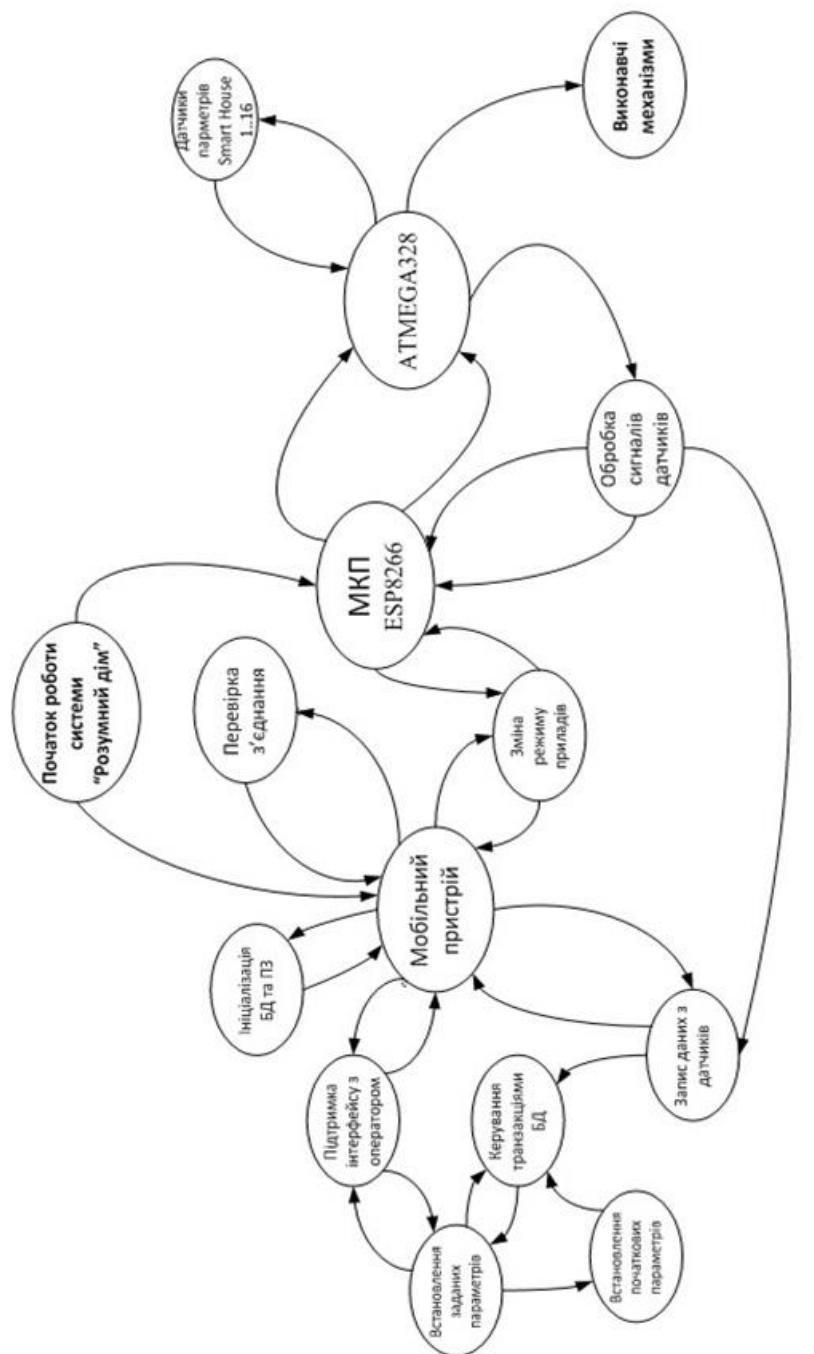


Рисунок 2.7 – Діаграма процесів системи «Розумний дім»

Таким чином, після розгляду загального опису системи, її структурної та функціональної схем, а також діаграми взаємодії процесів, можна перейти до детального опису блок-схем основної програми та підпрограм, що використовуються для реалізації роботи системи «розумний дім». Блок-схеми дозволяють наочно представити логіку функціонування програмних модулів, послідовність виконання операцій та взаємозв'язки між окремими частинами програмного забезпечення.

3 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАВИЛЬНІСТЬ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Реалізації автоматизованої системи керування

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було створено програмний продукт - віконний застосунок, призначений для керування системою «розумний будинок» та оптимізації енергоспоживання.

Для організації мережевої інфраструктури системи використано ADSL-роутер Huawei HG532e.

Основні технічні характеристики роутера:

- всеспрямована антена;
- підтримка стандартів Wi-Fi 802.11 b/g/n;
- швидкість бездротової передачі даних — до 300 Мбіт/с;
- швидкість передачі даних через LAN-порти — 10/100 Мбіт/с;
- наявність 4 LAN-портів;
- вбудований брандмауер;
- підтримка протоколів шифрування WEP, WPA та WPA2.

Центральним керуючим модулем системи виступає платформа ESP8266, яка містить 32-бітний процесор Tensilica L106 із частотою роботи 80 МГц. Мікроконтролер оснащений 80 кБ оперативної пам'яті та 35 кБ IRAM, а також має вбудований Wi-Fi-модуль на частоті 2.4 ГГц, що забезпечує можливість бездротової передачі даних. Платформа включає 14 портів введення-виведення (з яких доступними для використання є 11), а також підтримує інтерфейси SPI, I²C, I²S, UART та має вбудований 10-бітний АЦП.



Рисунок 3.1 – Платформа NodeMCV на основі ESP8266

Допоміжним контролером системи обрано плату Arduino Pro Mini, побудовану на мікроконтролері ATmega328 з робочою напругою 5 В та тактовою частотою 16 МГц. Контролер оснащений 14 цифровими та 6 аналоговими входами/виходами, а також підтримує інтерфейси UART і SPI, що забезпечує його сумісність із різноманітними датчиками та периферійними модулями.



Рисунок 3.2 – Платформа Arduino Pro Mini

У своїй розробці планується використання низки датчиків, серед яких одним із основних є датчик температури та вологості DHT11. Це цифровий сенсор, який формує калібрований вихідний сигнал і забезпечує вимірювання температури та відносної вологості з достатньою точністю. DHT11 відзначається високою надійністю та стабільністю показників у довготривалій експлуатації.

Конструктивно він містить резистивний датчик вологості та NTC-терморезистор для вимірювання температури.

Основні технічні характеристики датчика:

- Вимірювання вологості:
- роздільна здатність: 16 bit;
- повторюваність: $\pm 1\%$ RH;
- точність при 25 °C: $\pm 5\%$ RH;
- взаємозамінність: повністю взаємозамінний модуль;
- час відгуку: 6 с ($1/e$ (63%) при 25 °C, 1 м/с повітря);
- гістерезис: $<\pm 0,3\%$ RH;
- довгострокова стабільність: $<\pm 0,5\%$ RH/рік.
- Вимірювання температури:
- повторюваність: $\pm 0,2$ °C;
- діапазон точності при 25 °C: ± 2 °C;
- час відгуку: 10 с ($1/e$ (63%)).
- Електричні параметри:
- напруга живлення: 3,5...5,5 В DC;
- споживаний струм: 0,3 mA під час вимірювання, 60 μ A у режимі очікування;
- інтервал між вибірками: понад 2 с.

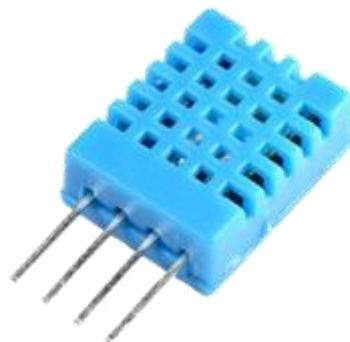


Рисунок 3.3 – Датчик температури та вологості DHT11

Окрім основних сенсорів, у системі також може використовуватися барометричний датчик тиску BMP280. Він призначений для вимірювання барометричного, абсолютного, диференціального та надлишкового тиску, а також температури навколишнього середовища. Завдяки своїй універсальності BMP280 ефективно застосовується в метеостанціях, системах моніторингу

клімату та у проєктах «розумного дому».

Для роботи з датчиком його необхідно підключити до Arduino або іншого мікроконтролера. Після цього слід встановити відповідну бібліотеку, яка забезпечує обмін даними через інтерфейси I²C або SPI. За замовчуванням тиск вимірюється у паскалях.

Чутливим елементом BMP280 є мембрана, що працює на основі п'єзорезистивного ефекту - зміни електричного опору напівпровідникового матеріалу під впливом механічної деформації. Саме ця властивість дозволяє точно визначати зміни атмосферного тиску.

Датчик оснащений 6-контактним роз'ємом, через який здійснюється підключення живлення та передача даних.

Основні характеристики BMP280:

- модель: BMP280
- діапазон вимірювання тиску: 300–1100 гПа (приблизно від –500 до +9000 м над рівнем моря)
- живлення: 1,62–3,6 В
- струм споживання в режимі низького енергоспоживання: 0,5 мА
- підтримувані інтерфейси: I²C, SPI
- час відгуку: 2 мс
- точність вимірювання тиску: $\pm 0,1$ гПа
- точність вимірювання температури: $\pm 0,1$ °C
- робочий температурний діапазон: – 40...+85 °C



Рисунок 3.4 – Датчик температури та атмосферного тиску BMP280

Що стосується сенсорів, які застосовуються в системах протипожежної безпеки, у даному проєкті можуть бути використані такі типи датчиків: MQ-2, MQ-7, датчик диму та датчик полум'я.

Одним із найбільш поширених у побутових та промислових системах пожежної безпеки є датчик газу MQ-2, призначений для детектування горючих газів та диму. Датчик має широкий діапазон чутливості, малий час реакції, високу стабільність роботи та тривалий строк служби, а також характеризується простою схемою підключення до мікроконтролера.

Основні технічні характеристики датчика MQ-2:

- типи газів: горючі гази, дим
- діапазон чутливості: 300–10 000 ppm
- опір чутливого елемента (s): 1...20 кОм (при 50 ppm)
- газ, для якого нормується датчик: ізобутан, 1000 ppm
- час відгуку: ≤ 10 с
- сутливість: $(R \text{ у повітрі}) / (R \text{ у присутності контрольного газу}) \geq 5$
- опір нагрівача (Rh): $31 \Omega \pm 3 \Omega$
- струм нагрівача (Ih): ≤ 180 мА
- напруга нагрівача (Vh): $5 \text{ В} \pm 0,2 \text{ В}$
- потужність нагрівача (Ph): ≤ 900 мВт
- робоче напруга схеми (Vc): $\leq 24 \text{ В}$
- Умови експлуатації:
- температура: $-10 \dots +50$ °С
- вологість: $\leq 95\%$ RH
- концентрація кисню: 21% (стандартні умови)
- Умови зберігання:
- температура: $-20 \dots +70$ °С
- вологість: $\leq 70\%$ RH
- Варіанти виконання:
- конфігурація корпусу: тип А або В (металевий або пластиковий корпус).



Рисунок 3.5 – Датчик диму MQ-2

Датчик MQ-7 служить для виявлення угарного газу.

Основні технічні характеристики датчика MQ-7

Датчик MQ-7 призначений для виявлення чадного газу (CO) у повітрі. Він широко застосовується у системах пожежної безпеки, вентиляції та моніторингу небезпечних газів завдяки високій чутливості та стабільності роботи.

Основні параметри:

- детектований газ: чадний газ (CO)
- напруга нагрівача: $5 \pm 0,2$ В (AC/DC)
- струм нагрівача: ≈ 140 мА
- напруга на сигнальній петлі: 0 В (максимальна допустима постійна - 15 В)
- навантажувальний резистор: 10 к Ω (регульований)
- діапазон визначення концентрації: 10–1000 ppm
- напруга в «чистому» повітрі: $\approx 1,5$ В
- чутливість: $\geq 3\%$
- час відгуку: ~ 1 с (час прогріву 3–5 хвилин)
- час відновлення: ~ 30 с
- потужність нагрівача: $\approx 0,7$ Вт
- Умови експлуатації:
 - робоча температура: $-10 \dots +50$ °С (номінальна: $+20$ °С)
 - робоча вологість: ≤ 95 % RH (номінальна: 65 % RH)
 - ресурс роботи: до 5 років

- Габаритні розміри та маса:
- розміри: $35 \times 20 \times 11$ мм
- маса: 4,8 г



Рисунок 3.6 – Датчик угарного газу MQ-7

Для системи безпеки в розумному будинку можуть використовуватися різні типи датчиків, зокрема інфрачервоний датчик руху HC-SR501, датчик відкриття дверей MC-38, датчик розбиття скла та інші сенсори, призначені для контролю доступу та виявлення несанкціонованих дій.

Інфрачервоний датчик руху HC-SR501

HC-SR501 — це PIR-датчик руху, що реагує на зміну інфрачервоного випромінювання, створюваного рухом людини або тварини.

Основні технічні характеристики:

- дальність виявлення: 0...7 м
- кут виявлення: 110° (на дистанції до 7 м)
- напруга живлення: 4,5...6 В
- Ррівень логічного виходу: 0...3,3 В
- регульована затримка вимкнення: 0,3...18 с
- режими спрацювання:
- L — повторюване спрацювання (trigger retriggering)
- H — одноразове спрацювання
- струм споживання: ~65 мА
- робоча температура: $-20...+50$ °C

- Датчик відкриття дверей/вікна МС-38

МС-38 - магнітоконтактний датчик, який використовується для контролю відкриття дверей, вікон, ролетів та інших рухомих елементів. Всередині датчика розташований геркон із нормально розімкнутими контактами, які замикаються під дією магнітного поля.

Технічні характеристики:

Розміри: $27 \times 9 \times 7$ мм (датчик і магніт мають однакові габарити)

Максимальний струм: 100 мА

Максимальна напруга: 200 В

Відстань спрацювання: 15...25 мм



Рисунок 3.7 – Датчик руху HC-SR501



Рисунок 4.8 – Датчик відкриття дверей МС-38

Для контролю рівня освітленості в приміщенні може використовуватися датчик освітленості (фоторезистор). Він змінює свій опір залежно від

інтенсивності світла, що дозволяє системі автоматично регулювати освітлення або реагувати на зміну умов освітленості.

Основні характеристики фоторезистора:

- максимальна робоча напруга: 150 В
- максимальна розсіювана потужність: 90 мВт
- опір при освітленні (10 люкс): 5–10 кОм
- опір у темряві (0 люкс): ~0,5 МОм
- спектральний пік чутливості: 540 нм
- час відгуку: 30 мс
- робочий температурний діапазон: –30...+70 °С



Рисунок 3.9 – Датчик освітленості

Для керування виконавчими пристроями в системі можуть застосовуватися як транзисторні схеми для роботи з малопотужними низьковольтними навантаженнями, так і релейні модулі, що дозволяють комутувати пристрої з напругою 220 В і вище. Залежно від кількості каналів керування можуть використовуватися релейні модулі на 4, 8 або 16 каналів, що забезпечує гнучкість у побудові системи автоматизації.

Технічні характеристики релейних модулів:

- струм спрацювання котушки: 15–20 мА при напрузі 12 В
- сигнал керування: 5В TTL (може подаватися безпосередньо з виходу мікроконтролера)
- максимальне комутоване навантаження: 10 А при 250 В



Рисунок 3.10 – Чотирьох каналний модуль-реле

З'єднання компонентів системи між собою здійснюється за допомогою дротових сигнальних ліній. Проте, за потреби систему можна модернізувати для роботи по бездротовому каналу зв'язку між блоком реле, датчиками, сигналізацією та освітленням. Для цього доцільно використовувати модулі радіозв'язку nRF24L01+, які доступні у двох виконаннях:

- стандартна версія з дальністю передачі до 100 м;
- посилена версія з підсилювачем та антеною (PA + LNA) із дальністю до 1 км.

Модулі можуть взаємодіяти між собою, утворюючи просту бездротову мережу - один модуль здатний працювати одночасно з п'ятьма іншими.

Основні технічні характеристики nRF24L01+:

- робоча напруга: 1,9–3,6 В
- робоча частота: 2,4 ГГц
- кількість каналів: 126
- швидкість обміну: 250 кбод, 1 Мбод, 2 Мбод
- модуляція: GFSK
- чутливість приймача: –85 dBm при 1 Мбод
- робоча температура: –40...+85 °С
- температура зберігання: –40...+125 °С

Для організації обміну даними між роутером і модулем ESP8266 на контролері створюється вбудований веб-сервер, який працює за протоколом HTTP. Розглянемо приклад керування освітленням:

Користувач підключає свій смартфон або ПК до локальної мережі та відкриває застосунок керування.

Під час натискання кнопки «увімкнути світло» застосунок надсилає HTTP-запит до роутера за IP-адресою, наприклад 192.168.1.7.

Роутер перенаправляє запит на ESP8266, який має вказану IP-адресу.

ESP8266 отримує команду виду: `http://192.168.1.7/relay1_on`

Ця команда відповідає за активацію реле, яке комутує освітлення в кімнаті.

Мікроконтролер обробляє запит і подає високий логічний рівень на вихід GPIO, до якого підключене реле.

Реле спрацьовує та вмикає світло.

За аналогічним принципом здійснюється керування будь-якими іншими пристроями системи «розумного будинку».

Програмна реалізація системи

Для реалізації створеної системи, яка об'єднує всі описані пристрої в єдину мережу, була спроектована серверна архітектура, що забезпечує керування, обмін даними та обробку запитів у режимі реального часу.

Архітектура включає такі основні компоненти:

мобільний додаток Smart House - клієнтська частина, що реалізує API для керування системою з мобільного телефону та забезпечує зворотний зв'язок з користувачем.

система управління - апаратно-програмний комплекс на базі мікроконтролерів, що здійснює логіку обробки команд, збирання даних з датчиків та керування виконавчими пристроями.

датчики та виконавчі механізми - периферійні компоненти, що передають інформацію про стан середовища та виконують команди (вмикання/вимикання світла, керування температурою, безпекою тощо).

Нижче наведено фрагмент вихідного коду програмного забезпечення, яке реалізує роботу системи управління «розумним будинком».

Програмування ESP8266

Головний файл ESP.ino

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```

#include <DHT.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
ESP8266WebServer server(80);
#define DHTPIN 0
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// Signals serial : TX = digital pin 13, RX = digital pin 15
SoftwareSerial Signal(13,15);
// software serial : TX = digital pin 4, RX = digital pin 5
SoftwareSerial Svet(4,5);

String webString = ""; // текст для отправки
String _ssid = "Huawei_HG532e_20663"; // Для хранения SSID
String _password = "ivanchsg"; // Для хранения пароля сети
String _ssidAP = "SmartHome"; // SSID AP точки доступа
String _passwordAP = ""; // пароль точки доступа
int relay_1 = 14;
int relay_2 = 12;
float temp, hum;

IPAddress apIP(192, 168, 1, 7);
// Определяем переменные
IPAddress ip(192,168,1,7); //статический IP
IPAddress gateway(192,168,1,1);
IPAddress subnet(255,255,255,0);
void setup() {
  dht.begin();
  Serial.begin(115200);
  Signal.begin(115200);

```

```

Svet.begin(115200);
// ГОТОВИМ GPI12 для реле
pinMode(relay_1, OUTPUT);
digitalWrite(relay_1, HIGH);
pinMode(relay_2, OUTPUT);
digitalWrite(relay_2, HIGH);
WIFIinit();
server.on("/1on", rel_on_1);
server.on("/1off", rel_off_1);
server.on("/2on", rel_on_2);
server.on("/2off", rel_off_2);
server.on("/signal_on", signals_on);
server.on("/signal_off", signals_off);
server.on("/svet_on", svet_on);
server.on("/svet_off", svet_off);
server.on("/a_svet_on", a_svet_on);
server.on("/a_svet_off", a_svet_off);
server.on("/data", data_on);
server.on("/t", data);
}
void loop() {
  datchiki();
  server.handleClient();
}
void datchiki() {
  temp = dht.readTemperature();
  hum = dht.readHumidity();
}
void rel_on_1() {
  digitalWrite(relay_1, LOW);
  server.send(200, "text/html", "1_off");
}

```

```

void rel_off_1() {
    digitalWrite(relay_1, HIGH);
    server.send(200, "text/html", "1_off");
}
void rel_on_2() {
    digitalWrite(relay_2, LOW);
    server.send(200, "text/html", "1_off");
}
void rel_off_2() {
    digitalWrite(relay_2, HIGH);
    server.send(200, "text/html", "1_off");
}
void signals_on() {
    Signal.print("1");
    server.send(200, "text/html", "/on");
}
void signals_off() {
    Signal.print("2");
    server.send(200, "text/html", "/off");
}
void svet_on() {
    Svet.print("1");
    server.send(200, "text/html", "СВІТЛО ВВІМКНЕНА");
}
void svet_off() {
    Svet.print("2");
    server.send(200, "text/html", "СВІТЛО ВИМКНЕНА");
}
void a_svet_on(){
    Svet.print("3");
    server.send(200, "text/html", "СВІТЛО В АВТОМАТИЧНОМ РЕЖИМІ");
}

```

```

void a_svet_off(){
    Svet.print("4");
    server.send(200, "text/html", "Автоматичний режим освітлення
вимкнено");
}

```

```

void data() {
    webString = (String((float)temp) + "," + String((float)hum));
    server.send(201, "text/plain", webString);
}

```

```

void data_on(){
    data();
}

```

Допоміжний файл WIFI.ino

```

void WIFInit() {
    // Попытка подключения к точке доступа
    WiFi.mode(WIFI_STA);
    byte tries = 11;
    WiFi.begin(_ssid.c_str(), _password.c_str());
    WiFi.config(ip, gateway, subnet);
    while (--tries && WiFi.status() != WL_CONNECTED)
    {
        Serial.print(".");
        delay(3000);
    }
    if (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
    {
        // Если не удалось подключиться запускаем в режиме AP
        Serial.println("");
        Serial.println("WiFi up AP");
        StartAPMode();
        server.begin();
        Serial.println("Server started");
    }
}

```

```

}
else {
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  server.begin();
  Serial.println("Server started");
}
}
}
bool StartAPMode()
{
  WiFi.disconnect();
  WiFi.mode(WIFI_AP);
  WiFi.softAPConfig(apIP, apIP, IPAddress(255, 255, 255, 0));
  WiFi.softAP(_ssidAP.c_str(), _passwordAP.c_str());
  return true;}

```

Сигналізація Arduino 1

Файл Signalization.ino

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```
int led = 13;
```

```
int ton = 12;
```

```
int data = 4;
```

```
int val = 0;
```

```
int flag = 0;
```

```
int esp_data;
```

```
char esp;
```

```
char for_data;
```

```
// Signals serial : TX = digital pin 8, RX = digital pin 9
```

```
SoftwareSerial Signal(9,8);
```

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Signal.begin(115200);
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(ton, OUTPUT);
  pinMode(data, INPUT);
}

void loop() {
  if(Signal.available()){
    esp = Signal.read();
  }
  if(esp == '1'){
    esp_data = 1;
    digitalWrite(led, HIGH);
  }
  else if(esp == '2'){
    digitalWrite(led, LOW);
    esp_data = 0;
    flag = 0;
    val = 0;
  }
  val = digitalRead(data);
  if((val == HIGH) && esp_data == 1 && flag == 0){
    Serial.println("Определенно движение");
    tone(ton, 2880, 100);
    delay(20);
    digitalWrite(led, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(led, LOW);
    delay(100);
    digitalWrite(led, HIGH);
    delay(100);
  }
}

```

```

    digitalWrite(led, LOW);
    flag++;
    delay(2800);
}
else if((val == HIGH) && esp_data == 1 && flag == 1){
    Serial.println("Определенно повторное движение, включаю
серену!!!");
    flag++;
}
else if(flag >= 2){
    for(;;){
        esp_data = for_data;
        tone(ton, 2880, 100);
        delay(5);
        tone(ton, 2800, 100);
        leds();
        if(for_data == 0)break;
    }
}
Serial.println(esp);
Serial.println(esp_data);
Serial.println(flag);
}
void leds(){
    digitalWrite(led, HIGH);
    delay(100);
    digitalWrite(led, LOW);
    delay(100);
}

```

Зовнішнє освітлення Arduino 2

Файл Svet.ino

```
#include <SoftwareSerial.h>
```

```

int flag = 0;
int light = A3;
int raw = 0;
int data = 0;
int dvijenie = 2;
char esp = "";
int led = 12;

// software serial : TX = digital pin 4, RX = digital pin 5
SoftwareSerial Svet(9,8);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Svet.begin(115200);
  pinMode(light, INPUT);
  pinMode(led, OUTPUT);
  digitalWrite(led, HIGH);
  pinMode(dvijenie, INPUT);
}

void loop() {
  if (Svet.available() > 0) {
    esp = Svet.read();
  }
  Serial.println(esp);

  if((esp == '1') && flag == 0){
    digitalWrite(led, LOW);
  }
  else if((esp == '2') && flag == 0){
    digitalWrite(led, HIGH);
  }
}

```

```

Serial.print(esp);
Serial.print(flag);
if(esp == '3'){
    flag = 1;
}
raw = analogRead(light);
//Serial.println(raw);
if((esp == '3') && flag == 1){
    if(raw < 200){
        night();
    }
    else if(raw > 300){
        days();
    }
}
else if(esp == '4'){
    flag = 0;
}
}

void night(){
    data = digitalRead(dvijenie);
    if(data == 1){
        digitalWrite(led, LOW);
    }
    else if(data == 0){
        digitalWrite(led, HIGH);
    }
}

void days(){
    digitalWrite(led, HIGH);
}

```

```
data = digitalRead(dvijenie);  
if(data == 0){  
    digitalWrite(led, HIGH);  
}  
}
```

3.2 Блок-схеми та опис алгоритмів функціонування системи

Після переходу користувача на головну сторінку розробленого додатку (призначеного для онлайн-керування параметрами системи), він повинен пройти процедуру авторизації або реєстрації, якщо обліковий запис ще не створений.

У процесі реєстрації система формує два записи:

перший - містить введені користувачем дані облікового запису;

другий - містить службову інформацію, необхідну для активації профілю, та тимчасово зберігається у таблиці облікових записів, що очікують підтвердження.

Після цього система автоматично надсилає на вказану користувачем електронну адресу лист із активаційним посиланням, яке містить унікальний код підтвердження. Додаток повідомляє користувача про успішне відправлення листа.

Коли користувач переходить за отриманим посиланням, система виконує перевірку коректності активаційного коду. Якщо код збігається з кодом, що зберігається у відповідному рядку таблиці неактивованих акаунтів, система:

видаляє тимчасовий запис із таблиці неактивованих облікових записів;

позначає обліковий запис користувача як активований.

Після успішної активації система автоматично перенаправляє користувача на сторінку авторизації, де він може увійти до свого профілю та розпочати роботу з додатком.

На рисунку 3.11 наведено блок-схему алгоритму роботи сторінки

реєстрації користувача.

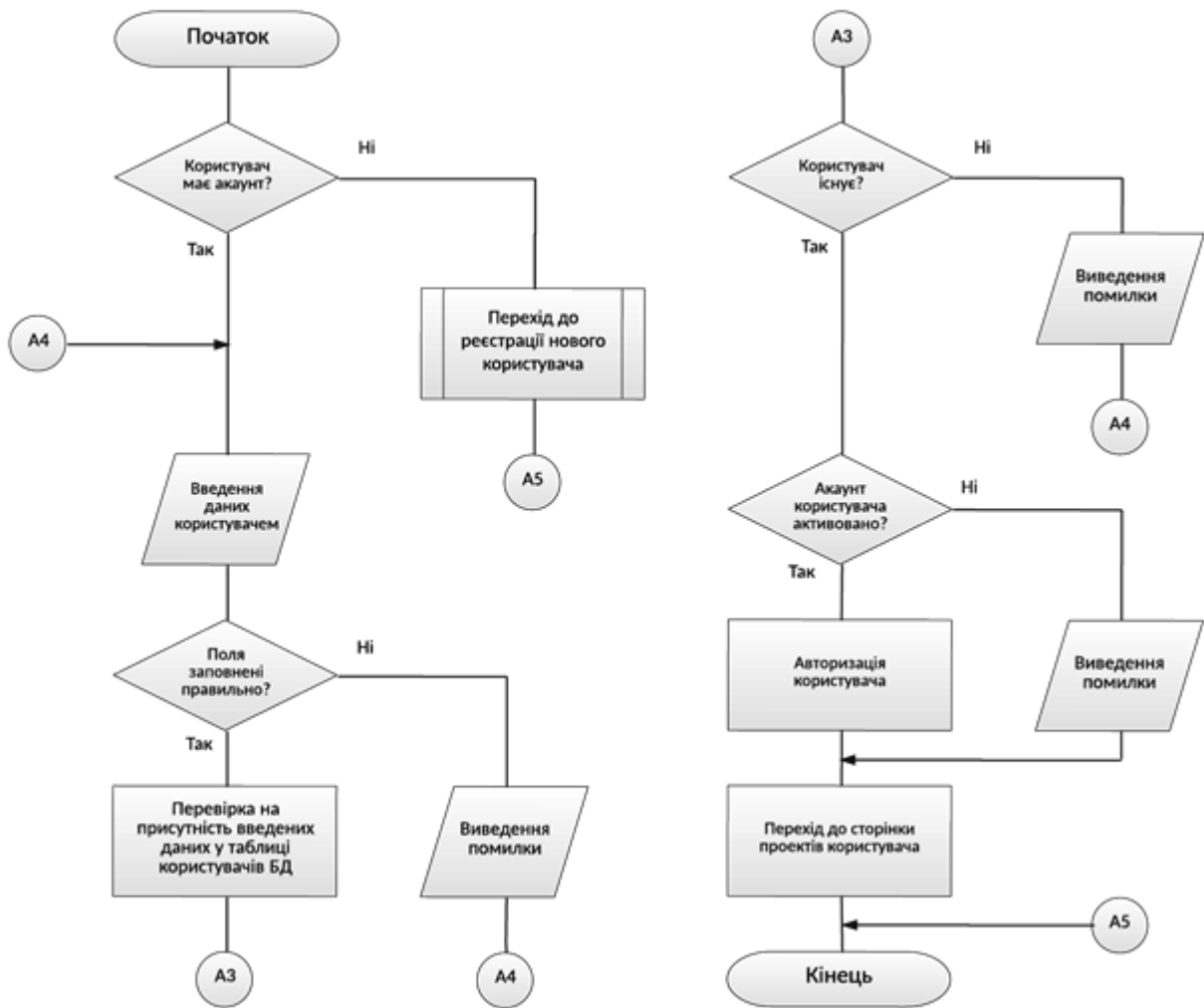


Рисунок 3.11 - блок-схема алгоритму роботи сторінки реєстрації (авторизації) користувача

Розглянемо алгоритм роботи основної програми в режимі керування температурою в приміщенні. Блок-схема цього процесу подана на рисунку 3.12.

Для переходу до керування температурними параметрами користувач повинен виконати відповідний вибір, натиснувши на необхідний елемент інтерфейсу (відповідне вікно/кнопку).

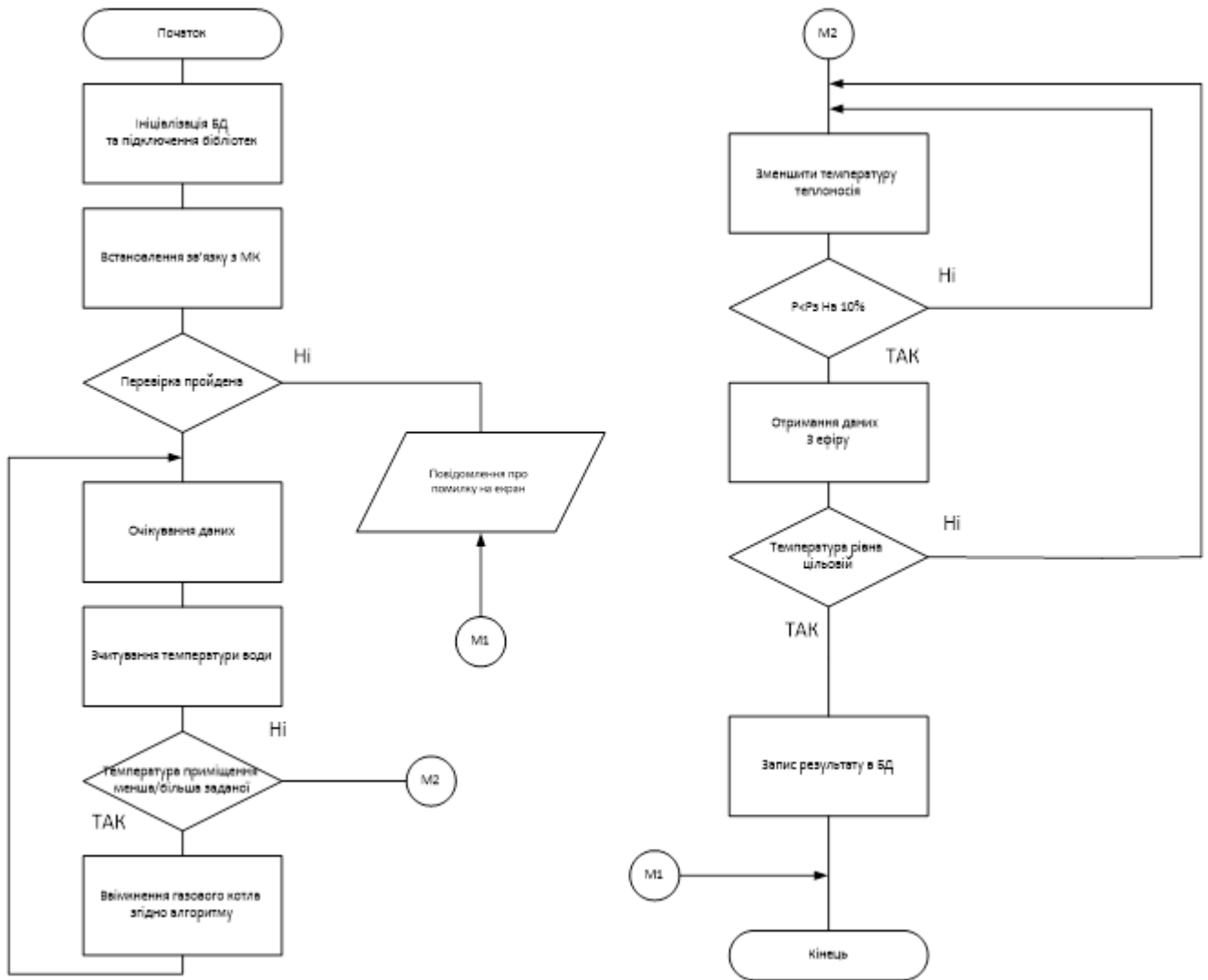


Рисунок 3.12 - Блок-схема основного алгоритму роботи системи.

Захист розробленого програмного забезпечення

Для забезпечення захисту даних у розробленому програмному забезпеченні веб-системи для командного керування проектами були використані стандартні засоби мови PHP - функції `password_hash()` та `password_verify()`.

Функція `password_hash()` відповідає за створення хешу з пароля користувача, тоді як `password_verify()` використовується для перевірки відповідності введеного пароля існуючому хешу.

Першим параметром функції `password_hash()` передається пароль, який необхідно захистити, а другим - алгоритм хешування. На сьогодні

підтримуються такі алгоритми:

`PASSWORD_DEFAULT` - застосовує алгоритм `BCrypt` і формує хеш довжиною не менше 60 символів;

`PASSWORD_BCRYPT` - використовує алгоритм `CRYPT_BLOWFISH`, при цьому хеш завжди має фіксовану довжину у 60 символів.

Основною перевагою використання `password_hash()` є те, що програмісту не потрібно самостійно генерувати “сіль” або визначати параметри складності — функція робить це автоматично. Проте, за потреби, розробник може передати власне значення “солі”, використавши третій параметр функції.

Приклад використання даної функції:

```
<?php echo password_hash("rasmuslerdorf", PASSWORD_DEFAULT); ?>
```

Результатом виконання функції буде наступне значення:

```
$2y$10$.vGA1O9wmRjrwAVXD98HNOgsNpDczlqm3Jq7KnEd1rVAGv3F  
ykk1a.
```

Приклад з передачею свого значення “солі” параметром функції:

```
<?php  
    $options = [ 'cost' => 12 ];  
    echo password_hash("rasmuslerdorf", PASSWORD_BCRYPT,  
$options);  
?>
```

Результатом виконання функції буде наступне значення:

```
$2y$12$QjSH496pcT5CEbjD/vtVeH03tfHKFy36d4J0Ltp3lRtee9HDxY3K
```

Як бачимо два значення відрізняються один від іншого.

Для запобігання XSS-атакам було реалізовано фільтрацію потенційно небезпечних символів. Зокрема, символи `<` та `>` автоматично замінюються на `<` та `>`. Це здійснюється за допомогою вбудованих PHP-функцій `htmlspecialchars()` та `strip_tags()`, які перешкоджають виконанню шкідливих скриптів у браузері користувача.

Додатково у файлі `.htaccess` можна вказати правила, що блокують небезпечні запити ще на рівні веб-сервера, наприклад:

Options +FollowSymLinks

RewriteEngine

On

RewriteCond %{QUERY_STRING} (\<|%3C).*script.*(\>|%3E) [NC,OR]

RewriteCond %{QUERY_STRING} GLOBALS(=|\\[\\%[0-9A-Z]{0,2}) [OR]

RewriteCond %{QUERY_STRING} _REQUEST(=|\\[\\%[0-9A-Z]{0,2})

RewriteRule ^(.*)\$ index.php [F,L]

Для запобігання SQL-ін'єкціям у веб-системі було застосовано функцію `mysql_real_escape_string()`, яка виконує екранування спеціальних символів у рядках перед їх вставленням у SQL-запити. Ця функція враховує кодування активного з'єднання з базою даних та забезпечує коректне очищення введених користувачем даних, що значно знижує ризик виконання шкідливих SQL-конструкцій.

4. ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Розроблене програмне забезпечення в межах цієї магістерської роботи представлено у вигляді мобільного додатка для смартфона, призначеного для командного та автоматичного керування системами «розумного дому». Щоб розпочати роботу з програмою, користувачеві необхідно перейти за посиланням <http://> та завантажити інсталяційний файл додатка (рисунок 4.1).

Як видно з рисунку, після запуску додатка відображається головне вікно програми, а також автоматично встановлюється з'єднання з мікроконтролером. Далі виконується отримання актуальних даних із підключених датчиків.

Для проходження авторизації необхідно натиснути кнопку «Налаштування». Після натискання відкривається сторінка авторизації користувача, яку подано на рисунку 4.1.



Авторизація

Ваше ім'я

Пароль

Увійти

Забули пароль?

Реєстрація

Рисунок 4.1– Сторінка авторизації користувача

Після пройденої верифікації ми отримаємо доступ до управління процесами.

На рисунку 4.2 представлено розроблену панель управління.



Рисунок 4.2 – Смарт додаток до смартфона

При натисненні наприклад віконця кондиціонер ми перейдемо до панелі зображеної на рисунку 4.3.



Рисунок 4.3 – Управління кондиціонування повітря

Точно по такому ж принципу проходить регулювання і усіх інших параметрів.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній магістерській роботі мною було розроблено автоматизовану систему управління «Розумний дім» на основі мікроконтролерних засобів, а також створено програмне забезпечення для візуалізації та керування процесами системи розумного будинку.

Крім того, було спроектовано та розроблено такі схеми:

- функціональну схему;
- схему зовнішніх з'єднань;
- принципову електричну схему;
- схему монтажу електрокомпонентів;
- а також необхідне програмне забезпечення для роботи системи.

У процесі виконання роботи отримано такі результати:

- проведено огляд сучасних технологій зв'язку, що застосовуються в системах «Розумний дім»;
- здійснено класифікацію існуючих архітектурних рішень та обрано оптимальне з точки зору ефективності керування;
- розроблено вітчизняний програмно-апаратний комплекс управління системою «Розумний дім», який у порівнянні з наявними аналогами у своєму ціновому сегменті має ширший функціонал та розширені можливості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підруч. 3-є вид., перероб і доп. Львів : УАД, 2006. 336 с.