

Український державний університет науки і технологій

Кафедра «Електронні обчислювальні машини»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри  
(підпис) (ПІБ)  
«21» 12 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Галузь знань 12 Інформаційні технології  
(шифр) (назва)

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія  
(код) (повна назва)

Тема Дослідження та розробка комп'ютеризованої системи управління розумним будинком. Підсистема отримання інформації та автоматизації функцій.

Theme Research and development of a computerized smart home management system: information retrieval and function automation subsystem.

Керівник дипломного проекту	<u>ст. викладач</u> (посада)	<u>[підпис]</u> (підпис)	<u>Дубова В.В.</u> (ПІБ)
Консультант розділу з БЖД	<u>[посада]</u> (посада)	<u>[підпис]</u> (підпис)	<u>Сабінін О.І.</u> (ПІБ)
Нормоконтролер	<u>доцент</u> (посада)	<u>[підпис]</u> (підпис)	<u>Шановалов В.І.</u> (ПІБ)
Студент групи	<u>КС1021</u> (група)	<u>КОУ</u> (підпис)	<u>КОЛОМОЙЦЬ О.О.</u> (ПІБ)
Student	<u>Kolomoiets</u> (family name)	<u>Aleksandr</u> (name)	

Дніпро  
2021

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет науки і технологій  
Кафедра «Електронних обчислювальних машин»

ДОВІДКА

За результатами перевірки випускної кваліфікаційної роботи здобувача вищої освіти Коломоєць Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: «Дослідження та розробка комп'ютеризованої системи управління розумним будинком. Підсистема отримання інформації та автоматизації функцій»

в роботі не виявлено порушень академічної доброчесності.

Керівник ВКР  ст. викл. кафедри ЕОМ Дзюба В. В.

# Український державний університет науки і технологій

Факультет Комп'ютерних технологій і систем кафедра Електронні обчислювальні машини  
Спеціальність Комп'ютерна інженерія

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри

(підпис)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня магістр  
(освітнього ступеня)

студента групи КС2021 Коломойця Олександра Олександровича  
(номер групи) (ПІБ)

1 Тема дипломної роботи Дослідження та розробка комп'ютеризованої системи управління розумним будинком. Підсистема отримання інформації та автоматизації функцій.

затверджена наказом по університету від «09» 03 2021 р. № 131-СТ.

2 Термін подання студентом закінченої роботи 23.12.2021 р.

3 Вихідні дані до дипломної роботи План квартири, схема комунікацій, план електромережі, план водопроводу, документація по Arduino UNO, датчиках температури, протічки води, освітлення, руху

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань до розробки) \_\_\_\_\_  
Огляд сучасних систем автоматизації будинку  
Комп'ютеризована система управління розумним будинком  
Дослідження енергоефективності комп'ютеризованої системи управління розумним будинком  
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5 Перелік креслень (демонстраційного матеріалу) \_\_\_\_\_

1. Порівняння сучасних систем управління для розумних будинків

2. Структурна схема системи управління розумним будинком

3. План розумного будинку з розташуванням блоків системи

4. Функціональна схема блоків системи

## 6 Розділи та консультанти

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці в надзвичайних ситуаціях	Саблін О.І.		

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Термін виконання	Обсяг розділу, %
Вступ та постановка завдання	03.09.2021 р.	5%
Огляд сучасних систем автоматизації будинку	20.09.2021 р.	25%
Комп'ютеризована система управління розумним будинком	20.10.2021 р.	45%
Дослідження енергоефективності комп'ютеризованої системи управління розумним будинком	10.11.2021 р.	15%
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	24.11.2021 р.	8%
Висновки	3.12.2021 р.	2%

Дата видачі завдання: «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Керівник дипломної роботи

\_\_\_\_\_ Дзюба В. В.  
(підпис) (ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_ Коломоєць О.О.  
(підпис) (ПІБ)

## ЗМІСТ

Вступ та постановка завдання.....	4
1 Огляд сучасних систем автоматизації будинку .....	6
1.1 Застосування та можливості систем управління «Розумний дім» .....	6
1.2 Огляд систем управління «Розумний дім».....	10
1.2.1 Огляд Amazon Echo.....	10
1.2.2 Огляд Nest Learning Thermostat .....	11
1.2.3 Огляд Apple HomeKit Netatmo .....	12
1.2.4 Огляд Meizu Lifekit .....	13
1.2.5 Огляд Google Home .....	16
1.3 Висновки аналізу сучасних систем управління «Розумний дім» .....	17
2 Комп'ютеризована система управління розумним будинком.....	19
2.1 Опис функцій системи .....	19
2.1.1 Управління освітленням .....	19
2.1.2 Управління мікрокліматом.....	19
2.1.3 Захист від протікання води .....	20
2.1.4 Безпека.....	20
2.2 Структурна схема системи.....	21
2.3 Опис пристроїв, що використовуються в системі.....	24
2.3.1 Raspberry Pi 3B+ .....	24
2.3.2 Arduino UNO R3 .....	27
2.3.3 Датчик температури та вологості DHT22.....	32
2.3.4 Датчик руху HC-SR501 .....	33
2.3.5 Датчик витрати води YF-S201 .....	34
2.3.6 Датчик концентрації CO2 MG-811 .....	35
2.3.7 Датчик протікання.....	36
2.3.8 Модуль зв'язку.....	37
2.3.9 Модуль реле .....	40

	3
2.3.10 Клапан електромагнітний.....	41
2.3.11 Підсилювальний пристрій.....	42
2.3.12 Модуль Wi-Fi.....	43
2.3.13 Протипожежний датчик.....	45
2.3.14 Датчик відкриття .....	47
2.4 Розробка апаратної частини системи.....	48
2.4.1 Блок управління освітленням.....	50
2.4.2 Блок управління мікрокліматом .....	53
2.4.3 Блок контролю від протікання води.....	54
2.4.4 Блок контролю безпеки .....	56
2.5 Розробка програмної частини системи.....	58
2.5.1 Розробка алгоритмів роботи блоків системи.....	58
2.5.2 Розробка програмного забезпечення блоків системи.....	64
2.6 Результати розробки системи.....	76
3 Дослідження енергоефективності комп'ютеризованої системи управління розумним будинком.....	78
3.1 Енергоефективність без використання системи.....	78
3.2 Енергоефективність з використанням системи	<b>Помилка! Закладку не визначено.</b>
3.3 Висновки дослідження енергоефективності	<b>Помилка! Закладку не визначено.</b>
ВИСНОВКИ.....	84
ЛІТЕРАТУРА .....	<b>Помилка! Закладку не визначено.</b>
ДОДАТКИ .....	89

## ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

До 2025 року кожен п'ятий будинок в Європі і кожен третій в США стануть «розумними». Експерти відзначають, що бар'єром для розвитку ринку є висока вартість систем «розумний дім».

Термін «розумний будинок» в основному використовується тільки в СНГ. Під ним розуміються дві окремі концепції: автоматизацію особистого житла (smart home, home automation) і автоматизацію житлового будинку (smart house, building automation). Так як слово «будинок» в українській мові означає і квартиру, і багатоквартирне будівлю, і приватне малоповерхове домоволодіння, то під загальним терміном «розумний дім» розуміються всі ці три види автоматизації.

Поняття smart home і building automation в Європі і США також можуть сильно варіюватися і означати як автоматизацію однієї квартири, так і цілого багатоквартирного житла. Найбільшим попитом серед компонентів системи «розумного» будинку, як показують дослідження [1], стали смарт-термостати, системи безпеки, «розумні» електричні лампочки, мережеві камери відеоспостереження, аудіосистеми, що охоплюють кілька приміщень відразу.

Таким чином, дослідження та розробка комп'ютеризованої системи управління розумним будинком є досить актуальною темою.

В кваліфікаційній роботі виконується дослідження та розробка підсистеми отримання інформації та автоматизації функцій.

В цій системі передбачаються наступні функції: управління освітленням; управління мікрокліматом; захист від протікання води; вентиляція; безпека; управління електроприладами.

Метою роботи є проектування архітектури, розробка алгоритмів роботи і реалізація комп'ютеризованої системи управління розумним будинком для кінцевого споживача.

Об'єктом дослідження є технології управління процесами контролю і збору даних про стан обладнання та повітря у приміщеннях.

Предметом дослідження є використання сучасних технологій для автоматизації контролю та управління обладнанням будинку.

Завдання, що потрібно виконати:

- огляд сучасних систем автоматизації будинку;
- опис функцій розроблюваної системи;
- опис пристроїв, що використовуються;
- розробка апаратної частини блоків системи;
- розробка алгоритмів роботи блоків системи;
- розробка програмного забезпечення блоків системи;
- дослідження енергоефективності комп'ютеризованої системи управління розумним будинком.

# 1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ БУДИНКУ

Для розробки системи автоматизації будинку, необхідно розглянути подібні системи, які вже існують на ринку.

## 1.1 Застосування та можливості систем управління «Розумний дім»

Розумний дім – це інтеграція та управління освітленням, безпекою, мультимедіа, клімат-контроль та іншими електронними системи в межах будинку. Зазвичай, це підмножина автоматизації в будівлі, яка зосереджується на житлових приміщеннях у масштабі квартири або сімейного будинку. Головна мета – зробити повсякденне життя більш комфортним, безпечним та енергоефективним [2].

Пристрої розумного будинку взаємоз'єднуються в мережу та контролюються спеціалізованим програмним забезпеченням. Яке підключається до пристроїв, контролює їх стан і реагує на події. Система виконує багато завдань, що дозволяє власникам будівлі витратити більше часу на питання, які дійсно важливіші. Система управління не тільки забезпечує комфортність, зберігає повітря свіжим та температуру комфортною, контролює опаленням та вентиляцію, а також дозволяють здійснювати автоматизовані операції управління:

- освітленням;
- безпекою;
- побутовими приладами
- водопостачанням та газопостачанням[3].

Усі перелічені операції, можуть контролюватися, як у будинку або у віддаленому доступі (рис. 1.1).

Наприклад, існує можливість відкривати та закривати двері та вікна будинка або вимикати всі вогні однією кнопкою у вашій спальні.

Прокидатися під улюблені мелодії, та з кип'яченою водою у чайнику для готування кави, або чаю. При виїзді з гаражу брама відчиняється одною голосовою командою. Після виїзду та промови голосової команди на закриття дверей, дверні замки автоматично зачиняються та активується система безпеки. Розумний дім може запускати полив газону, відповідно до прогнозу погоди з Інтернету [1].

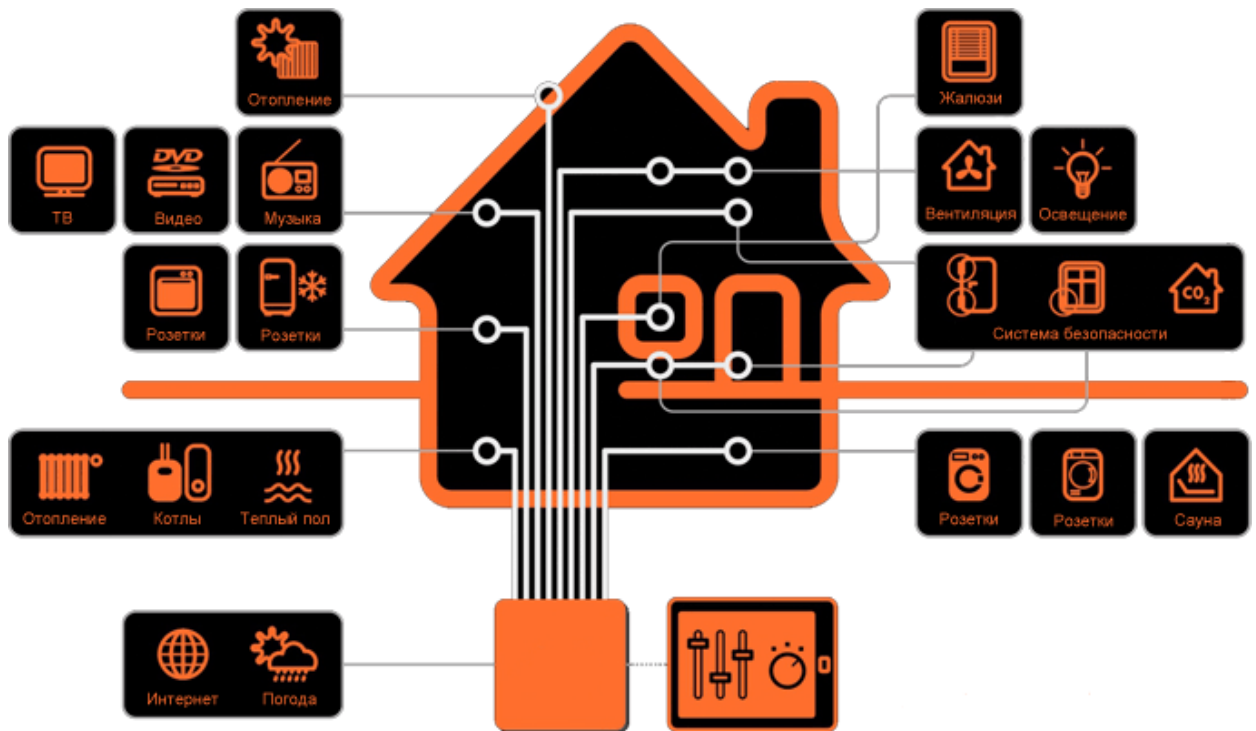


Рисунок 1.1 – Приклад системи «Розумний дім»

Незважаючи на те, що ця ідея звучить дуже технічно та футуристично, справжній розумний дім інтуїтивно зрозумілий і простий у використанні, так що кожен, хто живе у родині, має змогу використовувати його можливості на всі сто відсотків. У майбутньому розумні будинки, швидше за все, стануть такими ж поширеними, як пральні машини. На сьогоднішній день кожен другий новий будинок в США має вбудовану систему управління [4].

Голосові помічники, такі як Amazon Alexa (рисунок 1.2) та Google Home (рис. 1.3) [5], як і раніше, відчуються нам дивними, але вони популярні в основному через те, наскільки зручні та прості у використанні.

Саме з цієї причини вони є одними з перших розумних рішень, які споживачі додають до своїх будинків. Виробники сучасних пристроїв для домашньої автоматизації знають це і швидко беруть на борт, щоб їх електронні та освітлювальні прилади могли контролюватися за допомогою голосових помічників. Кухня є найчастіше використаною зоною для голосових помічників, це дає людям можливість робити вільні руки [5].



Рисунок 1.2 – Голосовий помічник від Amazon «Alexa»

Пристрої автоматизації для кухні можуть зняти питання про вимірювання з домогосподарок, встановлювати таймер, а також вказувати список дій та необхідні інгредієнти для приготування улюблених страв. А голосовий контроль - це загальна зручність, де він навіть може бути інструментом для організації чистоти у оселі. Замість того, щоб натискати на вимикач світла брудними руками, домовласники можуть надати голосові команди для помічника, який в свою чергу виконає задані дії.

Але можливість керувати включенням світла це не зовсім розумний будинок, а просто контроль і зручність. Використання голосових команд дійсно буде корисним, коли можливо буде надавати голосовим помічникам можливість робити справжню роботу.

Система домашнього інтелектуального дому цілком вирішує цю проблему однією командою, яка може ініціювати дії з кількох пристроїв одночасно. Коли є освітлення, телебачення, динаміки та клімат-контроль, пов'язані одне з одним як одне ціле, голосовий помічник стає набагато корисніше. Очевидно одне: споживачі чекають голосовий контроль для всієї оселі [6].



Рисунок 1.3 – Голосовий помічник Google Home

На сьогоднішній день ринок розумних будинків став досить великим, щоб мати спеціалізовані рішення. Виникла велика кількість невеликих постачальників домашньої автоматизації, а також гіганти автоматизації почали усвідомлювати необхідність рішень, призначених для домашнього використання [7]. Проте пропонувані системи часто дорогі, складні та негнучкі. З іншого боку, дійсно прості і доступні рішення, такі як X10 [8], все ще мають дуже обмежену функціональність. Ось чому ринок домашньої автоматизації значно відстає від очікувань та можливостей. У нас вже є всі технології та обладнання, щоб побудувати комерційно успішні „Розумні будинки”, про які сьогодні тільки мріють люди. Це все просто справа хорошого програмного забезпечення.

## 1.2 Огляд систем управління «Розумний дім»

В наш час існує чимало відомих та нових брендів, але, зазвичай, в усіх є переваги та недоліки. Саме цьому і присвячено цей підрозділ, в якому оглянемо та визначимо сильні та слабкі сторони світових брендів, серед яких:

- 1) Amazon Echo;
- 2) Nest Learning Thermostat;
- 3) Apple HomeKit Netatmo;
- 4) Meizu LifeKit;
- 5) Google Home [10].

Головні параметрами в нас будуть наступні:

- 1) масштабованість;
- 2) ціна;
- 3) підтримка різноманітних пристроїв;
- 4) мова сприйняття команд, якщо це передбачено;
- 5) підтримка сторонніх засобів управління.

### 1.2.1 Огляд Amazon Echo

Amazon Echo (скорочено називається Echo) – це марка розумних носіїв, розроблених Amazon.com [11]. Апарати підключаються до голосового інтелектуального персонального голосового помічника Alexa, який відповідає на ім'я "Alexa". Це слово пробудження, може змінюватися користувачем на "Amazon", "Echo" або "Computer". Пристрій підтримує голосові взаємодії, відтворення музики, створення списків справ, налаштування нагадувань, трансляцію подкастів, відтворення аудіокниг, інформацію про погоду, трафіку та іншої інформації в реальному часі. Він також може керувати кількома розумними пристроями, використовуючи себе як концентратор домашньої автоматизації.

Має наступний ряд переваг:

- 1) вбудований голосовий помічник;
- 2) легко масштабується;
- 3) відносна невелика ціна;
- 4) підтримка усіх сучасних смартфонів;
- 5) має можливість під'єднати сторонні засоби домашньої автоматизації.

Недоліки:

- 1) не сприймає українську та російську мову.

### 1.2.2 Огляд Nest Learning Thermostat

Nest Learning Thermostat – це розумний термостат, розроблений Nest Labs (рисунок 1.4). Це електронний, програмований пристрій, який здатен до навчання. Пристрій із підтримкою Wi-Fi, який оптимізує опалення та охолодження будинків та підприємств для економії енергії [12].



Рисунок 1.4 – Вигляд системи Nest Learning Thermostat

Заснований на алгоритмі машинного навчання: протягом перших тижнів користувачі повинні регулювати термостат, щоб забезпечити набір еталонних даних. Після чого Nest Learning Thermostat навчиться графіку

людей, яку температурі вони використовують і коли. Використовуючи вбудовані, він може перейти в режим енергозбереження, коли він усвідомлює, що ніхто не вдома.

Переваги:

- 1) використання алгоритму машинного навчання;
- 2) мала ціна
- 3) ручне керування через Wi-Fi.

Недоліки:

- 1) не масштабується;
- 2) не підтримує сторонні засоби управління;
- 3) малий функціонал;
- 4) відсутність вбудованої системи розпізнавання голосових команд.

### 1.2.3 Огляд Apple HomeKit Netatmo

HomeKit - це програмне забезпечення компанії Apple, яке дозволяє користувачам налаштувати свій iPhone або інший пристрій Apple для керування смарт-побутовою технікою, має наступний вигляд – рисунок 1.5. Користувачі можуть вмикати електроприлади в будинку за допомогою простого диктування голосом до Siri або через додатки [13]. HomeKit був вперше випущений з iOS 8 у вересні 2014 року.

Виробники пристроїв з підтримкою HomeKit повинні придбати програму MFI і всі продукти HomeKit повинні мати копроцесор шифрування. Обладнання, вироблене без підтримки HomeKit, може бути увімкнено для використання через продукт "шлюз", наприклад, концентратор, який з'єднує ці пристрої та службу HomeKit.



Рисунок 1.5 – Вигляд системи управління Apple HomeKit Netatmo

#### Переваги:

- 1) вбудований голосовий помічник;
- 2) підтримка усіх сучасних смартфонів;
- 3) має можливість під'єднати сторонні засоби домашньої автоматизації;
- 4) багатий перелік готових функцій.

#### Недоліки:

- 1) велика ціна;
- 2) є проблеми з масштабованістю;
- 3) не підтримує OS Android.

#### 1.2.4 Огляд Meizu Lifekit

Китайська компанія Meizu також долучилася до виробників-гігантів домашньої автоматизації, випустивши нову системою Lifekit, яка складається з декількох пристроїв, включаючи розумну лампочку (X-Plus SMART Bulb), підлогові виги (RuFit), очищувач повітря (Air Box), розумний кондиціонер

(Smart A / C), який контролює якість повітря у домі [27], усі пристрої зображено на рисунках 1.6-1.9.



X-Light Plus  
smart lamp

Рисунок 1.6 – Розумна світлодіодна лампочка X-Plus SMART Bulb



RyFit  
smart scale

Рисунок 1.7 – Підлогові ваги RyFit



Air Box

Рисунок 1.8 – Очищувачі повітря Air Box



Рисунок 1.9 – Розумний кондиціонер Smart A / C

Ці продукти розроблені у партнерстві з Haier і Alibaba, в основному однаковим устаткуванням, але вони інтегровані в платформу Lifekit Meizu. Meizu, Haier і Alibaba будуть співпрацювати, щоб запропонувати додаткові пристрої, які будуть інтегровані в Lifekit, і запропонують SDK, що дозволить стороннім додаткам приєднатися [14].

Управління кожним з перерахованих вище пристроїв здійснюється за допомогою Android-смартфона, на якому попередньо повинно бути встановлено спеціальний додаток Life Kit. Система відноситься до змішаного типу [29].

Переваги:

- 1) наявність готових пристроїв;
- 2) простота установки і налаштування;
- 3) функції керуючого пристрою бере на себе телефон.

Недоліки:

- 1) порівняно малий функціонал;
- 2) обмежений вибір устаткування;
- 3) прив'язка до пристроїв від Meizu.

### 1.2.5 Огляд Google Home

Система від Google дозволяють користувачам використовувати команди для взаємодії з сервісами через інтелектуального персонального помічника Google, який називається Google Assistant [15], вона зображена на рисунку 1.10. Велика кількість функцій, як внутрішніх, так і сторонніх, інтегровано в систему. Це дозволяє користувачам слухати музику, керувати відтворенням відео та фотографій або отримувати новини і все це за допомоги голосових команд.



Рисунок 1.10 – Вигляд системи Google Home

Пристрої Google також мають вбудовану підтримку домашньої автоматизації, дозволяючи користувачам керувати розумними побутовими приладами своїм голосом. Домашні пристрої від Google можна розміщувати в різних кімнатах у будинку, для синхронного відтворення музики. Оновлення в квітні 2017 року забезпечило підтримку декількох користувачів, що дозволило пристрою розрізняти до шести осіб голосом. У травні 2017 року Google оприлюднила декілька оновлень для функціональності Google

Ноте, зокрема: безкоштовні телефонні дзвінки в режимі "вільні руки" в США та Канаді; оновлення випереджають заплановані події.

Переваги:

- 1) вбудований голосовий помічник;
- 2) масштабованість;
- 3) підтримка усіх сучасних смартфонів;
- 4) має можливість під'єднати сторонні засоби домашньої автоматизації;
- 5) велика кількість мов для розпізнавання;
- 6) великий вибір готових функцій.

Недоліки:

- 1) висока ціна;
- 2) повільна швидкість розпізнавання;

### 1.3 Висновки аналізу сучасних систем управління «Розумний дім»

Основні параметри сучасних систем управління для розумних будинків зведемо до порівняльної таблиці 1.1.

Отже, провівши огляд, було виявлено перелік проблем, які є на даний час у сучасних системах управління для розумних будинків. Зазвичай це висока ціна, малий перелік готових функцій, відсутність україномовного та російськомовного розпізнавання голосових команд. Слід відзначити, що сучасні бренди поступово намагаються вирішити їх, але це складне завдання [16].

Аналізуючи сучасні системи управління також можемо прийняти рішення щодо шляхів подальшої розробки комп'ютеризованої системи управління розумним будинком.

Таблиця 1.1 - Порівняння сучасних систем управління для розумних будинків

	Масштабованість	Ціна	Підтримка різноманітних пристроїв	Мова сприйняття голосових команд	Підтримка сторонніх засобів управління
Amazon Echo	підтримуються різноманітні пристроїв	від 1000 грн	усі сучасні смартфони	немає укр. та рос. мов	є
Nest Learning Thermostat	немає підтримки інших пристроїв	від 4000 грн	ручне керування через Wi-Fi	немає	немає
Apple HomeKit Netatmo	підтримуються лише пристрої Apple	від 5000 грн	усі сучасні смартфони	рос. мова	є
Meizu LifeKit	підтримуються різноманітних пристроїв	від 2000 грн	обмежений перелік, за допомогою телефону	немає	є
Google Home	підтримуються різноманітні пристроїв	від 1300 грн	усі сучасні смартфони	є укр. та рос. мови	є

Вся система буде складатися з незалежних між собою модулів, призначений для управління певним процесом або контролю певних параметрів. Основою кожного модуля буде складати плата Arduino зі своєю програмою. Дані зі всіх модулів будуть передаватись у головний модуль, який і буде реалізувати централізоване керування всіма модулями за вказівками власника будинку. Основою головного модуля пропонується обрати мікрокомп'ютер серії Raspberry. Це надасть можливість мати керовану систему, в яку можна буде додавати нові модулі при потребі.

## 2 КОМП'ЮТЕРИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ

### 2.1 Опис функцій системи

В системні управління розумним будинком передбачені наступні функції:

- управління освітленням;
- управління електроприладами;
- управління мікрокліматом;
- управління вентиляцією;
- захист від протікання води;
- контроль безпеки.

#### 2.1.1 Управління освітленням

«Розумне» освітлення буде розуміти всі бажання господаря: по заданому господарем сценарієм включаються і виключаються лампочки і світильники, у визначений час запалюється вечірнє освітлення, вночі будинок сам вимикає світло у всіх кімнатах. З «розумним» світлом житло легко перетворити в надзвичайно затишний і казковий куточок, де так приємно проводити час. Одне натискання кнопки на панелі, і можна запустити будь-який світловий сценарій. В цьому ж блоці можна будет реалізувати плавне вмикання світла, а також роботу освітлювальних приладів на деяку долю потужності.

#### 2.1.2 Управління мікрокліматом

Розробка параметрів включення і відключення систем обігріву та охолодження дає можливість не тільки отримати найбільш комфортні умови, а й значною мірою економити. Налаштування програми «Ніч» дозволить

отримати під час сну приємну прохолоду, а з настанням ранку система поступово підвищить температуру. У момент скупчення великої кількості людей інтенсивніше починає працювати система вентиляції.

Система управління приймає рішення самостійно про те, який з пристроїв має бути включено, наприклад, зниження температури роботи кондиціонера автоматично відключає систему «тепла підлога». Система може враховувати і зовнішні параметри, наприклад пору року, температуру або зміни кліматичних умов.

### 2.1.3 Захист від протікання води

Система безперервно відслідковує наявність витіку води. Коли система виявила витік води, вона автоматично перекриває крани подачі води в будинок, а також відправляє повідомлення господарю, з інформацією, що стався витік води, та де саме це трапилося.

### 2.1.4 Безпека

Безпека абсолютно всіх приміщень будинку, а також прибудинкових територій – під контролем охоронної системи «Розумний Будинок». Система безпеки включає в себе датчики відкриття вікон, дверей, датчики руху у приміщеннях будинку та протипожежні датчики. Причому протипожежні датчики працюють весь час, а опитування інших датчиків відбувається тільки після того, як з будинку всі вийдуть та поставлять його на охорону. Також в системі можна передбачити нічний час охорони сну, коли контролюються тільки датчики зовнішнього проникнення, а датчики руху у приміщеннях не перевіряються.

У разі проникнення або пожежної небезпеки у головному блоці системи включається звукова та світлова сигналізація, а також відправляється смс власнику про надзвичайну подію.

### 2.1.5 Управління електроприладами

Будинок самостійно „спілкується” з електроприладами. Телевізор, праска, пральна і посудомийна машина, духовка шафа, холодильник, електрообігрівач – всі електроприлади в будинку можуть підпорядковуватися одному натисненню клавiші на панелі управління.

### 2.2 Структурна схема системи

З огляду на функції розроблюваної системи можемо скласти її структурну схему (рис. 2.1).

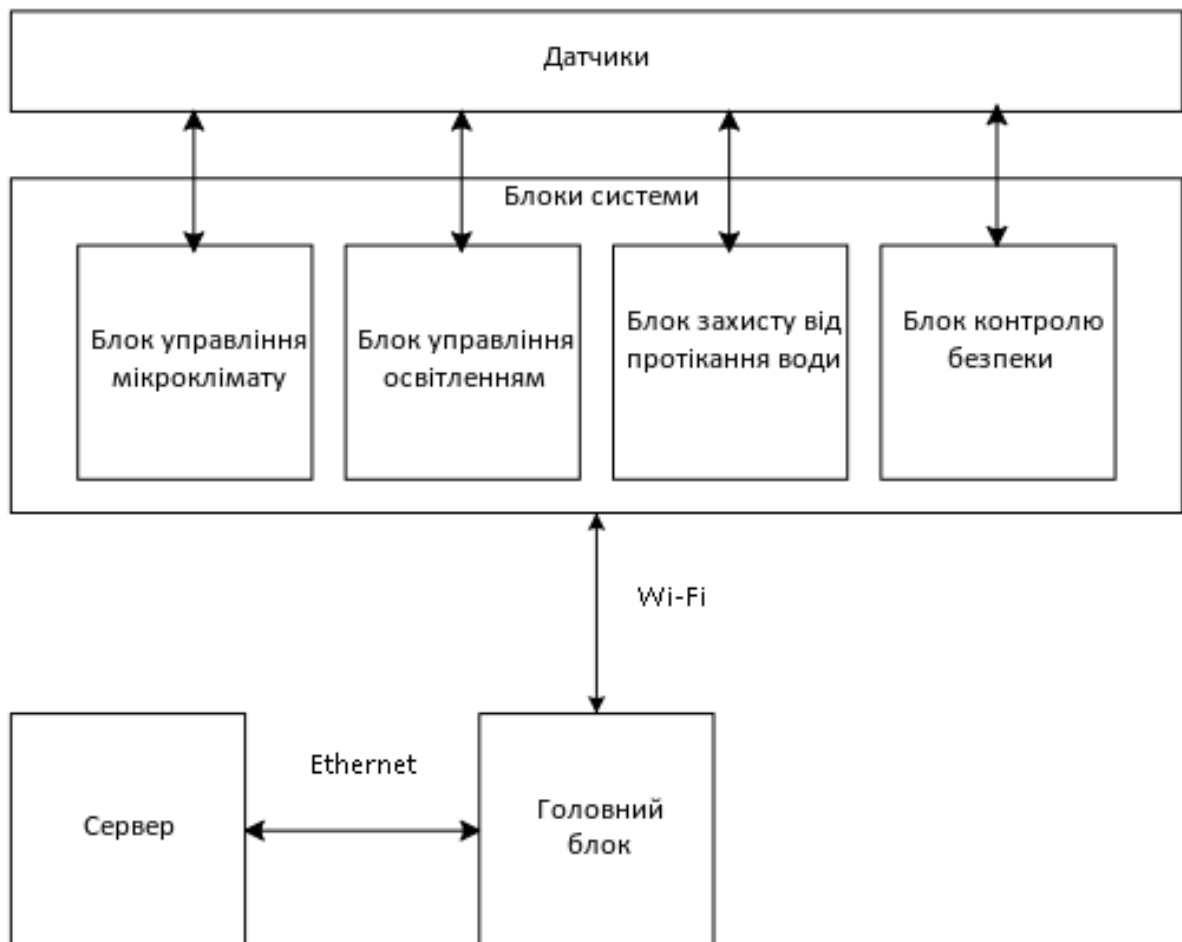


Рисунок 2.1 – Структурна схема системи

При розробці системи управління спочатку уточнюється кількість приміщень, в яких потрібно керувати освітленням, різним обладнанням тощо.

Після чого складається план розташування обладнання та блоків керування, визначаючи, яких саме блоків скільки потрібно.

Потім здійснюється підключення блоків до обладнання, налаштування необхідних параметрів в програмі головного блоку.

Обов'язковим етапом впровадження системи в роботу є запуск в режимі тестування, при якому відбувається ініціалізація всіх підключених блоків, установка в них потрібних параметрів, що визначають кількість і стан підключеного обладнання та датчиків, їхні параметри по замовчуванню. Також в режимі тестування відбувається тестова перевірка роботи обладнання та отримання інформації від датчиків.

Після цих процедур комп'ютеризована система управління розумним будинком буде готова до застосування.

Розглянемо склад системи для двоповерхового будинку, план якого подано на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – План будинку з установленими блоками системи:

а) 1-й поверх; б) 2-й поверх;

ГБ – головний блок; БУМ – блок управління мікроклімату;

БУО – блок управління освітленням; БЗП – блок захисту від протікання води;

БКБ – блок контролю безпеки.

Кожне із житлових приміщень повинно мати блок управління мікрокліматом та блок управління освітленням, який також повинен бути ще і на сходах, в коридорі та в прихожій.

Блок контролю безпеки розташований на вхідній групі, а блок захисту від протікання води повинен бути у тих приміщеннях, де є підводка води, тобто у ванних та кухні.

Головний блок один і розташовується у одному з житлових приміщень.

Для живлення блоків будемо використовувати модуль автономного живлення та імпульсний блок живлення. Блоки розташовані поруч будуть мати одне джерело живлення, для мінімізації їх кількості. Один блок живлення в змозі забезпечувати живлення декількох блоків системи. Головний блок буде мати окреме джерело живлення.

Таким чином, для даного будинку потрібно мати:

- ГБ – 1 шт;
- БУМ – 6 шт;
- БУО – 8 шт;
- БЗП – 3 шт;
- БКБ – 1 шт.

Обмін між блоками здійснюється через модулі Wi-Fi, що є у кожному блоці.

### 2.3 Опис пристроїв, що використовуються в системі

В системі використовуються наступні пристрої:

- Raspberry Pi 3B+
- Arduino UNO R3
- Датчик температури DS18B20
- Датчик руху HC-SR501
- Датчик витрати води YF-S201
- Датчик концентрації CO2 MG-811
- Датчик протікання
- Модуль реле
- Клапан електромагнітний
- Модуль Wi-Fi
- Протипожежний датчик
- Датчик відкриття

#### 2.3.1 Raspberry Pi 3B+

Raspberry Pi [18] – одноплатний комп'ютер розміром з банківську карту, спочатку розроблений як бюджетна система для навчання інформатиці. Згодом отримав набагато більш широке застосування і популярність, ніж очікували його автори.

З плином часу Raspberry Pi пережила кілька модифікацій, кожна з яких відрізнялася від попередника будь-яким параметром. Такий підхід дозволив регулювати вартість виробу в залежності від потреб користувача, що також позитивно позначилося на популярності пристрою. Вся лінійка Raspberry Pi застосовує процесори з АРМ-архітектурою, яка зарекомендувала себе з кращого боку.

Його зображення наведено на рис. 2.3 та рис. 2.4, характеристики у таблиці 2.1.

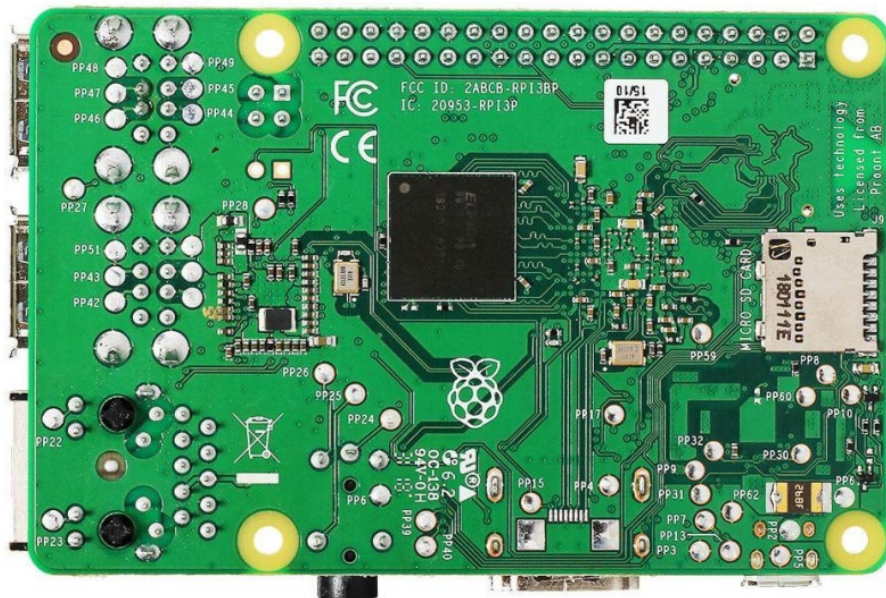


Рисунок 2.3 – Raspberry Pi 3 Model B+ вигляд згори [13]

Хоча Raspberry Pi зовні нагадує Arduino, він все-таки використовує кардинально інший спосіб функціонування. Дана плата, як і звичайний ПК, працює під управлінням однієї із спеціалізованих операційних систем.

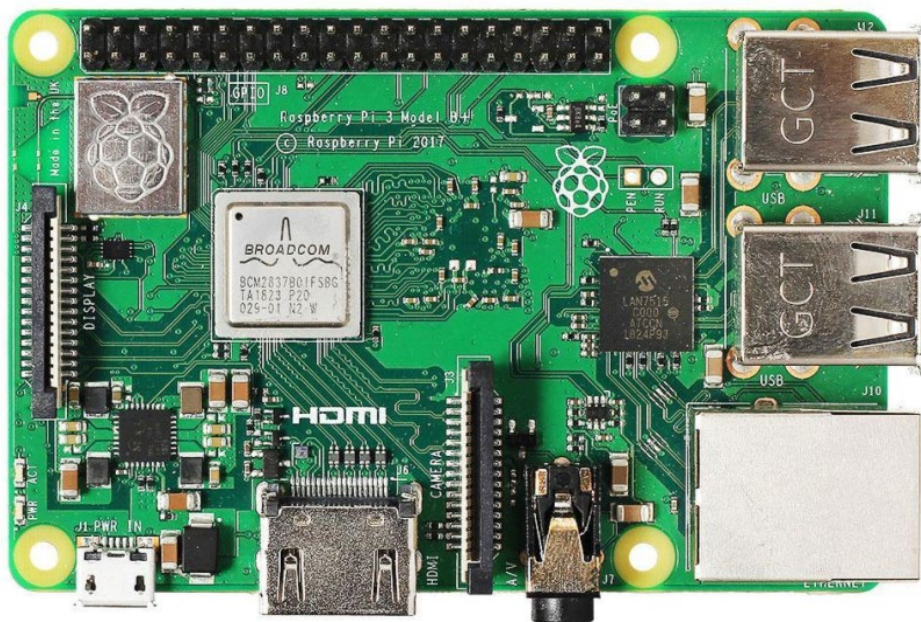


Рисунок 2.4 – Raspberry Pi 3 Model B+ вид знизу [13]

Вона найкраще підходить для реалізації проєктів по управлінню різними одноплатними пристроями на базі Arduino.

Таблиця 2.1 – Характеристики Raspberry Pi 3 Model B+

Параметр	Значення
Чіп	Broadcom BCM2837B0 64-bit
Архітектура ядра	
ЦПУ	
ОЗУ	1GB LPDDR2
Локальна мережа	Gigabit Ethernet (Microchip LAN7515, швидкість до 300Mbps)
GPIO	40 пинов
Живлення	Micro USB socket 5V, 2.5A

Вартість плати на сайті [www.miniboard.com.ua](http://www.miniboard.com.ua) складає 1 245 грн

Відмінні особливості:

- Комп'ютер працює на базі Linux
- Відтворює Full HD відео 1080
- Основу Raspberry Pi Model B складає система на чіпі (SoC) Broadcom BCM2835 з процесором ARM1176JZF-S (частота 700 МГц) і відеоприскорювачем VideoCore IV, що підтримує Full HD- дозвіл
- Обсяг ОЗУ становить 512 МБ
- Розмір плати становить 85,6 x 54,0 x 17 мм
- Raspberry Pi оснащений композитним відеовиходом RCA і HDMI для підключення до монітора, а також 3,5-міліметровим роз'ємом для підключення настільної аудіосистеми або навушників

- Системним накопичувачем є карти пам'яті SD / MMC з попередньо встановленою ОС Linux. При необхідності до комп'ютера можна підключити зовнішній жорсткий диск.
- Споживання енергії Raspberry Pi становить всього 3,5 Вт

Інтерфейси і входи-виходи:

- UART
- Слот для карт пам'яті SD / MMC / SDIO
- Роз'єм HDMI
- Аудіо роз'єм: 3.5мм стерео
- Композитний відеовихід • 2x USB 2.0
- 10 / 100Mb RJ45 Ethernet
- 16 портів введення / виводу (3.3v), інтерфейси I2C і SPI і інтерфейс ARM JTAG.
- Інтерфейс DSI interface
- Інтерфейс MIPI CSI-2

### 2.3.2 Arduino UNO R3

Arduino Uno [19] є плата мікроконтролера на базі ATmega328. Його зображення наведено на рис. 2.5 та рис. 2.6, характеристики у таблиці 2.2.

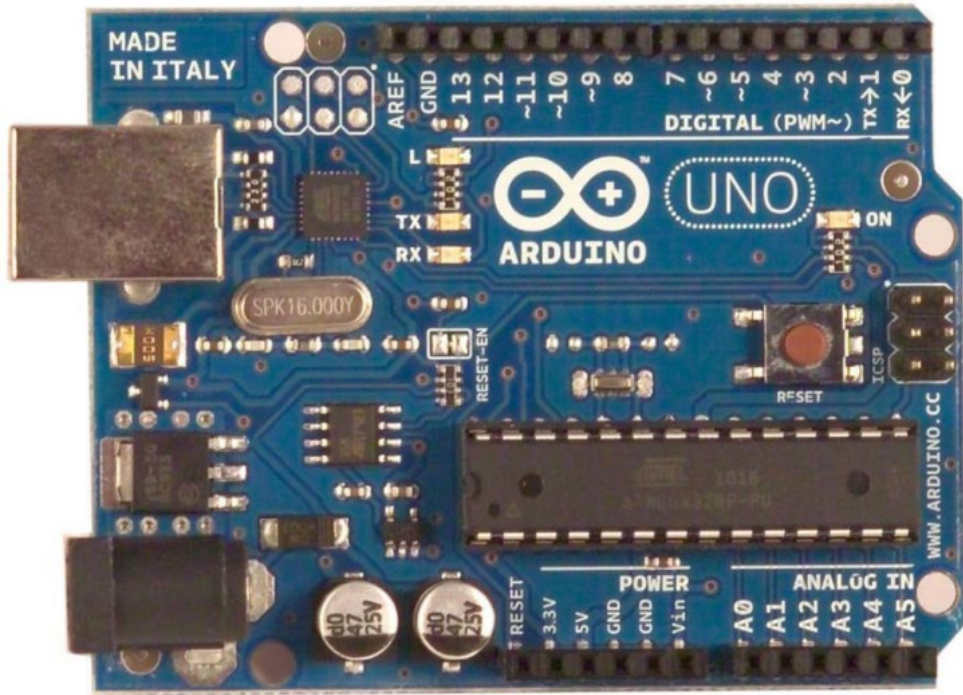


Рисунок 2.5 – Arduino UNO, вигляд згори

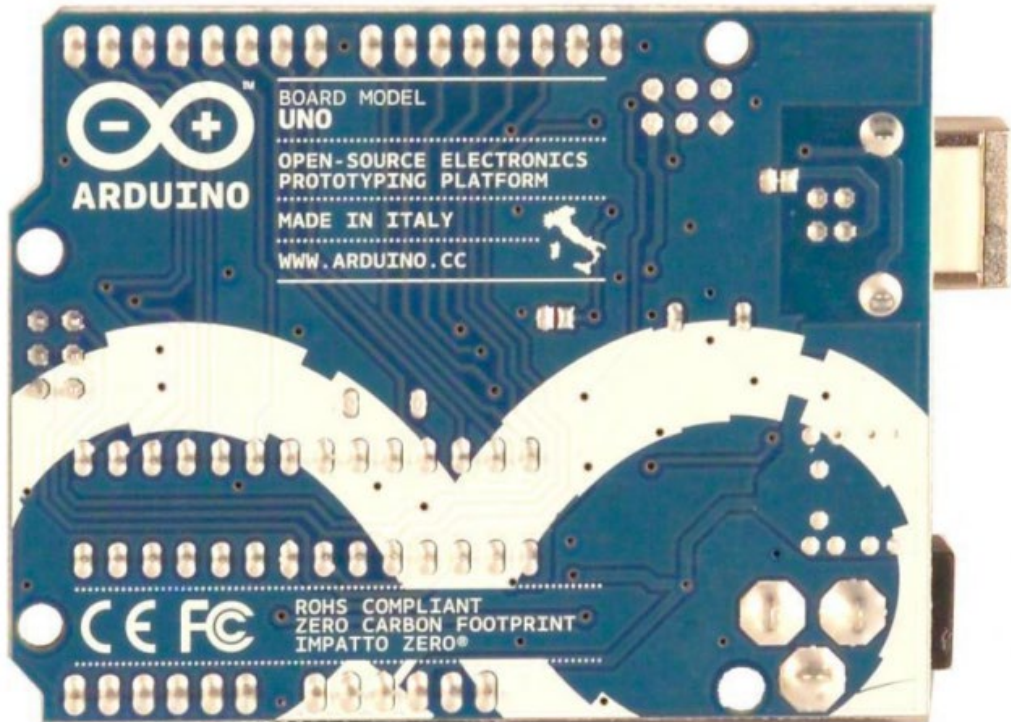


Рисунок 2.6 – Arduino UNO, вигляд знизу

Таблиця 2.2 – Характеристики Arduino UNO

Параметр	Значення
Мікроконтролер	ATmega328
Робоча напруга	5В

Вхідна напруга (рекомендований)	7-12В
Вхідна напруга (граничне)	6-20В
Цифрові Входи / Виходи	14 (з них 6 можуть використовуватися в якості ШІМ-виходів)
Аналогові входи	6
Постійний струм через вхід / вихід	40 mA
Постійний струм для виведення 3.3 В	50 mA
Флеш-пам'ять	32 КБ з яких 0.5 КБ використовуються завантажувачем
ОЗУ	8 КБ
Незалежна пам'ять	4 КБ
Тактова частота	16 MHz

Вартість плати на сайті [aliexpress.com](http://aliexpress.com) складає \$2.91 [9].

На платформі розташовані 14 контактів (pin) цифрового введення і виведення, 6 контактів аналогового введення і вхідний контакт Reset.

Важливо відзначити, що також є вбудований стабілізатор напруги, тому блок живлення можна використовувати будь-який нестабілізований. Ще однією особливістю є вбудована можливість обміну даними з ПК через USB-порт.

Arduino Uno може живиться від USB або від зовнішнього джерела живлення - тип джерела вибирається автоматично.

В якості зовнішнього джерела живлення (не USB) може використовуватися мережевий AC / DC-адаптер або акумулятор / батарея. Штекер адаптера (діаметр - 2.1мм, центральний контакт - позитивний) необхідно вставити у відповідний роз'єм живлення на платі. У разі живлення від акумулятора / батареї, її дрот необхідно під'єднати до висновків Gnd і Vin роз'єму POWER.

Напруга зовнішнього джерела живлення може бути в межах від 6 до 20 В. Однак, зменшення напруги живлення нижче 7В призводить до зменшення напруги на виводі 5V, що може стати причиною нестабільної роботи пристрою. Використання напруги більше 12В може призводити до перегріву стабілізатора напруги і виходу плати з ладу. З огляду на це, рекомендується використовувати джерело живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12В.

Обсяг флеш-пам'яті ATmega328 становить 32 КБ (з яких 0.5 КБ використовуються загрузчиком). Мікроконтролер також має 2 КБ пам'яті SRAM і 1 КБ EEPROM (з якої можна зчитувати або записувати інформацію за допомогою бібліотеки EEPROM).

Входи і виходи Arduino Uno:

З використанням функцій `pinMode()`, `digitalWrite()` і `digitalRead()` кожен з 14 цифрових висновків може працювати в якості входу або виходу.

Рівень напруги на висновках обмежений 5В. Максимальний струм, який може віддавати або споживати один висновок, становить 40 мА. Всі висновки пов'язані з внутрішніми підтягуючими резисторами (за замовчуванням відключеними) номіналом 20-50 кОм.

Крім цього, деякі висновки Ардуіно можуть виконувати додаткові функції:

Послідовний інтерфейс: висновки 0 (RX) і 1 (TX). Використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних по послідовному інтерфейсу. Ці висновки з'єднані з відповідними висновками мікросхеми ATmega8U2, яка виконує роль перетворювача USB-UART.

Зовнішні переривання: висновки 2 і 3. Або можуть служити джерелами переривань, що виникають при фронті, спаді або при низькому рівні сигналу на цих висновках.

ШІМ: висновки 3, 5, 6, 9, 10 і 11. За допомогою функції `analogWrite()` можуть виводити 8-бітові аналогові значення в вигляді ШІМ-сигналу.

Інтерфейс SPI: висновки 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Із застосуванням бібліотеки SPI дані висновки можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу SPI.

Світлодіод: 13. Вбудований світлодіод, приєднаний до висновку 13. При відправці значення HIGH світлодіод включається, при відправці LOW - вимикається.

В Arduino Uno є 6 аналогових входів (A0 - A5), кожен з яких може представити аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значень). За замовчуванням, вимір напруги здійснюється щодо діапазону від 0 до 5 В. Проте, верхню межу цього діапазону можна змінити, використовуючи висновок AREF і функцію `analogReference()`.

Крім цього, деякі з аналогових входів мають додаткові функції: TWI: висновки A4 або SDA і висновки A5 або SCL. З використанням бібліотеки `Wire` дані висновки можуть здійснювати зв'язок по інтерфейсу TWI.

Крім перерахованих на платі існує ще кілька висновків: AREF. Опорна напруга для аналогових входів. Може бути задіяний функцією `analogReference().Reset`. Формування низького рівня (LOW) на цьому висновку призведе до перезавантаження мікроконтролера. Зазвичай цей висновок служить для функціонування кнопки скидання на платах розширення.

Щоб кожен раз перед завантаженням програми не було потрібно натискати кнопку скидання, Arduino Uno спроектований таким чином, що дозволяє здійснювати його скидання програмно з підключеного комп'ютера.

Один з висновків ATmega8U2 / 16U2, який бере участь в управлінні потоком даних (DTR), з'єднаний з висновком RESET мікроконтролера ATmega328 через конденсатор номіналом 100 нФ. Коли на лінії DTR з'являється нуль, висновок RESET також переходить в низький рівень на час, достатній для перезавантаження мікроконтролера. Дана особливість використовується для того, щоб можна було прошивати мікроконтролер

всього одним натисненням кнопки в середовищі програмування Ардуіно. Така архітектура дозволяє зменшити таймаут завантажувача, оскільки процес прошивки завжди синхронізований зі спадом сигналу на лінії DTR. Однак ця система може призводити і до інших наслідків.

При підключенні Uno до комп'ютерів, що працюють на Mac OS X або Linux, його мікроконтролер буде скидатися при кожному з'єднанні програмного забезпечення з платою. Після скидання на Arduino Uno активізується завантажувач на час близько півсекунди. Незважаючи на те, що завантажувач запрограмований ігнорувати сторонні дані (тобто всі дані, які не стосуються процесу прошивки нової програми), він може перехопити кілька перших байт даних з посилки, що відправляється платі відразу після установки з'єднання.

Відповідно, якщо в програмі, що працює на Ардуіно, передбачено отримання від комп'ютера будь-яких налаштувань або інших даних при першому запуску, потрібно переконатися, що програмне забезпечення, з яким взаємодіє Ардуіно, здійснює відправку через секунду після установки з'єднання.

На платі Uno існує доріжка (зазначена як "RESET-EN"), розімкнувши яку, можна відключити автоматичне скидання мікроконтролера. Для повторного відновлення функції автоматичного скидання необхідно спаяти між собою висновки, розташовані по краях цієї доріжки. Автоматичний скидання також можна вимкнути, підключивши резистор номіналом 110 Ом між висновком RESET і 5В;

### 2.3.3 Датчик температури та вологості DHT22

Датчики температури та вологості DHT22 використовуються для отримання вимірювань температури та вологості повітря.

Зовнішній вигляд наведено на рис. 2.7, характеристики у таблиці 2.3 [23].

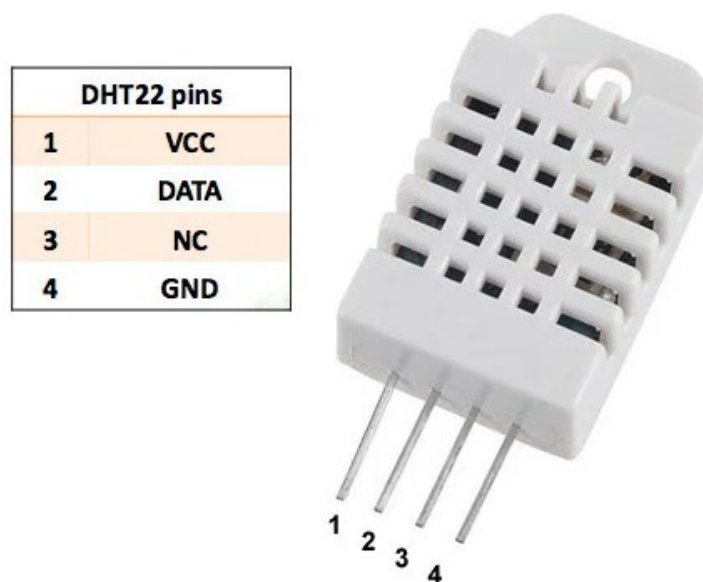


Рисунок 2.7 – Датчик DHT22

Таблиця 2.3 – Характеристики DHT22

Параметр	Значення
Корпус	AM2302
Розрядність	9-12біт
Точність вимірювання $\pm 0.5\%$ в області температур	-40 ...+80°C
Точність вимірювання $\pm 2\%$ RH вологості	0 ...100%
Напруга живлення для точності вимірювання $\pm 0.5\%$	3,6-6V

Вартість плати на сайті aliexpress.com складає \$0.7 [9].

#### 2.3.4 Датчик руху HC-SR501

Інфрачервоний датчик руху HC-SR501 дозволяє виявляти рух людини або домашньої тварини на відстані до 7 метрів. Зовнішній вигляд наведено на рис. 2.8, характеристики у таблиці 2.4 [24].



Рисунок 2.8 – Датчик HC-SR501

Таблиця 2.4 – Характеристики HC-SR501

Параметр	Значення
Дальність виявлення	0-7 м
Кут спрацювання	110°
Напруга живлення (рекомендована)	4.5 - 12 В
Вихідна напруга логічного рівня	0 - 3.3 В
Час затримки	0.3 - 300 с (регулюється)
Максимальний вихідний струм	65 мА

Вартість плати на сайті [aliexpress.com](http://aliexpress.com) складає \$0.7 [9].

### 2.3.5 Датчик витрати води YF-S201

Датчик витрати води призначений для вимірювання потоку рідини. Датчик може використовуватись в автоматичних системах, де необхідно контролювати витрати води. Зовнішній вигляд наведено на рис. 2.9, характеристики у таблиці 2.5 [25].



Рисунок 2.9 – Датчик YF-S201

Таблиця 2.5 – Характеристики YF-S201

Параметр	Значення
Напруга живлення	5 - 18 В
Струм споживання	15 мА
Вимірюваний діапазон витрати води	1...30 л/хв
Похибка вимірювань	±3 %

Вартість плати на сайті aliexpress.com складає \$0.7 [9].

### 2.3.6 Датчик концентрації CO<sub>2</sub> MG-811

Датчик концентрації CO<sub>2</sub> призначений для вимірювання концентрації двоокису вуглецю в повітрі. Зовнішній вигляд наведено на рис. 2.10, характеристики у таблиці 2.6 [26].



Рисунок 2.10 – Датчик MG-811

### 2.3.7 Датчик протікання

В якості датчика протікання будемо використовувати датчики дощу, крапель, пара [27], які виробляються спеціально для застосування з платформою Arduino (рис. 2.11).



Рисунок 2.11 – Датчик протікання

Даний датчик має чутливий сенсор, з площі якого аналізується, чи потрапила волога. Пристрій також оснащений компаратором і має два виходи: аналоговий і цифровий, для максимальної зручності підключення.

Модуль датчика складається з двох частин:

- «сенсорна» плата виявлення крапель, яка відстежує кількість вологи, що потрапила на неї (представляє собою простий змінний резистор, який замикається водою в різних місцях, що викликає зміну опору);

- компаратор, завдання якого перетворення значення з сенсора в аналоговий сигнал від 0 до 5 В.

Бувають датчики як з рознесеними сенсором і компаратором, так і з об'єднаними на одній панелі.

Датчик живиться від напруги 5 В, яку можна підключити з плати Arduino.

Датчик має два виходи:

- аналоговий, в цьому випадку контролер отримує значення в діапазоні від 0 до 1023 (0 - повний потоп, +1023 - все максимально сухо);

- цифровий, який видає високий рівень напруги (5В) в разі перевищення деякого порогу спрацьовування, що регулюється за допомогою підлаштування резистора.

### 2.3.8 Модуль зв'язку

Для відправки смс при протіканні води візьмемо мініатюрний модуль GSM / GPRS стільникового зв'язку на основі компонента SIM800 (рис. 2.12), розроблений компанією SIMCom Wireless Solutions [28]. Стандартний інтерфейс управління компонента SIM800 надає доступ до сервісів мереж GSM / GPRS 850/900/1800 / 1900МГц для відправки дзвінків, СМС повідомлень і обміну цифровими даними GPRS. Поставляється з вбудованою антеною, можна підключити додаткові антени для поліпшення якості сигналу.

Управляти модулем можна за допомогою персонального комп'ютера через перетворювач інтерфейсу USB-UART або безпосередньо через UART модуль мікроконтролера самостійної розробки або Arduino, Raspberry Pi і аналогічними.



Рисунок 2.12 – GSM модуль SIM800

Компонент SIM800 має стек протоколу TCP / IP.

Містить мікросхему MT6260SA компанії MediaTek і мікросхему приймача RFMD RF7176.

Завдяки функції відправки СМС повідомлень найбільш часто модуль GSM GPRS SIM800 MicroSIM з антеною використовується в диспетчеризації, бездротовій сигналізації та в охоронних системах.

Характеристики:

- живлення:
  - напруга, В:
    - номінальна - 4;
    - діапазон - 3,4-4,4;

- струм:
  - в режимі очікування - 0,7 мА;
  - граничний - 500 мА;
- максимальна напруга високого рівня інтерфейсу UART - 2,8 В;
- швидкість UART - 1200-115200 бод;
- чотири діапазони EGSM900, DCS1800, GSM850, PCS1900;
- потужність передачі в різних діапазонах:
  - DCS1800, PCS1900 1 Вт;
  - GSM850, EGSM900 2 Вт;
- автоматично перевіряє наявність в чотирьох частотних діапазонах;
- підтримує мережу 2G;
- опір динаміка 8 Ом;
- мікрофон електретний;
- управляється командами АТ через UART (3GPP TS 27.007, 27.005 SIMCOM enhanced AT Commands);
  - автоматичне визначення швидкості передачі керуючих АТ команд;
  - відправка та отримання GPRS (TCP / IP, http і т.д.) ;
  - макс швидкість передачі GPRS даних 85,6 Кбод;
  - кодування CS-1, CS-2, CS-3 і CS-4;
  - підтримує GSM 07.10 протокол;
  - підтримка пакетної передачі широкомовного каналу управління (PBCCH) CSD на швидкостях 2.4, 4.8, 9.6 і 14.4 Кбод;
  - підтримка неструктурованих даних додаткових послуг USSD;
  - підтримує PAP (протокол ідентифікації пароля);
  - підтримка годинника реального часу RTC;
  - підтримка сімкарт живленням 3 і 1,8 В;
  - температура, °С:
    - повітря при роботі -30 ... 75;
    - зберігання -45 ... 90;

- розміри 25 x 25 мм.

При включенні модуля GSM GPRS на платі швидко блимає світлодіод. При установці з'єднання з мобільним оператором частота миготіння знижується. Якщо зв'язок з мобільним оператором втрачено, то світлодіод знову блимає швидко.

### 2.3.9 Модуль реле

Реле SONGLE SRD-05VDC керується напругою 5V і здатне комутувати до 10A 30V DC і 10A 250V AC [29]. Зовнішній вигляд наведений на рис. 2.13, а характеристики – у таблиці 2.6.



Рисунок 2.13 – Реле SONGLE SRD-05VDC [8]

Таблиця 2.6 – Характеристики SONGLE SRD-05VDC

Параметр	Значення
Напруга живлення	5 - 12 В
Струм споживання	15...20 мА
Сигнал включення	0 В (низький рівень), 5 В (високий рівень)
Тип реле	електромеханічне
Номінальний струм навантаження	10 А
Напруга, що комутується	250VAC, 30VDC

Вартість модуля на сайті [aliexpress.com](http://aliexpress.com) складає \$1.06.

### 2.3.10 Клапан електромагнітний

Електромагнітний клапан використовується для контролю за рідиною, що протікає через нього.

Зовнішній вигляд наведений на рис. 2.14, а характеристики – у таблиці 2.7.



Рисунок 2.14 – Клапан електромагнітний

Таблиця 2.7 – Характеристики електромагнітний

Параметр	Значення
Робоча напруга спрацювання	12 В
Максимальний струм	400 мА
Мінімальна напруга утримування	6 В
Положення	в виключеному стані закритий
Час відкривання	0,15 с
Час закривання	0,3 с

Вартість модуля на сайті [aliexpress.com](http://aliexpress.com) складає \$7.05.

### 2.3.11 Підсилювальний пристрій

Для того, щоб можна було керувати будь-якими пристроями, необхідно використовувати підсилювальний пристрій, поставлений на виходах управління контролера.

В якості таких перетворювачів візьмемо мікросхему ULN2003 (рис. 2.15), яка являє собою набір потужних ключів і призначена для застосування в ланцюгах індуктивних навантажень [30]. Вона може бути застосована для управління навантаженням значної потужності, включаючи електромагнітні реле, двигуни постійного струму, електромагнітні клапани, в схемах управління різними двигунами і ін.

Мікросхема ULN2003а - це транзисторна збірка Дарлінгтона з вихідними ключами підвищеної потужності, має на виходах захисні діоди, призначені для захисту керуючих електричних ланцюгів від зворотних викидів напруги від індуктивного навантаження.

Кожен канал (пара Дарлінгтона) в ULN2003 розрахований на навантаження 500 мА і витримує максимальний струм до 600 мА. Входи і виходи розташовані в корпусі мікросхеми один навпроти одного, що значно полегшує розведення друкованої плати.

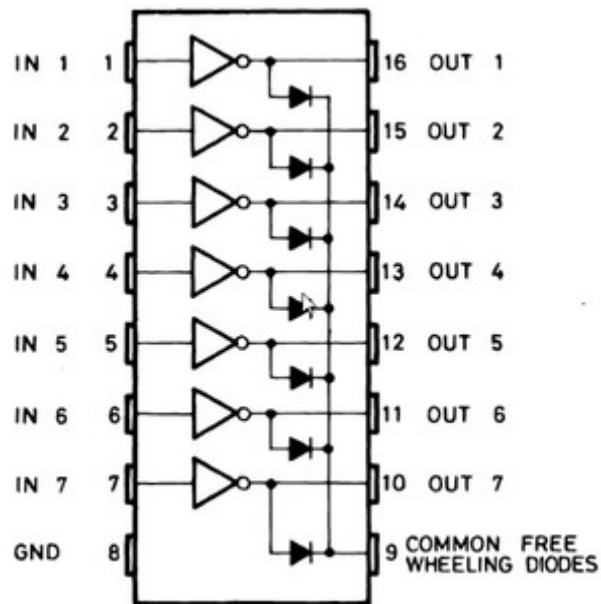


Рисунок 2.15 – Підсилювач ULN2003а

ULN2003 відноситься до сімейства мікросхем ULN200X. Різні версії цієї мікросхеми призначені для певної логіки. Зокрема, мікросхема ULN2003 призначена для роботи з TTL логікою (5В) і логічних пристроїв CMOS. Широке застосування ULN2003 знайшло в схемах управління широким спектром навантажень, як релейних драйверів, драйверів дисплея, лінійних драйверів тощо. ULN2003 також використовується в драйверах крокових двигунів.

Характеристики ULN2003:

- номінальний струм колектора одного ключа - 0,5А;
- максимальна напруга на виході до 50 В;
- захисні діоди на виходах;
- вхід адаптований до всіляких видів логіки;
- можливість застосування для управління реле.

### 2.3.12 Модуль Wi-Fi

Для обміну даними між всіма пристроями та керуючим пристроєм зручніше всього використовувати Wi-Fi. Для цього у всіх пристроях системи

повинні бути такі модулі. Для цієї мети будемо використовувати модуль ESP8266 з такими характеристиками (рис. 2.16) [31]:

- Напруга живлення: 3,3 В
- Енергоспоживання: 10 мкА ... 170 мА
- Флеш-пам'ять: до 16 мб максимум (зазвичай 512 кб)
- Процесор: Tensilica L106, 32 біта
- Швидкість процесора: 80 ... 160 МГц
- ОЗП: 32 кб + 80 кб
- Порти введення-виведення загального призначення: 17 (мультиплексовані з іншими функціями)
- АЦП: 1 введення з роздільною здатністю 1024
- Підтримка 802.11: b / g / n / d / e / i / k / r
- Максимальне число підключень TCP: 5



Рисунок 2.16 – Модуль Wi-Fi ESP8266

Модуль ESP8266 може працювати як в режимі точки доступу (Access Point), так і в режимі клієнта - робочої станції (Station), а може і в обох режимах одночасно.

Найчастіше точка доступу має підключення до інтернету і працює як міст між пристроєм і інтернетом. Кілька робочих станцій у локальній мережі спілкуються між собою також через точку доступу. Станція одночасно може бути підключена тільки до однієї точки доступу. Кожен пристрій в мережі має власну унікальну MAC-адресу - 48-бітове значення. Якщо в межах видимості знаходиться кілька точок доступу, їх потрібно якось розрізняти, тому у кожній точці доступу є мережевий ідентифікатор, званий SSID (Service Set Identifier, іноді також званий BSSID) - це ім'я мережі, що має довжину до 32 символів.

### 2.3.13 Протипожежний датчик

Датчик полум'я - це датчик, призначений для виявлення і реагування на наявність полум'я або вогню. Відповідний сигнал на виявлене полум'я залежить від установки, але може включати сигналізацію, деактивацію паливної лінії (наприклад, пропан або лінію природного газу) і активацію системи пожежогасіння.

Існують різні типи методів виявлення полум'я. Деякі з них:

- детектор ультрафіолетового випромінювання,
- детектор близько-інфрачервоних променів,
- інфрачервоний (ІК) детектор,
- інфрачервоні термокамери,
- комбінований ультрафіолетовий / ІК-детектор
- тощо.

Коли вогонь горить, він випромінює невелику кількість інфрачервоного світла, це світло буде прийматися фотодіодом (ІК-приймачем), розміщеним на сенсорному модулі. Далі, як правило,

використовують операційний підсилювач (з інвертованим входом) для перевірки зміни напруги на ПЧ-приймачі, так що, якщо виявлена пожежа, вихідна лінія (DO) дасть 0V (низький рівень сигналу), і якщо немає вогню, вихідна лінія буде в стані 5V (високий рівень сигналу).

У нашій розробці використовуємо інфрачервоний датчик полум'я. Він заснований на датчику YG1006 (рис. 2.17) [32], який є високошвидкісним і високочутливим кремнієвим фототранзистором типу NPN. Він може виявляти інфрачервоне світло з довжиною хвилі від 700 нм до 1000 нм, а кут його виявлення становить близько 60 °.

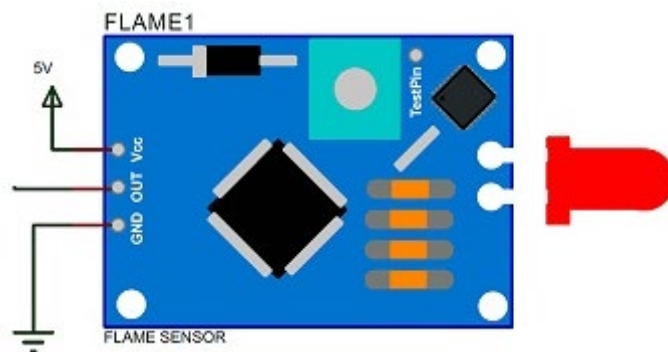


Рисунок 2.17 – Датчик полум'я

Модуль датчика полум'я складається з фотодіода (ІК-приймача), резистора, конденсатора, потенціометра і компаратора LM393 в інтегральній схемі. Чутливість може регулюватися шляхом зміни вбудованого в модуль потенціометра. Робоча напруга становить від 3,3 В до 5 В постійного струму, з цифровим виходом. Високий рівень сигналу на виході тут вказує на наявність полум'я або вогню. Низький вказує на відсутність полум'я або вогню.

### 2.3.14 Датчик відкриття

Датчик відкриття вікна або дверей (рис. 2.18) [33] базуються на основі геркона. Він використовується для сигналізації або автоматичного включення світла.



Рисунок 2.18 – Датчик відкриття вікна або дверей

Датчики випускаються на липучках, але так само їх можна кріпити шурупами через спеціальні отвори.

Магнітний сповіщувач (геркон) - це перемикач і магніт, поміщені в пластиковий корпус. Працює за принципом "замкнений контакт - розімкнений контакт" та дозволяє використовувати його в широкому колі завдань: контроль відкриття дверей, лічильники спрацьовувань / швидкості / частоти і т.д.

Характеристики:

- Тип геркона: нормально розімкнений
- Напруга, що комутується: 0,05-72 В
- Комутований струм: 0,1 -250 мА
- Максимальна потужність комутації: 10 Вт

- Принцип дії: довжина між задаючим елементом і герконом
- Відстань між елементами, при яких контакти замкнуті: менше 10 мм
- Відстань між елементами, при яких контакти розімкнуті: більше 45 мм
- Вихідний електричний опір при замкнутих контактах: 0,5 Ом
- Вихідний електричний опір при розімкнутих контактах: 200 кОм
- Кількість перемикачів: не менше 1 000 000

### 2.3.15 Модуль автономного живлення

Модуль автономного живлення (рис. 2.19) є комбінацією двох пристроїв – зарядного пристрою літійового акумулятора і підвищуючого перетворювача напруги з 3В в 9В, котрий підходить для живлення 5В та 9В пристроїв: контролери Arduino, міні-комп'ютери Raspberry Pi та інших.



Рисунок 2.19 – Модуль автономного живлення

Модуль зберігає живлення підключеного пристрою, при відключенні самого модуля від зовнішнього живлення, виступаючи в якості автономного джерела живлення.

Характеристики:

- Тип акумулятора: 18650 Li-Ion
- Напруга, зарядного пристрою: 9 В
- Вихідна напруга: 5 В та 9 В
- Максимальна вихідний струм: 2 А
- Максимальний струм зарядки: 2 А
- Тип вхідного роз'єму: micro-USB
- Тип вхідного роз'єму: USB-A
- Захист від перевантаження і короткого замикання

### 2.3.16 Блок живлення



Рисунок 2.20 – Блок живлення

Блок живлення (рис. 2.20) підходить для живлення 9В пристроїв з максимальним струмом 2А: контролери Arduino, міні-комп'ютери Raspberry Pi та інших.

Характеристики:

- Вихідна напруга: 9 В
- Максимальна вихідний струм: 2 А
- Максимальна вхідна напруга: 250 В
- Мінімальна вхідна напруга: 150 В
- Тип: імпульсний

## 2.4 Розробка апаратної частини системи

У будинку може бути різна кількість приміщень, кожне з яких має своє призначення та обладнання, яким можна керувати за допомогою розроблюваної системи. Саме тому розробка виконується у вигляді блоків, якими можна буде керувати з одного головного блоку на базі одноплатного мікрокомп'ютера Raspberry Pi. У всіх цих блоках головним елементом буде плата Arduino Uno.

Користувач зможе виконувати налаштування параметрів системи за допомогою головного блоку, а вже він буде „керувати” роботою блоків так, щоб виконувались всі вимоги. Налаштування можна робити або за допомогою окремого блоку введення-виведення даних з кнопками та дисплеєм, або за допомогою спеціальної веб-сторінки. Але головним у даній роботі є розробка функціональних блоків системи „Розумний дім”.

Розглянемо апаратну реалізацію кожного блоку окремо.

### 2.4.1 Блок управління освітленням

Схема апаратної частини блока управління освітленням приміщення подана на рис. 2.19. Даний блок позначений як БУО на рис. 2.2.

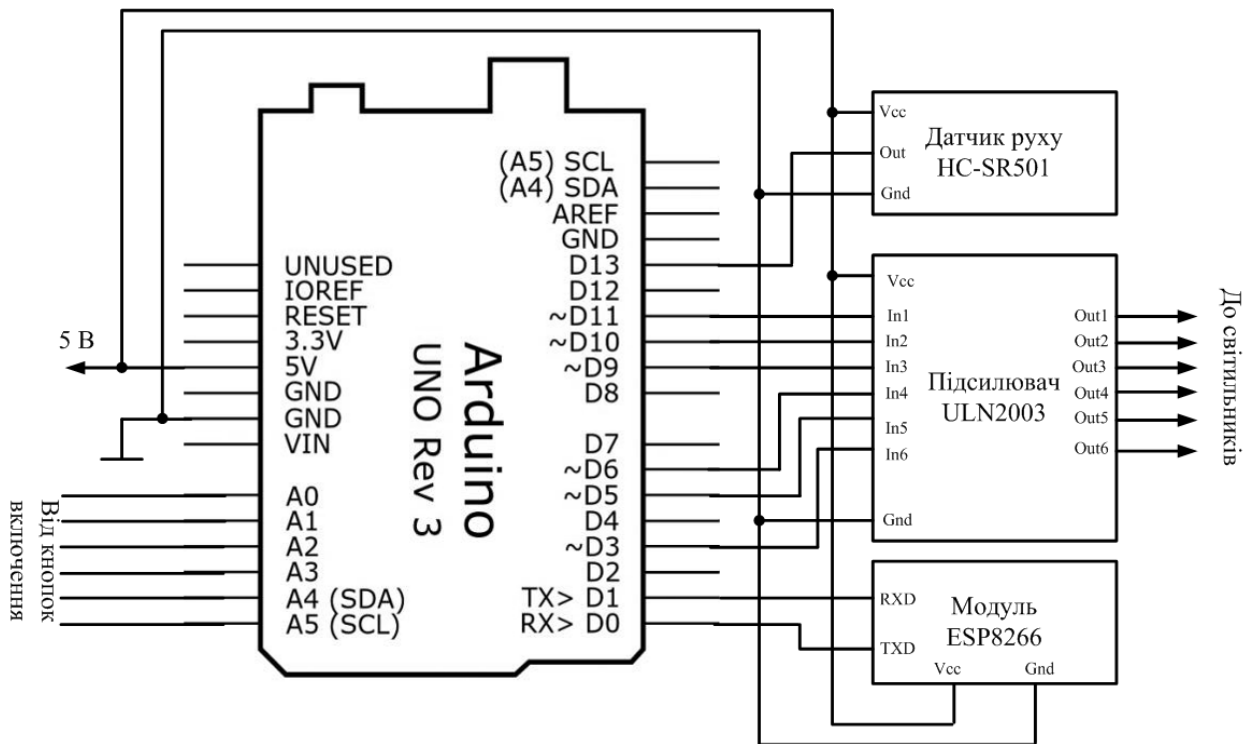


Рисунок 2.19 – Схема апаратної частини блока управління освітленням приміщення

Основним призначенням даного блоку є керування освітленням, що включає в себе наступні функції:

- керування плавним включенням та виключенням світла;
- керування роботою світильників у певну долю потужності
- включення та виключення світла за відсутності людей певний час (у приміщеннях, де є така потреба, наприклад, санвузол, кухня, сходи, коридор тощо).

Тому в складі цього блоку потрібні наступні елементи:

- Arduino Uno;
- підсилювач ULN2003;
- модуль Wi-Fi ESP8266;
- датчик руху HC-SR501 (якщо є потреба визначити наявність людей).

Для плавного керування включенням світла та для керування потужністю роботи світильника будемо використовувати виходи Arduino з ШІМ, яких є 6шт. Таким чином, до цього блоку можна підключити до 6 світильників, та до 8 датчиків руху (при потребі).

Широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) - процес управління потужності методом пульсуючого включення і відключення приладу [20].

Для ШІМ-сигналу можна виділити дві основні характеристики:

1. Частота імпульсів - від цього залежить робоча частота перетворювача. Типовими є частоти вище 20 кГц, фактично 40-100 кГц.

2. Коефіцієнт заповнення і шпаруватість. Це дві суміжних величини характеризують одне й те саме. Коефіцієнт заповнення може позначатися літерою S, а шпаруватість D.

$$S = 1/T,$$

де T - це період сигналу,

$$T = 1/f,$$

$$D = 1/S.$$

Коефіцієнт заповнення - частина часу від періоду, коли на виході контролера формується керуючий сигнал (завжди менше 1). Шпаруватість завжди більше 1. При частоті 100 кГц період сигналу дорівнює 10 мкс, а ключ відкритий протягом 2.5 мкс, то коефіцієнт заповнення - 0.25, в відсотках - 25%, а шпаруватість дорівнює 4 (рис. 2.20).

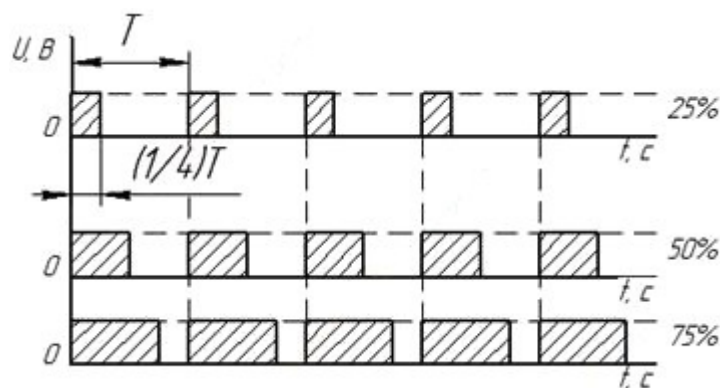


Рисунок 2.20 – ШІМ-сигнали при різних значеннях S

Перевага застосування імпульсного керування перед лінійним це більш високий ККД (більше 80, а в даний час і 90%).

Алгоритм широтно-імпульсної модуляції широко застосовується для плавної зміни потужності на навантаженні, що надходить від джерела живлення. Наприклад, плавності зміни яскравості освітлення та включення світильника не на повну потужність.

#### 2.4.2 Блок управління мікрокліматом

Основним призначенням даного блоку є керування опаленням та вентиляцією, що включає в себе наступні функції:

- вимірювання температури та вологості у приміщенні;
- керування плавним включенням та виключенням опалювального приладу та вентилятора;
- керування роботою опалювального приладу та вентилятора у певну долю потужності;
- включення та виключення опалення за певним алгоритмом, заданим власником, для економії електроенергії у той час, коли нікого вдома немає;
- відкриття вентиляційних отворів для доступу свіжого повітря.

Тому в складі цього блоку потрібні наступні елементи:

- Arduino Uno;
- підсилювач ULN2003;
- модуль Wi-Fi ESP8266;
- датчик температури та вологості DHT22.

Схема апаратної частини блока управління мікрокліматом приміщення подана на рис. 2.21. Даний блок позначений як БУМ на рис. 2.2.

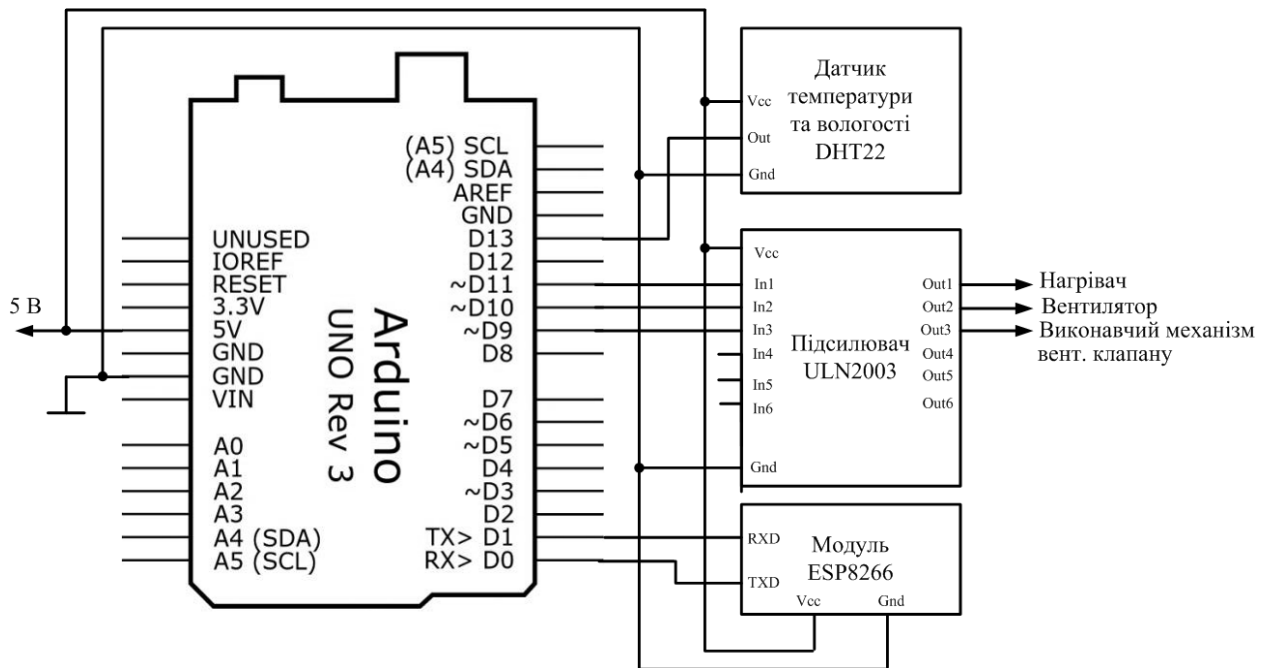


Рисунок 2.21 – Схема апаратної частини блока управління мікрокліматом приміщення

Для управління вентилятором та електронагрівачем також використовуємо ШІМ управління. Таким чином можна буде досягти плавного включення високопотужного навантаження без стрибків напруги у мережі, а також роботу приладів у певну долю потужності, підтримуючи певний температурний режим у даному приміщенні.

В цьому блоці ще можливо підключити ще кілька приладів при потребі, тому що використано 3 виводи МК з ШІМ із 6-ти.

### 2.4.3 Блок контролю від протікання води

Для організації блока контролю від протікання води потрібні наступні елементи:

- Arduino Uno;
- датчик протікання;
- модуль Wi-Fi ESP8266;
- модуль зв'язку для відправки смс.

Схема апаратної частини блока контролю від протікання води подана на рис. 2.22. Даний блок позначений як БЗП на рис. 2.2.

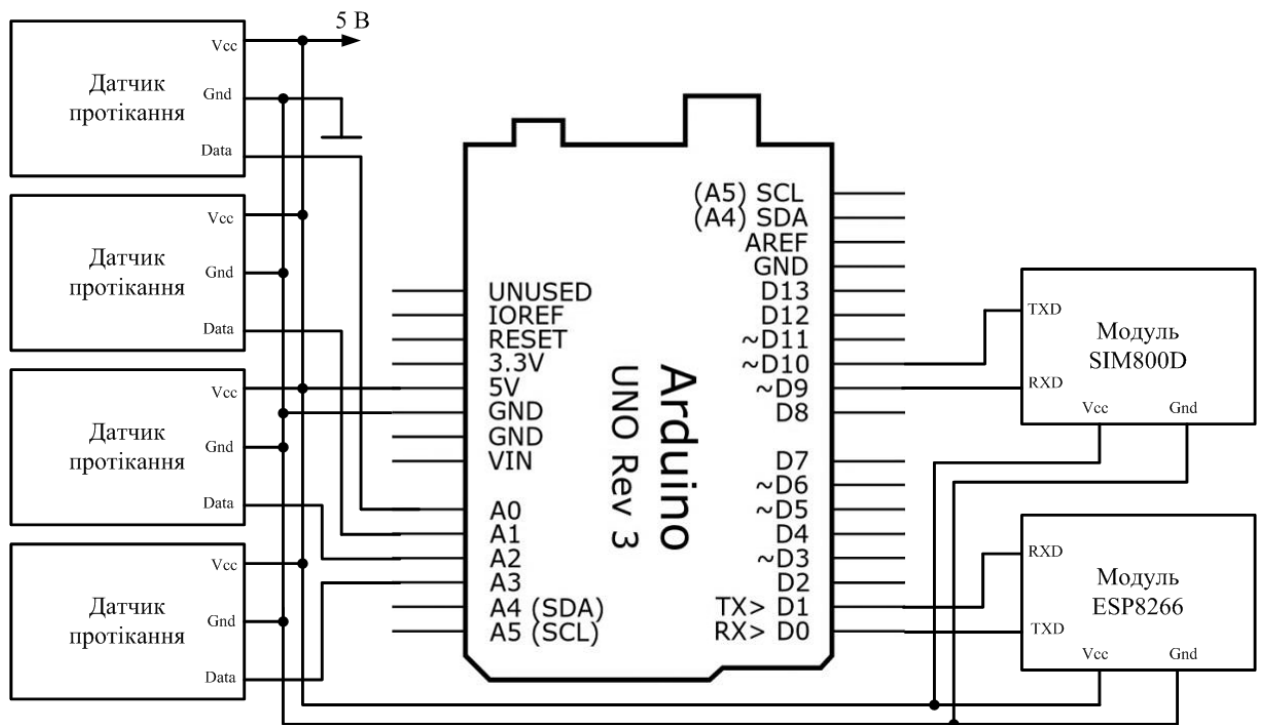


Рисунок 2.22 – Схема апаратної частини блока контролю від протікання води

Датчики протікання розташовуються в місцях з високим ризиком протікання:

- під душовими кабінами та ваннами;
- за раковинами і умивальниками;
- біля унітазів, пральних і посудомийних машин.

Якщо підлога має ухил, то датчик встановлюють в найнижчому місці.

Датчики протікання розміщують по одній з схем:

- внутрішній (при ремонті приміщень датчики врізаються в плитку або інше підлогове покриття);
- зовнішній, на підлогу (після завершення ремонту для запобігання псування підлогових покриттів).

До однієї плати Arduino Uno можна підключити до 6 датчиків протікання, що загалом достатньо для контролю за всіма вологими зонами будинку.

При внутрішньому розташуванні контактні пластини датчика виводять назовні і розміщують їх на 3-4 мм вище рівня підлоги. Таке розташування виключає помилкове спрацьовування системи в разі вологого прибирання або випадкового розбризкування води. Дріт до датчиків підводять в водонепроникній гофрованій трубі.

При зовнішньому розташуванні датчики укладають безпосередньо на підлогу контактами вниз, фіксуючи корпус датчика за допомогою будівельного клею або двостороннього скотча.

При включенні системи після подачі напруги контролер виконує ініціалізацію стану, продіагностує стан підключених датчиків і підтвердить готовність до роботи повідомленням на індикаторі.

Для тестування системи необхідно перевірити працездатність кожного датчика протікання, змочивши його пластини водою. Якщо система працює правильно, то відбудеться передача до головного управляючого блоку даних для включення сигналізації із вказанням місця протікання, та відправка смс на вказаний мобільний номер.

Для розблокування системи необхідно насухо витерти датчик протікання.

Живлення контролера потрібно відключити і включити заново.

Після проведення самодіагностики система контролю знову готова до роботи.

#### 2.4.4 Блок контролю безпеки

Схема апаратної частини блока контролю безпеки подана на рис. 2.23. Даний блок позначений як БКБ на рис. 2.2.

Блок контролю безпеки включає в себе датчики відкриття вікон, дверей, датчики руху у приміщеннях будинку та протипожежні датчики.

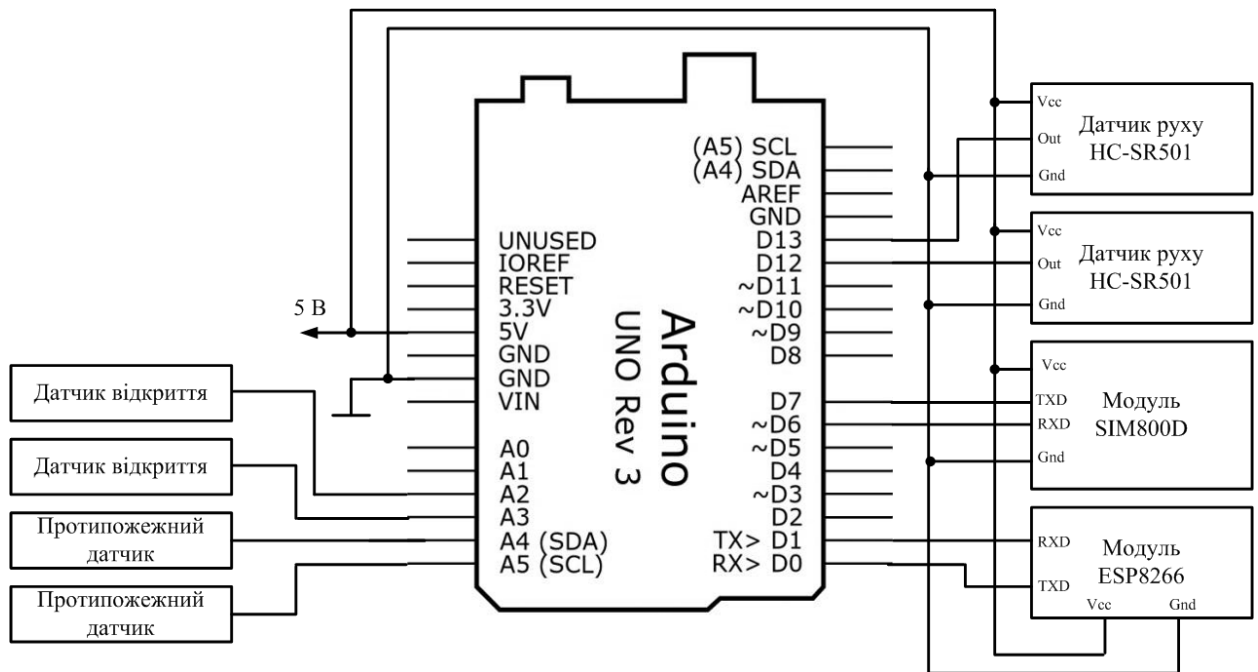


Рисунок 2.23 – Схема апаратної частини блока контролю безпеки

У разі проникнення або пожежної небезпеки у головному блоці системи включається звукова та світлова сигналізація, а також відправляється смс власнику про надзвичайну подію.

До того ще в кожному приміщенні з вікнами до блоку керування мікрокліматом під'єднується кілька датчиків відкриття вікон та пожежний датчик, і вони теж входять в блок контролю безпеки. Саме таким чином зможемо зменшити відстань від датчиків до блоку обробки сигналів з них.

Таким чином, блок контролю безпеки у будинку буде лише один, і буде включати в себе контроль вхідної групи, а саме датчик відкриття дверей у будинок з вулиці та у тамбур з жилої зони, датчики руху та протипожежні датчики у цих зонах.

Для організації блока контролю безпеки потрібні наступні елементи:

- Arduino Uno;
- датчики відкриття вікон/дверей;

- протипожежні датчики;
- датчики руху HC-SR501;
- модуль Wi-Fi ESP8266;
- модуль зв'язку для відправки смс.

## 2.5 Розробка програмної частини системи

### 2.5.1 Розробка алгоритмів роботи блоків системи

а) Розглянемо алгоритм роботи блока управління освітленням (рис. 2.24).

1) Після подачі живлення на пристрій відбувається ініціалізація необхідних параметрів системи.

2) Перевіряється стан кнопок включення світильника.

3) Враховується, чи потрібно опитувати датчик руху.

4) Якщо так, то зчитуються дані від датчика руху. Якщо датчик спрацював, то перехід на п.5, інакше на п.2.

5) Генерування сигналу на плавне включення світла.

6) Якщо заданий режим виключення по таймеру, то перехід на п. 7, інакше п.2.

7) Запускається таймер, що виключає світло через заданий проміжок часу.

8) Генерування сигналу на плавне відключення світла.

Налаштування всіх режимів роботи світильників відбуваються через головний блок управління.

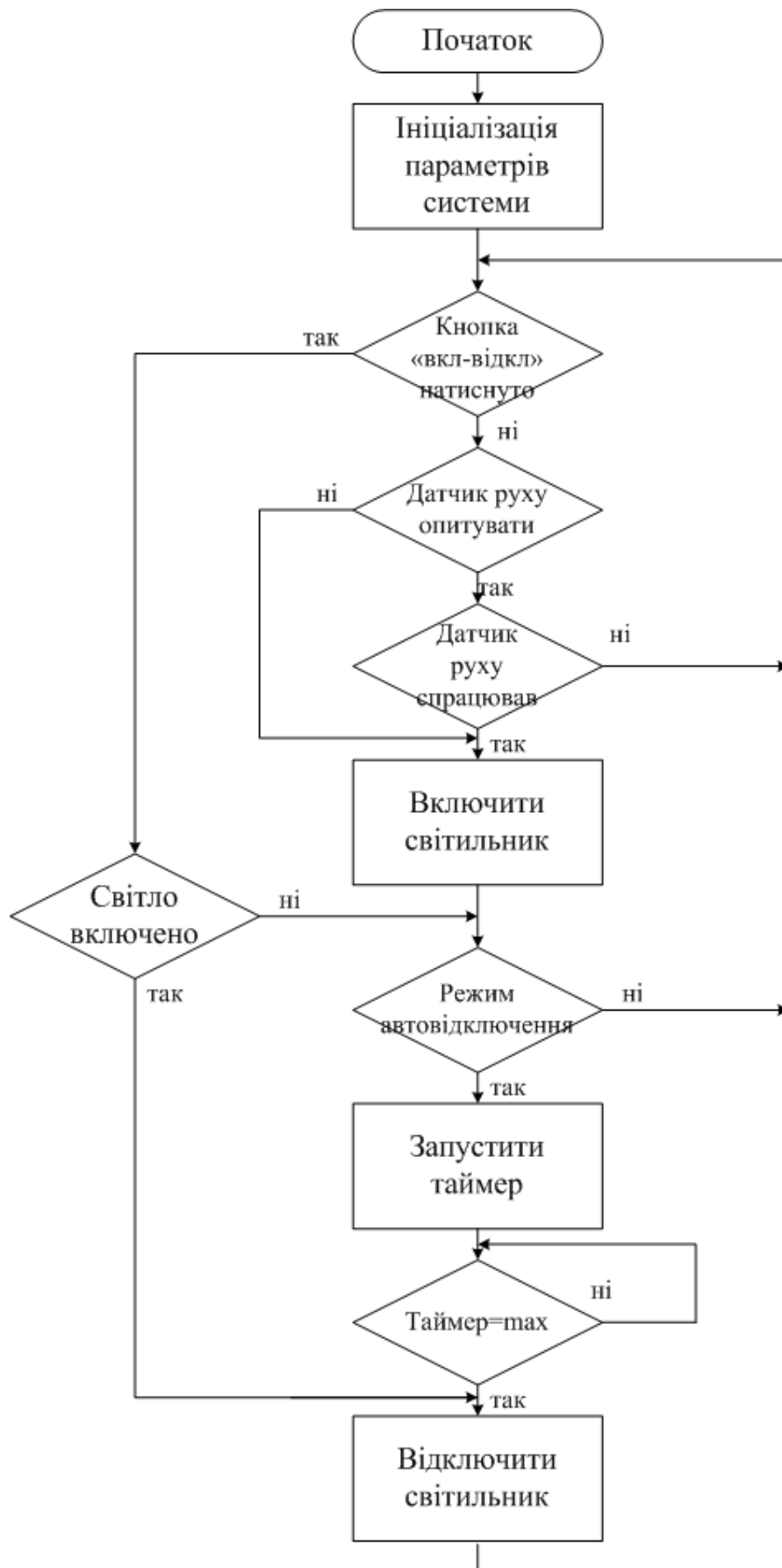


Рисунок 2.24 – Алгоритм роботи блока управління освітленням

б) Розглянемо алгоритм роботи блока управління мікрокліматом (рис. 2.25).

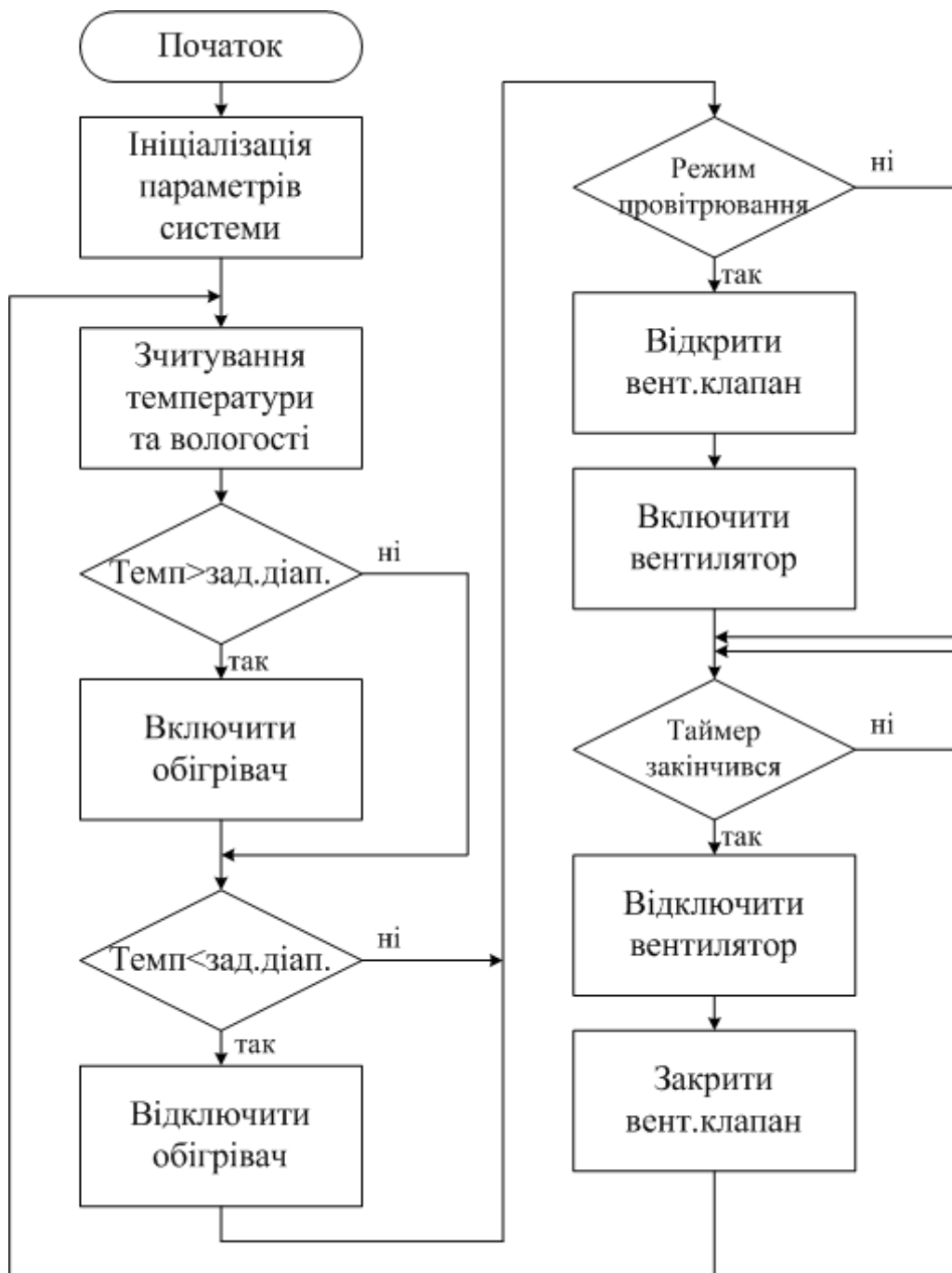


Рисунок 2.25 – Алгоритм роботи блока управління мікрокліматом

1) Після подачі живлення на пристрій відбувається ініціалізація необхідних параметрів системи.

- 2) Зчитуються дані з датчика температури та вологості.
  - 5) Якщо температура менше заданого діапазону, то перехід на п.6, інакше на п.7.
  - 6) Відключення обігрівального приладу.
  - 7) Перевірка, чи режим провітрювання. Якщо так, то п. 8, інакше п. 10.
  - 8) Відкриття клапану вентиляції.
  - 3) Якщо температура більше заданого діапазону, то перехід на п.4, інакше на п.5.
  - 4) Включення обігрівального приладу.
  - 9) Включення вентилятора.
  - 10) Перевірка, чи закінчився час на вентиляцію. Якщо так, то п. 11, якщо ні, то п. 10.
  - 11) Відключення вентилятора.
  - 12) Закриття клапану вентиляції.
- І потім знову на п. 2.

в) Розглянемо алгоритм роботи блока контролю від протікання води. Відповідно до призначення даного блока можна представити алгоритм роботи наступним чином (рис. 2.26):

- 1) Після подачі живлення на пристрій відбувається ініціалізація необхідних параметрів системи.
- 2) Встановлюється лічильник датчиків.
- 3) Перевіряється стан чергового датчика.
- 4) Якщо датчик спрацював, то п. 5, інакше п. 7.
- 5) Передається інформація про спрацювання в головний блок.
- 6) Формується і відправляється смс для власника;
- 7) Збільшується лічильник датчика.

8) Якщо ще не все датчики перевірені, то перехід на п. 3, інакше перехід на п. 2.

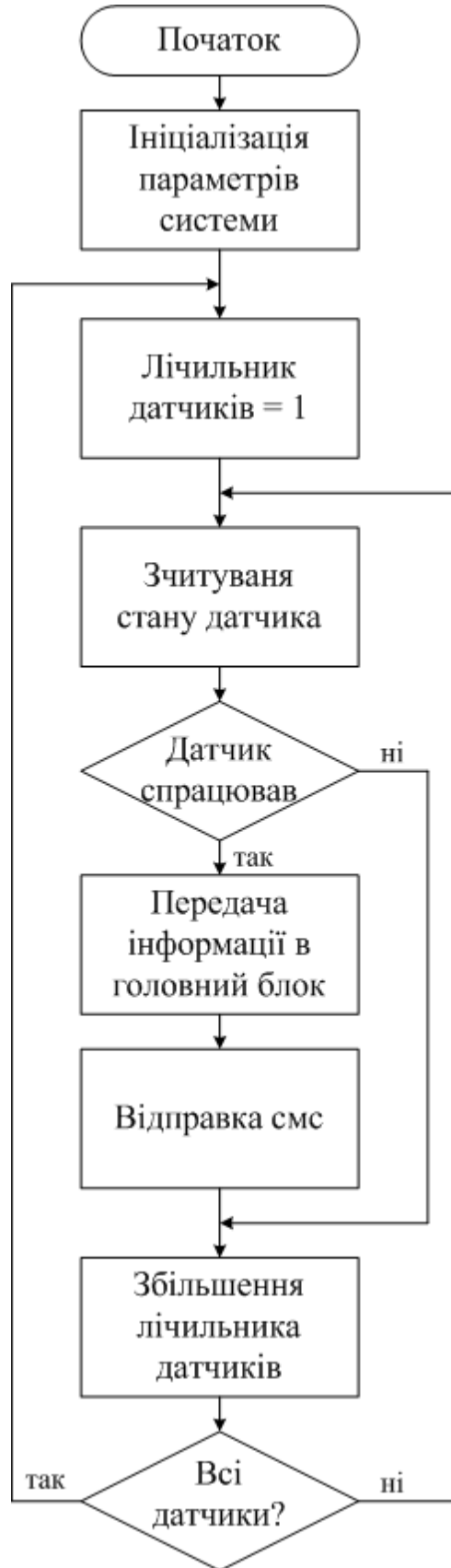


Рисунок 2.26 – Алгоритм роботи блока контролю від протікання води

г) Розглянемо алгоритм роботи блока контролю безпеки (рис. 2.27), який може працювати у 3- режимах – звичайний, нічний та режим охорони.

В звичайному режимі не перевіряються датчики відкриття та руху, а тільки контролюються постійно протипожежні датчики.

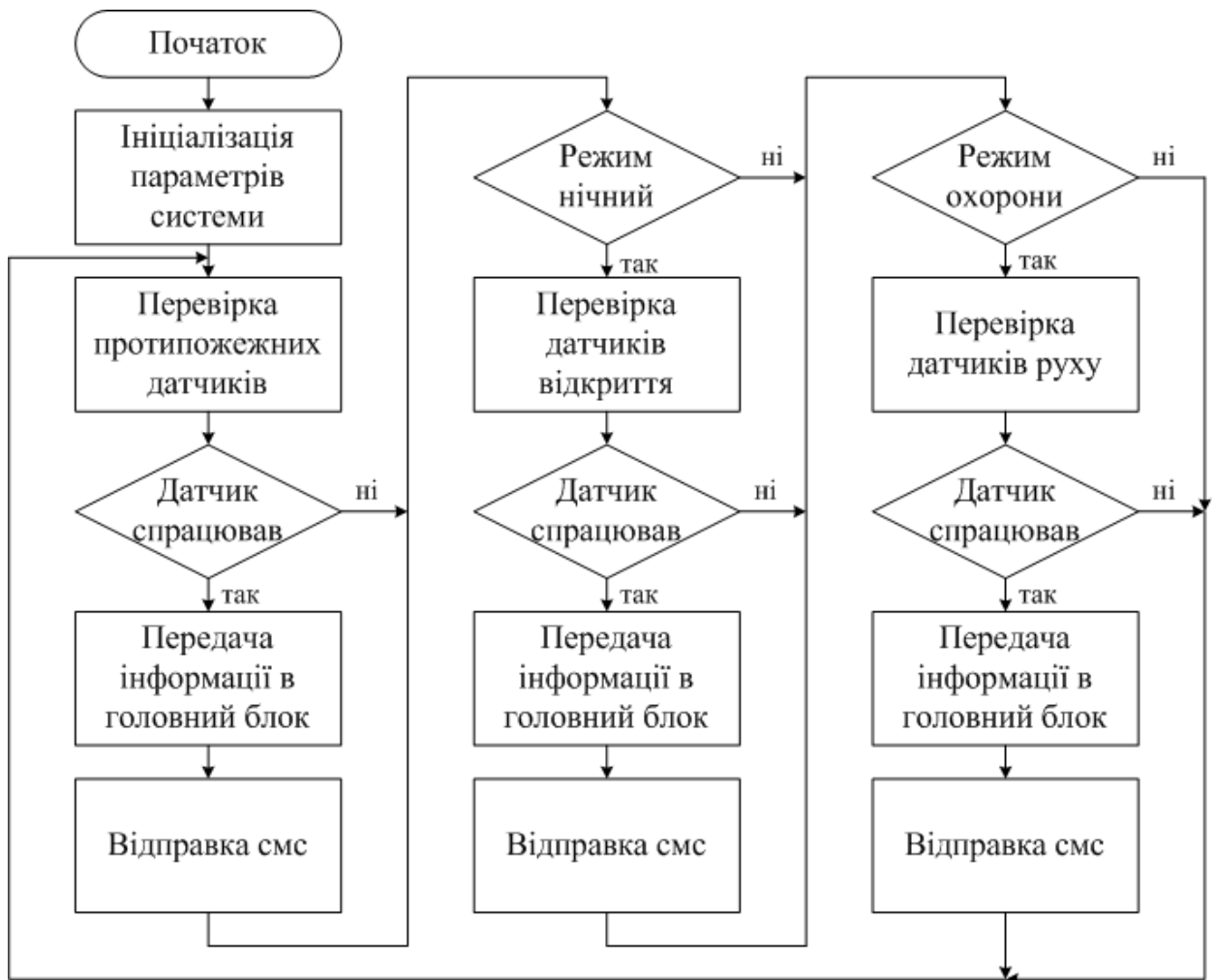


Рисунок 2.27 – Алгоритм роботи блока контролю безпеки

В нічному режимі блок контролює також і датчики відкриття, щоб злочинці не змогли проникнути до будинку через вікна та двері.

А при режимі охорони ще відбувається контроль датчиків руху, щоб в парі із датчиками відкриття можливо було проконтролювати несанкціоноване вторгнення за відсутності хазяїв у будинку.

Таким чином, алгоритм роботи буде наступний:

- 1) Після подачі живлення на пристрій відбувається ініціалізація необхідних параметрів системи.
- 2) Далі відбувається перевірка протипожежних датчиків.
- 3) Якщо датчик спрацював, то п. 4, інакше п. 6.
- 4) Передається інформація у головний блок для включення сигналізації.
- 5) Відправляється смс власнику про проблему.
- 6) Якщо включено нічний режим, то далі п. 7, інакше 11.
- 7) Далі відбувається перевірка датчиків відкриття.
- 8) Якщо датчик спрацював, то п. 9, інакше п. 11.
- 9) Передається інформація у головний блок для включення сигналізації.
- 10) Відправляється смс власнику про проблему.
- 11) Якщо включено режим охорони, то далі п. 12, інакше 2.
- 12) Далі відбувається перевірка датчиків руху.
- 13) Якщо датчик спрацював, то п. 14, інакше п. 2.
- 14) Передається інформація у головний блок для включення сигналізації.
- 15) Відправляється смс власнику про проблему.

### 2.5.2 Розробка програмного забезпечення блоків системи

Програми для всіх блоків написані на мові C ++ в компіляторі Arduino IDE. Arduino IDE - це програмне середовище розробки, призначене для програмування однойменної плати, і містить:

- графічну оболонку для управління ресурсами проекту;
- текстовий редактор вихідного модуля програми;
- крос-компілятор;
- відладчик, програматор;

- автоматичний генератор програмного коду;
- термінал для роботи з послідовним інтерфейсом RS232C (USART).

Отриманий в результаті компіляції вихідного коду програми на мові C++ виконуваний модуль (файл прошивки) може бути безпосередньо записаний в пам'ять програм мікроконтролера.

Розроблюване програмне забезпечення для Arduino складається з декількох блоків:

- блок початкової установки змінних;
- обов'язкова функція `setup()`;
- обов'язкова функція, що виконує основну роботу, `loop()`;
- додаткові функції.

Розглянемо ці блоки для кожного пристрою докладніше.

#### а) Блок управління освітленням

Обов'язкова процедура `setup`, яка виконується при включенні або перезавантаженні мікроконтролера, матиме наступний вигляд:

```
int PinIn[6]={0,1,2,3,4,5}; // піни підключення кнопок включення світильників
int PinOut[6]={3,5,6,9,10,11}; // піни підключення виходів управління
світильниками
int Stan[6]={0,0,0,0,0,0}; // стан світильників, по замовчуванню - відключені
int Auto[6]={0,0,0,0,0,0}; // автовідключення світильників, по замовчуванню –
відключено
int koef[6]={255,255,255,255,255,255}; // потужність роботи світильників, по
замовчуванню – максимальна 255
boolean DR=true; // опитувати датчик руху
```

```
void setup()
{
```

```

// установка піна датчика руху
pinMode(13, INPUT); digitalWrite(13, 0);
// установка пінів світильників на виходах з ШІМ та входи кнопок
for(char i=0; i < 6; i++) {
  pinMode(PinIn[A0+i], INPUT);
  pinMode(PinOut[i], OUTPUT); analogWrite(PinOut[i], 0);
}
}

```

Далі визначаємо згідно розробленого раніше алгоритму вміст основного циклу виконання програми:

```

void loop()
{ // цикл для управління світильниками
  int n;
  for(char i=0; i < 6; i++) {
    // в циклі для 6 світильників
    int val = digitalRead(PinIn[A0+i]);
    if (val == 0) { // якщо кнопку натиснуто, то виконуємо далі
      if (DR == true) { // датчик руху опитувати
        int isDR = digitalRead(13); // датчик руху спрацював
      } else { isDR = 1; }
      if ((isDr==1) && (Stan[i]==0)) { // включаємо
        {
          SetSv(i); // включити світильник
          n=0;
          if (Auto[i]==1) { // є автовідключення
            n=SetTimer(i);
          }
          if (n==0) {

```

```

    ResetSv(i); // відключити світильник
  }
}
}
}

```

Для плавного включення та відключення світильників застосовуємо можливості даного мікроконтролера на керування навантаженням у режимі ШІМ. Тому ще будуть потрібні функції включення та відключення світильника з потрібним номером:

```

void SetSv(int s) // включити світильник з номером s
{
  for(char i=0; i< koef[s]; i++) {
    analogWrite(PinOut[s], i);
    delay(10); // часова затримка
  }
  Stan[s] = 1; // запам'ятовуємо стан світильника
}

```

```

void ResetSv(int s); // відключити світильник з номером s
{
  for(char i=koef[s]; i >0; i--) {
    analogWrite(PinOut[s], i);
    delay(10); // часова затримка
  }
  Stan[s] = 0; // запам'ятовуємо стан світильника
}

```

## б) Блок управління мікрокліматом

Обов'язкова процедура `setup`, яка виконується при включенні або перезавантаженні мікроконтролера, матиме наступний вигляд:

```
#include <DHT.h> // підключаємо бібліотеку для роботи з датчиком
                // температури та вологості
DHT dht(13, DHT22); //ініціалізація датчика
// піни підключення виходів управління обладнанням – нагрівач, вентилятор,
вент. клапан
int PinOut[3]={11,10,9};
int Stan[3]={0,0,0}; // стан обладнання, по замовчуванню - відключені
int koef[3]={255,255,255}; // потужність роботи обладнання, по замовчуванню
– максимальна 255
float DT=0, DV=0; // температура та вологість
int maxT=22, minT=18; // діапазон температур

void setup()
{
    // установка пінів обладнання на виходах з ШІМ
    for(char i=0; i < 3; i++) {
        pinMode(PinOut[i], OUTPUT); analogWrite(PinOut[i], 0);
    }
    dht.begin();
}
```

Далі визначаємо згідно розробленого раніше алгоритму вміст основного циклу виконання програми:

```
void loop()
```

```

{ // цикл підтримки мікроклімату
  DT = dht.readTemperature();//вимірюємо температуру
  DV = dht.readHumidity(); //вимірюємо вологість
  if (DT > maxT) { // температура більше заданого діапазону
    SetObl(0); // включити нагрівач
  }
  if (DT < minT) { // температура менше заданого діапазону
    ResetObl(0); // відключити нагрівач
  }
  if (Mode =1) { // режим провітрювання
    SetObl(2); // відкрити вент.клапан
    SetObl(1); // включити вентилятор
    ResetObl(0); // відключити нагрівач
  }
  if (SetTimer()) {
    ResetObl(1); // відключити нагрівач
    ResetObl(2); // закрити вент.клапан
  }
}

```

Для плавного включення та відключення обладнання також будемо застосовувати можливості даного мікроконтролера на керування навантаженням у режимі ШІМ. Тому ще будуть потрібні функції включення та відключення обладнання з потрібним номером:

```

void SetObl(int s) // включити обладнання з номером s
{
  for(char i=0; i< koef[s]; i++) {
    analogWrite(PinOut[s], i);
  }
}

```

```

    delay(10); // часова затримка
}
Stan[s] = 1; // запам'ятовуємо стан
}

void ResetObl(int s); // відключити обладнання з номером s
{
    for(char i=koef[s]; i >0; i--) {
        analogWrite(PinOut[s], i);
        delay(10); // часова затримка
    }
    Stan[s] = 0; // запам'ятовуємо стан
}

```

#### в) Блок контролю від протікання води

Для роботи з GSM модулем будемо використовувати бібліотеку SoftwareSerial, яка призначена для організації обміну даними між платою Ардуіно і будь-якими пристроями, наприклад, GSM модулем.

Обов'язкова процедура setup, яка виконується при включенні або перезавантаженні мікроконтролера, матиме наступний вигляд:

```

#include <SoftwareSerial.h> // підключаємо бібліотеку для роботи з GSM
модулем
SoftwareSerial SIM900(10, 9); // підключаєм GSM модуль
char lastWorkedPin = -1; // встановлюємо прапор спрацювання

void setup()
{
    // установка датчиків протікання

```

```

pinMode(A0, INPUT); digitalWrite(A0, 1);
pinMode(A1, INPUT); digitalWrite(A1, 1);
pinMode(A2, INPUT); digitalWrite(A2, 1);
pinMode(A3, INPUT); digitalWrite(A3, 1);
SIM900.begin(2400); // ініціалізація передатчика
}

```

Далі визначаємо згідно розробленого раніше алгоритму вміст основного циклу виконання програми:

```

void loop()
{ // опитування датчиків протікання
  for(char i=0; i < 4; i++) {
    // зчитуємо стан датчиків в циклі від A0 до A3
    int val = digitalRead(A0 + i);
    if(val == 0) { // якщо датчик спрацював, то виконуємо далі
      if(lastWorkedPin == i) continue; // прапор дорівнює номеру датчика (тобто
      вже було визначено спрацювання даного датчика) - пропускаємо
      lastWorkedPin = i; // інакше прапору присвоюємо номер спрацювавшого
      датчика
      sendMessage(i + 1); // функція відправки смс з номером датчика
    } else if(lastWorkedPin == i) {
      sendMain('Ok'); // відправляємо в головний блок, що все в нормі
      lastWorkedPin = -1; // зкидаємо прапор
    }
  }
  delay(1000); // часова затримка
}

```

Ще потрібно розробити функцію обробки спрацювання, яка буде формувати інформацію для смс і відправляти інформацію про спрацювання в головний блок:

```
void sendMessage(int num) {
// функція обробки спрацювання
char buf[22];
// відправка смс та інфи у головний блок
sprintf(buf, "Error on #%d", num); // формування повідомлення з номером
датчика
sendMain(buf); // відправляємо в головний блок
SIM900.println("AT+CMGF=1\r"); // початкове повідомлення для смс
delay(300); // часова затримка
SIM900.println("AT+CMGS = \"+380661234567\""); // вказання номера
телефона для відправки смс
delay(100); // часова затримка
SIM900.println(buf); // відправка тексту повідомлення
delay(200); // часова затримка
SIM900.println((char)26); // передача завершуючого кода
delay(200); // часова затримка
SIM900.println(); // кінець передачі
}
```

#### г) Блок контролю безпеки

Обов'язкова процедура `setup`, яка виконується при включенні або перезавантаженні мікроконтролера, матиме наступний вигляд:

```

#include <SoftwareSerial.h> // підключаємо бібліотеку для роботи з GSM
модулем
SoftwareSerial SIM900(7, 6); // підключаєм GSM модуль
// встановлюємо прапори спрацювання груп датчиків
char lastWorkedPinP = -1, lastWorkedPinV = -1, lastWorkedPinR = -1;
// піни підключення датчиків
int PinDatP[2]={4,5}; // протипожежних
int PinDatV[2]={2,3}; // відкриття
int PinDatR[2]={12,13}; // руху

void setup()
{
  // установка пінів датчиків на входи
  for(char i=0; i < 2; i++) {
    pinMode(PinDP[A0+i], INPUT);
    pinMode(PinDV[A0+i], INPUT);
    pinMode(PinDR[i], INPUT);
  }
  SIM900.begin(2400); // ініціалізація передатчика
}

```

Далі визначаємо згідно розробленого раніше алгоритму вміст основного циклу виконання програми:

```

void loop()
{ // опитування протипожежних датчиків
  for(char i=0; i < 2; i++) {
    // зчитуємо стан датчиків в циклі
    int val = digitalRead(A0 + i);

```

```

if(val == 0) { // якщо датчик спрацював, то виконуємо далі
    if(lastWorkedPinP == i) continue; // прапор дорівнює номеру датчика (тобто
вже було визначено спрацювання даного датчика) - пропускаємо
    lastWorkedPinP = i; // інакше прапору присвоюємо номер спрацювавшого
датчика
    sendMessage(1,i + 1); // функція відправки смс з номером датчика
} else if(lastWorkedPinP == i) {
    sendMain('DP - Ok'); // відправляємо в головний блок, що все в нормі
    lastWorkedPinP = -1; // зкидаємо прапор
}
}
// опитування датчиків відкриття
for(char i=0; i < 2; i++) {
// зчитуємо стан датчиків в циклі
int val = digitalRead(A0 + i);
if(val == 0) { // якщо датчик спрацював, то виконуємо далі
    if(lastWorkedPinV == i) continue; // прапор дорівнює номеру датчика
(тобто вже було визначено спрацювання даного датчика) - пропускаємо
    lastWorkedPinV = i; // інакше прапору присвоюємо номер спрацювавшого
датчика
    sendMessage(1,i + 1); // функція відправки смс з номером датчика
} else if(lastWorkedPinV == i) {
    sendMain('DV - Ok'); // відправляємо в головний блок, що все в нормі
    lastWorkedPinV = -1; // зкидаємо прапор
}
}
// опитування датчиків руху
for(char i=0; i < 2; i++) {
// зчитуємо стан датчиків в циклі

```

```

int val = digitalRead(i);
if(val == 0) { // якщо датчик спрацював, то виконуємо далі
    if(lastWorkedPinR == i) continue; // прапор дорівнює номеру датчика
    (тобто вже було визначено спрацювання даного датчика) - пропускаємо
    lastWorkedPinR = i; // інакше прапору присвоюємо номер спрацювавшего
    датчика
    sendMessage(3,i + 1); // функція відправки смс з номером датчика
} else if(lastWorkedPinR == i) {
    sendMain('DR - Ok'); // відправляємо в головний блок, що все в нормі
    lastWorkedPinR = -1; // зкидаємо прапор
}
}
delay(1000); // часова затримка
}

```

Ще потрібно розробити функцію обробки спрацювання, яка буде формувати інформацію для смс і відправляти інформацію про спрацювання в головний блок:

```

void sendMessage(int nd, int num) {
// функція обробки спрацювання
char buf[22];
// відправка смс та інфи у головний блок
sprintf(buf, "Error on #%d", num); // формування повідомлення з номером
датчика
sendMain(buf); // відправляємо в головний блок
SIM900.print("AT+CMGF=1\r"); // початкове повідомлення для смс
delay(300); // часова затримка
}

```

```

SIM900.println("AT+CMGS = \"+380661234567\""); // вказання номера
телефона для відправки смс
delay(100); // часова затримка
SIM900.println(buf); // відправка тексту повідомлення
delay(200); // часова затримка
SIM900.println((char)26); // передача завершуючого кода
delay(200); // часова затримка
SIM900.println(); // кінець передачі
}

```

## 2.6 Результати розробки системи

В результаті розробки отримаємо систему управління „розумним” будинком, яка буде складатися з головного блоку на базі Raspberry Pi 3B+ та потрібної кількості блоків 4-х видів на основі Arduino UNO R3:

- управління освітленням, по кількості приміщень, де потрібне освітлення (кухня, коридори, сходи, кімнати);
- управління мікрокліматом, по кількості приміщень, де потрібно підтримувати певні діапазони параметрів повітря (кухня, житлові кімнати);
- контроль від протікання води, загалом один, що контролює вхід води до будинку та прилади-користувачі води (пральна машинка, ванна, туалет);
- контроль безпеки, загалом один, на вхідну групу (вхідні двері, тамбур, коридор).

Обмін між блоками здійснюється через модулі Wi-Fi, що є у кожному блоці. Якщо головний модуль під'єднано до мережі Інтернет, то всі дані з системи можна спостерігати на спеціальній web-сторінці, при розробці такого інтерфейсу додатково.

Результатом роботи системи стане повністю спостережуване та кероване в центральний спосіб обладнання будь-якого будинку.

## 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РОЗУМНИМ БУДИНКОМ

### 3.1 Енергоефективність без використання системи

До запровадження розробленої системи у приватному будинку не було можливості контролювати потрібні параметри, такі як:

- управління освітленням;
- управління мікрокліматом;
- захист від протікання води;
- вентиляція;
- безпека;
- управління електроприладами.

Саме тому в будинку постійно відбувалась перевитрата електроенергії та не дуже сприятливі кліматичні умови (то жарко, то холодно, то задушливо).

Також не було можливості контролювати такі параметри як стан вікон та дверей для запобігання несанкціонованого проникнення до житла, можливого протікання води у трубах підведення та місцях підключення водоспоживаючих приладів (пральна машинка, бойлер тощо).

На прикладі використання електроенергії на обігрів будинку виконаємо розрахунок енерговитрат для двоповерхового приватного будинку з 4-х кімнат, коридору, прихожої, кухні, сходів та санвузла. Будемо вважати, що в даному будинку для обігріву використовуються електрообігрівачі, номінальною потужністю 1000 Вт.

Для розрахунку будемо вважати, що без використання системи, електрообігрів буде працювати цілодобово на повну потужність.

Всі розрахунки зведемо до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 Витрати на електрообігрів за місяць без використання системи

Кімната	Кількість, шт	Потужність, Вт	Витрата, кВт*год	Витрата, кВт*год при використанні системи	Різниця витрати, кВт*год
Прихожа	1	1000	1440	980	460
Коридор	1	1000	1440	1220	220
Спальня	1	1000	1440	980	460
Ванна кімната	1	1000	1440	980	460
Кухня- столова	1	1000	1440	980	460
Гостьова	1	1000	1440	980	460
Дитяча	1	1000	1440	980	460
Разом			10080	7100	2980

Таким чином, витрати на електроенергію для обігріву будинку в холодну пору року складуть приблизно  $10080 * 1,68 = 16934,40$  грн на місяць.

Крім витрат на електроенергію, є ще інші витрати, які неможливо прорахувати заздалегідь. Наприклад, важко оцінити витрати при прориві труби, яка потроху капала, а потім прорвала, або при капанні пошкодила стіни та підлогу, і потрібно ремонтувати пошкоджене приміщення. Подібні витрати можуть сягати десятків тисяч гривень.

Також до великих витрат відноситься і візит злодії і крадіжка майна з будинку. Це важко прорахувати, але ситуація цілком можлива без наявності системи безпеки в будинку.

Без нормальної системи вентиляції та керування мікрокліматом в приміщенні будуть не дуже сприятливі умови, занадто часте провітрювання призведе до перевитрат тепла, що буде виходити зовні, що, в свою чергу, призведе до занадто великої перевитрати на електрообігрів. Також можуть з'явитись проблеми зі здоров'ям через занадто сухе повітря, без припливу свіжого повітря.

### 3.2 Енергоефективність з використанням системи

В провадження розробленої системи дозволить економити на освітленні, оскільки лампочки будуть відключатись в тих місцях, де вони потрібні лише на деякий час. Але витрати на освітлення невеликі в порівнянні з витратами на обігрів.

Впровадження „розумного” управління обігрівом дозволить заощадити, оскільки обігрів буде відбуватись лише тоді, коли температура повітря буде знижуватись нижче заданого діапазону та буде необхідність в обігріві приміщення. Також, коли приміщенням не користуються, система буде підтримувати мінімально можливу температуру. Також вентиляція не буде призводити до надлишкового охолодження приміщення, так як вона буде виконуватись лише тоді, коли це буде необхідно.

Впровадження „розумним” управлінням електроприладами обігріву в режимі не повної потужності дозволить подовжити їхній строк служби.

Захист від протікання та система безпеки дозволять заощадити достатньо круглу суму на прибирання наслідків потопу або крадіжки.

Розрахуємо витрати на електрообігрів при використанні системи управління розумним будинком. Для розрахунку припустимо, що в будні дні нікого немає вдома з 8:30 до 18:30, в цей час достатньо підтримувати мінімальну температуру в усіх кімнатах (50% потужності електрообігріву). Також всі дні тижня ми спимо в спальні з 23:00 - 7:00, в цей час достатньо

підтримувати мінімальну температуру в усіх кімнатах, крім спальні (50% потужності електрообігріву). В інший час, а також в вихідні дні, електрообігрів працює на 100% потужності.

Всі розрахунки зведемо до таблиці 3.2

Таблиця 3.2 Витрати на електрообігрів за місяць з використання системи

Кімната	Кількість, шт	Потужність, Вт	Витрата, кВт*год
Прихожа	1	1000	980
Коридор	1	1000	1220
Спальня	1	1000	980
Ванна кімната	1	1000	980
Кухня-столова	1	1000	980
Гостьова	1	1000	980
Дитяча	1	1000	980
Разом			7100

Таким чином, витрати на електрообігрів складе приблизно  $7100 \cdot 1,68 = 11928$  грн на місяць у холодну пору року.

### 3.3 Висновки дослідження енергоефективності

Проаналізуємо витрати електроенергії на обігрів будинку без використання системи управління та з використанням системи управління розумним будинком. Для цього зведемо дані до таблиці 3.3

Таблиця 3.3 Аналіз витрат на електрообігрів за місяць

Кімната	Кількість, шт	Потужність, Вт	Витрати без використання системи, кВт*год	Витрати при використанні сиситеми, кВт*год	Різниця витрат, кВт*год
Прихожа	1	1000	1440	980	460
Коридор	1	1000	1440	1220	220
Спальня	1	1000	1440	980	460
Ванна кімната	1	1000	1440	980	460
Кухня- столова	1	1000	1440	980	460
Гостьова	1	1000	1440	980	460
Дитяча	1	1000	1440	980	460
Разом			10080	7100	2980

Після аналізу енергоефективності без системи та із системою можемо зробити висновки, що впровадження розробленої системи дозволить економити на витратах на електрообігрів приблизно 40% або 5006,40 грн на місяць.

Крім кількісних показників ще є якісні показники, що включають в себе:

- кращі умови мікроклімату для проживання;
- управління плавним включенням та виключенням освітлення та електроприладів, що призведе до подовження їхнього терміну служби;
- захист від раптового протікання води;
- захист від крадіжок при несанціонованому проникненні до житла сторонніми особами;

- можливість до інтелектуального управління обладнанням в будинку для створення комфортних умов.

## ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі виконано дослідження та розробку комп'ютеризованої системи управління розумним будинком, а саме підсистему отримання інформації та автоматизації функцій.

В цій системі передбачені наступні функції: управління освітленням; управління мікрокліматом; захист від протікання води; вентиляція; безпека; управління електроприладами.

Метою роботи було проектування архітектури, розробка алгоритмів роботи і реалізація комп'ютеризованої системи управління розумним будинком для кінцевого споживача.

Об'єктом дослідження були технології управління процесами контролю і збору даних про стан обладнання та повітря у приміщеннях.

Предметом дослідження було використання сучасних технологій для автоматизації контролю та управління обладнанням будинку.

У процесі роботи були виконані наступні завдання:

- огляд сучасних систем автоматизації будинку;
- опис функцій розроблюваної системи;
- опис пристроїв, що використовуються;
- розробка апаратної частини блоків системи;
- розробка алгоритмів роботи блоків системи;
- розробка програмного забезпечення блоків системи;
- дослідження енергоефективності комп'ютеризованої системи управління розумним будинком.

Результатом роботи стали:

- схеми функціональні блоків системи з вибором елементної бази;
- алгоритми роботи блоків системи;
- програмне забезпечення для роботи блоків системи системи;
- дослідження енергоефективності.

Після дослідження енергоефективності без системи та із системою було зроблено висновки, що впровадження розробленої системи дозволить економити на витратах на електроенергію приблизно 40%.

Крім кількісних показників, впровадження системи покращить і такі якісні показники, як:

- кращі умови мікроклімату для проживання;
- управління плавним включенням та виключенням освітлення та електроприладів, що призведе до подовження їхнього терміну служби;
- захист від раптового протікання води;
- захист від крадіжок при несанціонованому проникненні до житла сторонніми особами;
- можливість до інтелектуального управління обладнанням в будинку для створення комфортних умов.

Таким чином, можемо зробити висновок, що робота повністю відповідає поставленому завданню.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Управления освещением, энергосбережения в системах электроснабжения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stroypraym.ru/2011-07-04-13-26-35/2011-07-04-13-25-52/156-energoberejenie.html>
2. Управление энергопотреблением в «Умном доме» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dom-electro.ru/управление-энергопотреблением/>
3. Состав системы «Умный дом» А.Р.Технологу: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aptech.ru/sostav-sistemy-umnyj-dom>
4. Історія розумний дім: [Електронний ресурс]:– Режим доступу до ресурсу: [http://wiki.tntu.edu.ua/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9\\_%D0%B4%D1%96%D0%BC](http://wiki.tntu.edu.ua/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D1%96%D0%BC)
5. Функції та комфорт розумного дому: [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://melask.com.ua/rozumniy-dim/komfort.html>
6. Розумний будинок: [Електронний ресурс]: – Режим доступу до ресурсу: <http://lady.tochka.net/ua/58959-что-такое-umnyy-dom/>
7. Розумний дім – технологія економії: [Електронний ресурс]: – Режим доступу до ресурсу: <http://right-choice.com.ua/rozumniy-dimtehnologiya-ekonomiyi-zruchnosti-i-komfortu-visokogo-rivnya>
8. Зовнішній датчик руху «Розумного» будинку: [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://sutem.com.ua/7135smartbus.php>
9. Шлюзи зв'язку «Розумного» будинку: [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://sutem.com.ua/7141smartbus.php>
10. Керуючі пристрої «Розумного» будинку: [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://sutem.com.ua/7121smartbus.php>

11. Переваги «Розумного» будинку: [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://klyuch.com.ua/m/articles/economy/yaki-perevagyrozumnogo-domu-/>
12. Інтелектуальні системи освітлення: [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://dss-bi.com.ua/sitelab1/>
13. Логічні пристрої «Розумного» будинку: [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://sutem.com.ua/7smartbus.php>
14. Схеми керування апаратурою «Розумного» будинку: [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://sutem.com.ua/724smartbus.php>
15. Освітлення «Розумного» будинку: [Електронний ресурс]: Режим доступу до ресурсу: <http://economstroy.com.ua/mvoprosyiotvety /2302-rozumnybudunokosvitlena.html>
16. Маглинець Ю. А. Анализ требований к автоматизированным информационным системам. - Бином, 2008.
17. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану.
18. RPi Ukraine [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://raspberrypi.in.ua/>
19. Arduino Uno [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Uno>
20. Arduino Uno [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
21. Arduino Uno и Raspberry Pi 3. От схемотехники к интернету вещей. Макаров С. Л. 2018. 202с.: ил
22. Платы Ардуино [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://doc.arduino.ru>
23. Датчик температуры та вологості DHT22 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod301-datchik-vlajnosti-i-temperatyri-dht22>

24. Датчик руху HC-SR501 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://arduino.ua/prod193-ik-datchik-dvijeniya-dlya-arduino-hc-sr501>
25. Датчик витрати води YF-S201 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://controller.in.ua/yf-s201>
26. Датчик концентрації CO2 MG-811 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uamper.com/>
27. Датчик дождя, капель, пара [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://diyshop.com.ua/index.php?route=product/product&product\\_id=200](https://diyshop.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=200)
28. Модули GSM [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kosmodrom.com.ua>
29. Реле SONGLE SRD-05VDC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mini-tech.com.ua/srd-05vdc-sl-c>
30. ULN2003 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://hardelectronics.ru/uln2003.html>
31. ESP8266 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://hobbytech.com.ua/>
32. Інфрачервоний датчик полум'я YG1006 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sxema.com.ua/p743954491-datchik-plameni-dlya.html>
33. Датчик відкриття дверей MC-38 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://autohome.org.ua/market/sensors/datchik-mc-38-detail>
34. Проекти з використанням контролера Arduino, 2-е видання. Петин В.. БХВ-Петербург, 2015. 250с.: ил.
35. Программування мікроконтролерних плат Arduino/Freduino. Улли Соммер. БХВ-Петербург, 2012. 320с.: ил.

## ДОДАТКИ