

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ДИЗАЙНУ

Навчально-науковий інститут інженерії та інформаційних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра комп'ютерної інженерії та електромеханіки
(повна назва кафедри)

Дипломна магістерська робота

на тему **Керування мікрокліматом у приміщеннях з системою
«Розумний будинок»**

Виконав: студент групи МгЗКІ-21
спеціальності

123 Комп'ютерна інженерія _____
(шифр і назва спеціальності)

Освітньої програми Комп'ютерна інженерія

Дмитро СТАЦЕНКО

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф.
Володимир ОСИПЕНКО

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Київ 2022

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ДИЗАЙНУ

Навчально-науковий інститут інженерії та інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерної інженерії та електромеханіки

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія _____

Освітня програма Комп'ютерна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Б.М. Злотенко

_____ 2022 року
“ _____ ” _____

**ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Стаценку Дмитру Володимировичу

1. Тема роботи Керування мікрокліматом у приміщеннях з системою «Розумний будинок»

Науковий керівник роботи **Осипенко Володимир Васильович, д.т.н., проф.**
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «28» вересня 2022 року № 180-уч

2. Строк подання студентом роботи 14 листопада 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи Програмування мікроконтролерів для систем «Розумний будинок»

4. Зміст дипломної роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ.

2. МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ДОСЛІДЖЕННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ПРИМІЩЕННЯХ З СИСТЕМОЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

3. РОЗРОБКА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ПРИМІЩЕННЯХ З СИСТЕМОЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

6. Консультанти розділів дипломної магістерської роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Володимир ОСИПЕНКО, д.т.н., проф.		
Розділ 2	Володимир ОСИПЕНКО, д.т.н., проф.		
Розділ 3	Володимир ОСИПЕНКО, д.т.н., проф.		

7. Дата видачі завдання 12 вересня 2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного магістерського проекту	Терміни виконання етапів	Примітка про виконання
1	Вступ	15.09.2021	З підписом керівника і студента
2	Розділ 1	01.10.2021	З підписом керівника, студента та консультанта
3	Розділ 2	15.10.2021	З підписом керівника, студента та консультанта
4	Розділ 3	01.11.2021	З підписом керівника, студента та консультанта
5	Висновки	05.11.2021	З підписом керівника і студента
6	Оформлення дипломної магістерської роботи (чистовий варіант)	07.11.2021	З підписом керівника і студента
7	Здача дипломної магістерської роботи на кафедру для рецензування (за 14 днів до захисту)	08.11.2021	З підписом керівника, студентаконсультанта, рецензента
8	Перевірка дипломної магістерської роботи на наявність ознак плагіату (за 10 днів до захисту)	12.11.2021	З підписом фахівця відділу моніторингу якості підготовки фахівців та аналітичної роботи
9	Подання дипломного магістерської роботи на затвердження завідувачу кафедри (з 7 днів до захисту)	14.11.2022	З підписом завідувача кафедри

Студент

_____ (підпис)

Дмитро Стаценко
(прізвище та ініціали)

Науковий керівник роботи

_____ (підпис)

Володимир ОСИПЕНКО
(прізвище та ініціали)

Директор НМЦУПФ

_____ (підпис)

Олена ГРИГОРЕВСЬКА
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Стаценко Д.В. Керування мікрокліматом у приміщеннях з системою «Розумний будинок» – Рукопис.

Дипломна магістерська робота за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія. – Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, 2022 рік.

Дипломна магістерська робота присвячена розробці систем керування мікрокліматом приміщенні «Розумного будинку». В роботі проведено аналіз існуючих підсистем «Розумного будинку», які відповідають за безпеку та енергоефективність.

Об'єктом розробки і дослідження є систем керування мікрокліматом приміщенні «Розумного будинку».

Мета роботи полягає в тому, щоб розробити та запропонувати систему керування мікрокліматом у приміщеннях «Розумного будинку».

В роботі було розроблена система керуванням мікрокліматом приміщення «Розумного будинку», а також обґрунтовано її використання.

Ключові слова: мікроклімат, «Розумний будинок», система керування, мікроконтролер, датчик температури, датчик освітленості, електронний замок, фоторезистор.

SUMMARY

Statsenko D.V. Microclimate management in premises with the "Smart House" system - Manuscript.

Master's thesis in the specialty 123 Computer engineering. - Kyiv National University of Technology and Design, Kyiv, 2022.

The master's thesis is devoted to the development of microclimate control systems in the premises of the "Smart House". The paper analyzes the existing subsystems of the "Smart House", which are responsible for safety and energy efficiency.

The object of development and research is the microclimate control system in the "Smart House".

The purpose of the work is to develop and offer a microclimate control system in the premises of the "Smart House".

In the work, a microclimate control system for the "Smart House" premises was developed, and its use was justified.

Key words: microclimate, "Smart House", control system, microcontroller, temperature sensor, light sensor, electronic lock, photoresist.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	7
1.1. Аналіз системи «Розумний будинок».....	7
1.2. Розумні будинки за видами.....	10
1.3. Пристрої, що використовуються у системі «Розумний будинок».....	11
1.4. Різновиди датчиків температури, що застосовуються в системі «Розумний будинок».....	13
1.5. Огляд датчиків освітлюваності, що застосовуються в системі «Розумний будинок».....	18
1.6 Розгляд систем та пристроїв опалення та гарячого водопостачання у приміщеннях.....	20
1.7 Розгляд виконавчих пристроїв «Розумного будинку», що використовуються в системах безпеки.....	23
Висновки до розділу 1.....	25
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ РОЗРОБКИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ПРИМІЩЕННЯХ З СИСТЕМОЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК».....	26
2.1. Використання датчиків температури і освітленості в системі «Розумний будинок» для керування жалюзі.....	26
2.2 Системи освітлення приміщень «Розумного будинку» з віддаленим керуванням.....	30
2.3. Системи керування опаленням та гарячим водопостачанням в системі «Розумного будинку».....	34
2.4. Системи дистанційного керування електронним замком «Розумного будинку».....	40
Висновки до розділу 2.....	44
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ПРИМІЩЕННЯХ З СИСТЕМОЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК».....	45

3.1. Вибір протоколів з'єднання для системи мікроклімату приміщень «Розумного будинку».....	45
3.2 Схема розробленої системи керування мікрокліматом «Розумного будинку».	53
3.3 Опис роботи програми системи керування мікрокліматом «Розумного будинку».....	57
Висновки до розділу 3.....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	61
ДОДАТКИ.....	64
Додаток А.....	65
Додаток Б.....	66
Додаток В.....	72

ВСТУП

Актуальність дослідження обумовлена високими темпами розвитку та впровадження різноманітних систем керування мікрокліматом в приміщення «Розумного будинку». Системи «Розумного будинку» можуть контролювати та оптимально розподіляти навантаження в середині мережі. Це дозволяє знизити грошові витрати, підвищити строк експлуатації електричних побутових приладів, енергоефективність всієї системи та її безпеку. Відповідно розвиток нових систем «Розумного будинку» є актуальною темою.

Об'єктом дослідження є процеси керування мікрокліматом приміщення з використанням систем «Розумного будинку».

Предметом дослідження є підходи та алгоритми керування підсистемами «Розумного будинку», що відповідають за мікроклімат приміщень.

Мета дослідження полягає в тому, щоб розробити систему керування мікрокліматом «Розумного будинку».

Методологічною і теоретичною основою дослідження є методи аналізу, синтезу, імітаційного моделювання, праці вітчизняних і зарубіжних дослідників в області процесу керування мікрокліматом приміщення з використанням систем «Розумного будинку».

Наукова новизна полягає в тому, що в процесі дослідження було розроблено система керування мікрокліматом приміщення «Розумного будинку», а також обґрунтовано її використання.

Практична значимість полягає в тому, що результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення існуючих систем керування мікрокліматом приміщень «Розумного будинку» та розробки нових.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Аналіз системи «Розумний будинок»

«Розумний будинок» виконує функції аналізу ситуацій, які відбуваються в приміщенні або будівлі. Відповідно до завантаженої програми реагує та відправляє необхідні команди або сповіщення [1].

При цьому, користувач за допомогою визначених команд, задає необхідну ситуацію. Автоматика, відповідно до зовнішніх та внутрішніх ситуацій, задає та відстежує режими роботи всіх електричних, електромеханічних та комп'ютерних систем [2].

Розумний будинок в автоматичному режимі налаштовує роботу всіх систем відповідно до вимог користувача, часу доби, його положення в будинку, погоди та зовнішнього освітлення для забезпечення комфортного стану усередині будинку.

Створення «Розумного будинку» передбачає наявність пристроїв, які відносяться до категорії комп'ютерних систем. Сьогодні реалізовано декілька методів їх побудови [1]:

1) За рахунок змін у конструкції. З метою імітації роботи елементів для того, щоб поведінка системи відповідала «Розумному будинку».

2) За рахунок «інтелектуалізації», до чого відноситься, оснащення системи різноманітними пристроями збору, обробки інформації та прийняття рішень. Даний метод дозволяє забезпечити достатньо складну поведінку набагато простішими способами, ніж за рахунок створення відповідної конструкції.

3) Поведінка системи починає виконувати функції притаманні «Розумному будинку» за рахунок того, що вона взаємодіє з іншими підсистемами. Технологія Інтернету речей (IP) на даний момент надає можливість кожному елементу «Розумного будинку» та всьому «Розумному будинку» взаємодіяти та обмінюватися інформацією з іншими речами та

системами за допомогою Інтернету.

«Розумний будинок» зазвичай об'єднує наступні підсистеми у єдину систему для керуванням будівлею [2]:

- Системи управління та зв'язку;
- Система вентиляції, опалення та кондиціонування;
- Система освітлення;
- Система електроживлення;
- Система безпеки та моніторингу.

Система управління та зв'язку включає в себе наступні елементи:

- Управління з одного джерела аудіо-, відеотехнікою та інше.
- Віддалене керування електроприладами, приводами механізмів та всіма іншими системами. Електронні побутові прилади в «Розумному будинку» можуть бути об'єднані в загальну мережу.
- Авто-механізація будівлі (відкриття чи закриття воріт, шлагбаумів, тощо)

Система вентиляції, опалення та кондиціонування забезпечує надходження свіжого повітря, регуляцію температури та вологості. Крім цього, система, такого типу, економить енергію за рахунок раціонального використання температури середовища. Підсистеми:

- Дистанційне керування кондиціонерів;
- Механізми автоматичного відкриття або закриття вікон для того, щоб холодне або тепле повітря заходило у приміщення в залежності від умов.

Система освітлення контролює рівень освітленості у приміщенні. Призводить до економії електроенергії з допомогою раціонального використання зовнішнього освітлення. Підсистеми [1-3]:

- автоматичне увімкнення або вимкнення світла відповідно до програми;
- датчики руху для вмикання світла;
- автоматичне відкриття або закриття вікон, жалюзі;

- дистанційне увімкнення або відключення електричних розеток.

Незалежні системи електроживлення забезпечують безперерйне живлення, наприклад за рахунок автоматичного перемикаання на альтернативні джерела.

До системи безпеки та моніторингу входять наступні [4, 5]:

- система відеоспостереження;
- система контролю доступу до приміщень;
- охоронно-пожежна сигналізація;
- телеметрія;
- система захисту від затоплення;
- GSM-моніторинг – віддалене інформування про інциденти у приміщенні та управління системами будинку через телефон.;
- IP-моніторинг об'єкта;
- імітація присутності.

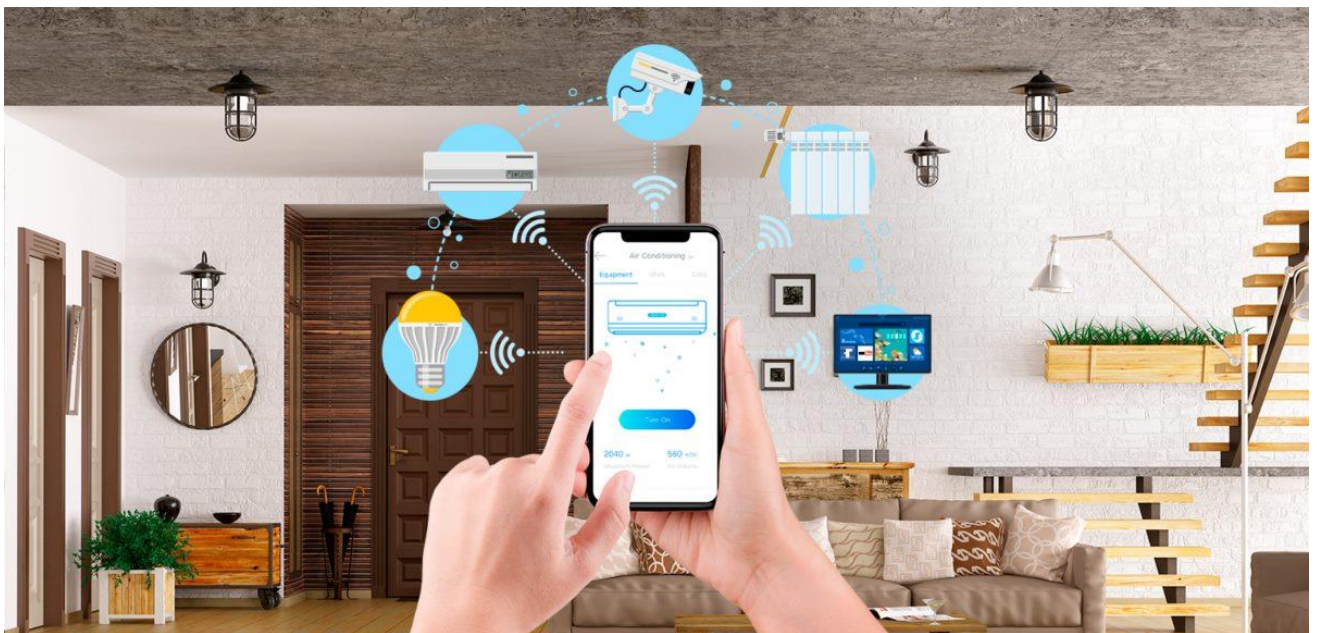


Рис. 1.1 Система управління «Розумний будинок»

1.2. Розумні будинки за видами

1. За універсальністю:

- системи вузького профілю, які спеціалізовані на окремі галузі (наприклад, забезпечення безпеки «Розумного будинку» або організацію його освітлення);
- системи «Розумного будинку» широкого профілю, в межах яких можна створити і управляти більшістю описаних у пункті 1.1 підсистем — мікроклімат, безпека тощо.

2. За способом передачі даних:

- Проводові. Зв'язок між основними елементами системи забезпечують дроти;
- Бездротові. Компоненти «розумного будинку» взаємодіють за допомогою радіосигналів.

Провідна система «Розумного будинку» більше надійна і коректна в роботі [5]. Її використання здебільшого усуває затримку сигналу. Також вона вважається більше безпечною і захищеною від втрати даних. В той самий час її головними недоліками вважається організація. На розробку такої системи витрачається більше часу і зусиль, із-за необхідності прокладки проводів, що ускладнює реалізацію у приміщеннях, де ремонтні роботи – виконані.

Бездротові системи прості у встановленні, модифікації та оновленні. Сучасні технології такої передачі даних стають більше економічними, захищеними і стабільними, що обумовлює високу популярність подібних використань в побутових цілях.

3. За типом керування:

- централізовані системи;
- децентралізовані системи – передбачають незалежні один від одного підсистеми. Можуть складатися з декількох відокремлених систем.

Більшість систем «Розумного будинку» у соціальних приміщеннях

передбачають централізоване керування. В результаті чого налаштування такої системи зручне і не потребує складних рішень.

Децентралізовані варіанти систем «Розумного будинку» у більшості випадків стійкіші: відмова одного важливого компонента не призведе до виходу з ладу всієї системи. Наприклад, у системах «Розумного будинку» пов'язаних з підсистемами, що відповідають за безпеку, встановлюються децентралізовані рішення.

4. За типом протоколів комунікації:

- системи з відкритими протоколами. В цих системах можливе використання пристроїв «Розумного будинку» в не залежності від виробника, за рахунок інтегруєбельності;
- системи із закритими протоколами. Пристрої «Розумного будинку» від одного виробника, що використовуються в системі, не можуть взаємодіяти з пристроями виготовленими іншим виробником.

Перевагами відкритих «Розумних будинків» полягають у тому, що можуть використовувати велику кількість пристроїв від різних виробників. Але їх недоліком буде те, що закриті системи не мають проблем з внутрішньою сумісністю, а також в них використовуються більш якісні компоненти та процедури оновлення програмного забезпечення за, що відповідає безпосередній розробник (виробник) системи.

1.3. Пристрої, що використовуються у системі «Розумний будинок»

Загалом системи «Розумного будинку», передбачають наявність трьох типів пристроїв, які забезпечують виконання всіх функцій притаманних «Розумному будинку» [1-5]:

- мережевий концентратор — пристрій, що виконує функцію об'єднання та зв'язку всіх елементів (пристроїв) «Розумного

будинку» в одну єдину систему і дає можливість користувачу використовувати пристрої віддаленого управління роботою системи «Розумний будинок», навіть у випадку коли користувач знаходиться в будь-якій точці світу при умові, що є підключення до Інтернету;

- датчики і сенсори – надають системі «Розумного будинку» інформацію про зовнішні та внутрішні умови, наприклад: температуру повітря, відносну вологість, наявність руху, задимленість, рівень освітлення, тощо;
- виконавчі пристрої (актуатори) – до них відносяться прилади різних типів, що відповідають у системах «Розумного будинку» за виконання різних команд і здійснюють управління конкретними «розумними» приладами. До них відносяться: розумні розетки, вимикачі, світлорегулятори, клапани для труб, реле, пристрої клімат-контролері та інші.



Рис. 1.2 Складові пристрої системи «Розумний будинок»

На рис. 1.2 наведені пристрої «Розумного будинку», що використовуються для створення систем керування мікрокліматом приміщення.

1.4. Різновиди датчиків температури, що застосовуються в системі «Розумний будинок»

Датчики дозволяють отримувати, реєструвати, обробляти та надавати інформацію про стан систем до яких вони підключені. Сьогодні вимірювання температури поширене серед галузей людської діяльності. Відповідно, використання термодатчиків стало звичним. Термодатчики застосовуються у автоматизації технологічних процесів, проведенні наукових досліджень, промисловості, сільському господарстві, медицині, побуті тощо. Застосування термодатчиків забезпечує роботоспроможність дорогого виробничого обладнання та знижує вірогідність аварійних ситуацій. Удосконалення, розвиток сучасних датчиків призводить до підвищення ефективності вимірювань. Надійність, ефективність різноманітних технічних пристроїв, зокрема датчиків, є визначальними факторами у багатьох комп'ютерних системах [4].

В більшості випадків, термодатчики використовуються у системах для одночасного дистанційного вимірювання та контролю температури в різних частинах та пристроях об'єкту моніторингу.

Залежно від принципу дії всі датчики температури можна поділити на наступні типи [3]:

Термопар. Принцип дії термопар (Рис. 1.3) заснований на термоелектричному ефекті. За конструкцією представляють замкнутий контур з двох провідників або напівпровідників. Принцип дії полягає в наступному – електричний струм у контурі виникає, коли між двох спаїв з'являється різниця температур, пропорційна різниці потенціалів. Щоб виміряти температуру, один кінець термопару поміщається в середу для вимірювання, а другий використовується для зняття значень. На спаєх виникають термоелектрорушійні сили $E(t_2)$ і $E(t_1)$, які визначаються температурами t_2 і t_1 . Результируюча термо-ЕРС в контурі дорівнюватиме різниці термо-ЕРС на кінцях спаїв $E(t_2) - E(t_1)$. Термопару найчастіше виготовляють з наступних матеріалів:

платина, хромель, алюмель та платинородію. У різних металів коефіцієнт термо-ЕРС відрізняється, відповідно різниця потенціалів, що виникає між кінцями різних провідників, буде різною. Найбільшого поширення набули пари металів ХА(хромель-алюмель), ТКХ(хромель – копель) і ТПП (платинородій-платина). Основним недоліком даних приладів є похибка вимірювань. З переваг можна виділити можливість виміру високих температур – до 1300С.

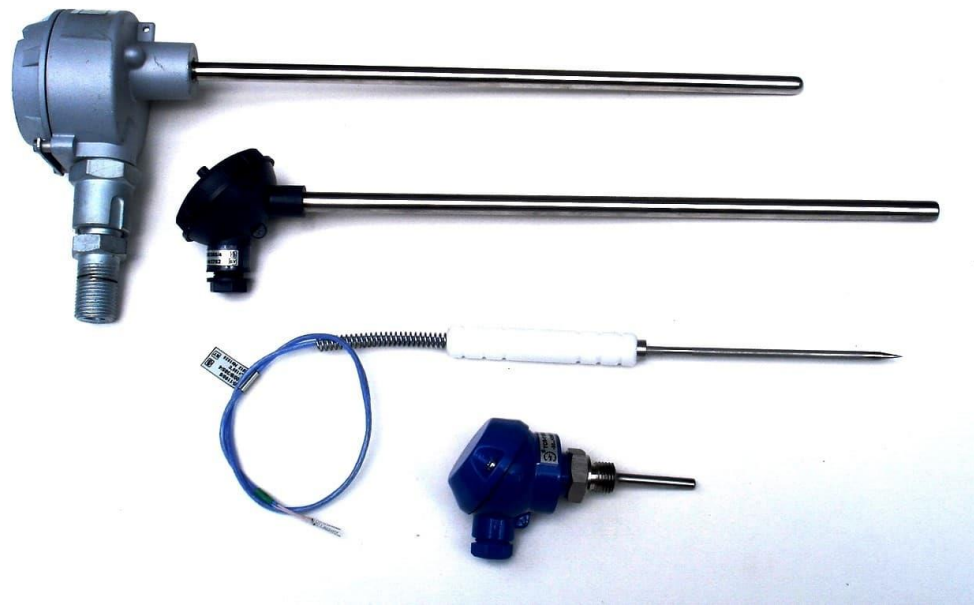


Рис. 1.3 Різновиди термопар

Терморезистивні датчики. Виготовляються з матеріалів, що мають високий коефіцієнт температурного електричного опору (ТКО). Принцип роботи полягає у зміні опору провідника залежно від його температури. Такі прилади мають високу точність, чутливість і лінійність вимірюваних значень. Основними характеристиками пристрою є номінальний електричний опір при температурі 25°C та ТКО. Терморезистивні датчики розрізняються за температурним коефіцієнтом опору - термістори з негативним (НТК) та позитивним (ПТК) ТКО. У НТК із зростанням температури опір буде зменшуватися, для ПТК – збільшуватися. Терморезистивні датчики найчастіше застосовуються в електроніці та машинобудуванні.

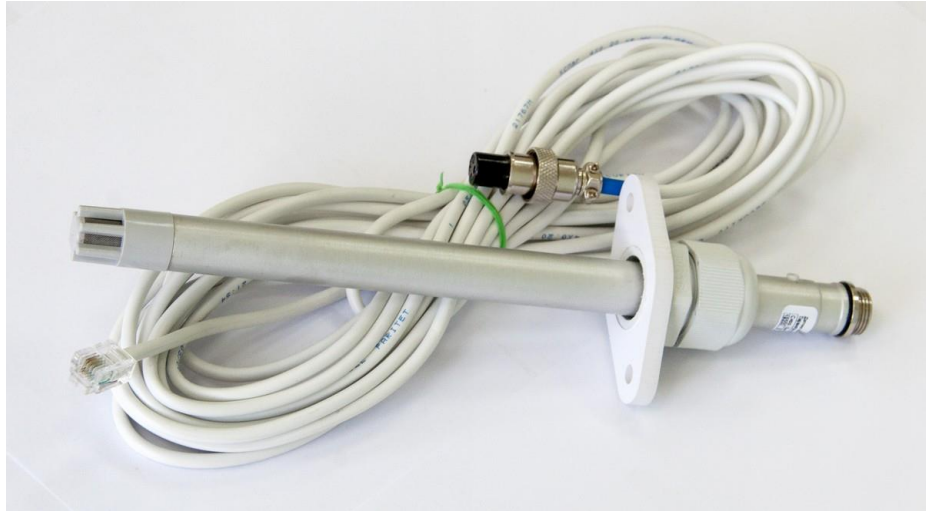


Рис. 1.4 Терморезистивний датчик

П'єзоелектричний датчик. Даний пристрій працює на основі ефекту п'єзоефекту. Під дією електричного струму відбувається процес зміни лінійних розмірів, або прямий п'єзоефект. В момент подачі струму з різною фазою із певною частотою, відбувається коливання п'єзорезонатора. Частота, в таких приладах, визначається температурою. Знаючи отриману залежність, можна визначити необхідні значення частоти та температури. Пристрій має високу точність, а діапазон вимірювання температури достатньо широкий. П'єзоелектричні датчики загалом використовуються при проведенні наукових дослідів, під час яких необхідно дотримуватися високої точності для достатньої надійності отриманих результатів даних.



Рис. 1.5 П'єзоелектричний датчик

Напівпровідниковий датчик. Діапазон вимірювальної температури в межах від -55°C до 150°C . Принцип роботи, даних датчиків, ґрунтується на залежності зміни напруги на р-п-переході від температури. Дана залежність майже лінійна, відповідно до чого, можна створити датчик без необхідності

розробки складної схеми. Проте для таких приладів схема повинна містити одиночний р-n-перехід, відповідно до чого датчики даного типу відрізняються великим діапазоном параметрів та невисокою точністю. Для того, щоб знизити вплив цих недоліків були розроблені аналогові напівпровідникові датчики.



Рис. 1.6 Напівпровідниковий датчик

Аналоговий датчик. Прилади даного типу відрізняються низькою вартістю і мають достатньо високу точність вимірювання, що призвело до того, що вони отримали широке застосування в мікроелектроніці. У схемі містяться два чутливих елементів (транзистора), які мають різні характеристики. Вихідний сигнал представляє собою різницю між падіннями напруги на транзисторах. Використовуючи калібрування датчика за допомогою зовнішніх ланцюгів, можна збільшити точність виміру, що знаходиться в діапазоні від $\pm 1^{\circ}\text{C}$ до $\pm 3^{\circ}\text{C}$. Датчики даного типу мають три виходи, один з яких використовується для калібрування [3-5].



Рис. 1.7 Аналоговий датчик температури TMP36

Цифровий датчик. Головною відмінністю, в порівнянні з аналоговим датчиком, це те, що цифровий датчик містить додаткові вбудовані елементи, а саме аналого-цифровий перетворювач (АЦП) і формувач сигналу. Цифрові датчики підключаються до схеми за допомогою інтерфейсів SPI, I2C та 1-Wire, що дозволяє підключати відразу кілька датчиків до однієї шини. Вартість пристроїв, які мають ці особливості, трохи дорожче за аналогові, але при цьому вони значно спрощують схемотехніку пристрою [3-5].

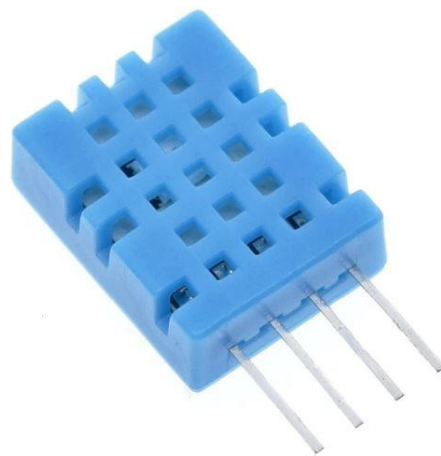


Рис. 1.8 Цифровий датчик температури та вологості DHT11

Сьогодні аналогові та цифрові датчики температури набули широкого застосування в системах «Розумний будинок» [4].

1.5. Огляд датчиків освітлюваності, що застосовуються в системі «Розумний будинок»

Системи «Розумного будинку» можуть контролювати та оптимально розподіляти навантаження в середині мережі. Це дозволяє знизити грошові витрати, підвищити строк експлуатації електричних побутових приладів та енергоефективність всієї мережі. За допомогою таких систем можна змінювати напругу у мережі, регулюючи рівень освітленості приміщень [3].

Системи «Розумного будинку», які відповідають за освітлення, дозволяють автоматизувати процеси і зробити перебування у приміщенні комфортним та зручним [4,5].

Сьогодні, як було зазначено, використовуються дві системи освітленням «Розумного будинку»: локальна та глобальна. Локальна, загалом, встановлюються у приміщеннях, де кімнати незалежні, в плані освітлення, одна від одної. Глобальна, у свою чергу, передбачає комплексну інтеграцію всіх елементів системи «Розумного будинку», які відповідають за освітлення, та керування ними з єдиної панелі.

Систему освітлення «Розумного будинку» можна налаштувати для одночасної роботи з іншими видами обладнання. Одним серед популярних видів синхронізації полягає у з'єднанні систем для природного і штучного світла [6,7].

Сьогоднішні досягнення в галузі електроніки та комп'ютерних технологій відкривають все нові і нові перспективи для створення і застосування приладів, спроектованих на мікроконтролерах (МК) і мікропроцесорах (МП), в багатьох галузях людської діяльності. Розробка програмної частини систем на базі МП та МК займає великий проміжок часу в процесі проектування. Продуктивність додатків, написаних мовою високого рівня, наприклад C++, буде сильно залежати від того, наскільки якісно розробник розуміє програмну архітектуру і володіє основами програмування на нижньому рівні. Програмування мікроконтролерів на базі AVR відбувається, загалом, у програмному

забезпеченні Microchip Studio. Воно дозволяє створювати, транслювати та налагоджувати проекти на мові C / C++ [7, 8].

Датчики освітлення – це пристрої, які використовуються в системах «Розумного будинку» для автоматичного управління джерелами штучного (електричного) світла. В залежності від ступеня освітлення навколишнього простору, датчик здатний передавати сигнал на мікроконтролер або інший пристрій системи управління «Розумного будинку», і в залежності від програми відбувається увімкнення/вимкнення ламп, ліхтарів та інших освітлювальних приладів. Також є типи датчиків світла, які мають вбудовані «розумні» автоматичні вимикачі, які відстежує і контролюють яскравість освітлення певної території або приміщення «Розумного будинку». Такі пристрої в залежності від часу доби мають вбудований функціонал для увімкнення/вимкнення світла. При використанні цього обладнання можна отримати економію електроенергії до 10-15%.

Принцип роботи датчиків освітленості полягає у відстеженні рівня світлового випромінювання, що потрапляє на світлочутливий елемент приладу. Промені світла за допомогою фотоелемента фокусуються та прямують до детектора. Коли досягається певний рівень яскравості (мінімальний або максимальний), детектор створює напругу, яка використовується приладом, як сигнал для замикання ланцюга схеми та блокування підключених електричних пристроїв «Розумного будинку». За допомогою сигналу, що формується в результаті зростання напруги, відбувається вмикання світильника при низькому рівні освітлення, а зі зростанням рівня освітленості – вимикає його. З метою економії програму керування «Розумним будинком» можливе налаштувати таким чином, щоб вимикати датчик на певний час коли система освітлення не потрібна [6,7].

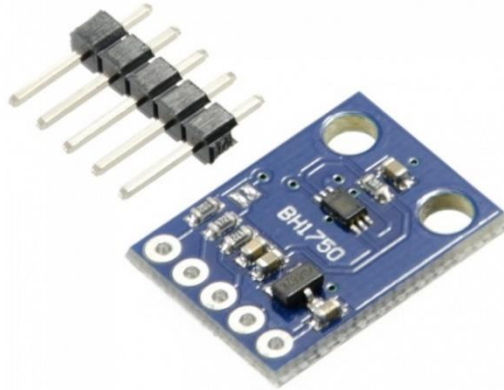


Рис. 1.9 Датчик освітленості цифровий GY-302 VH1750FVI

Виходячи з вищенаведеного, будь-який датчик освітлення слугує, як фотодатчик, а саме первинний перетворювач, елемент регулюючого, сигнального, вимірювального або керуючого пристрою системи. Прилад перетворює величину сигнал, який необхідний для роботи системи у сигнал контрольованої величини, який доступний для відображення та використання у системах моніторингу «Розумного будинку».

1.6 Розгляд систем та пристроїв опалення та гарячого водопостачання у приміщеннях

В багатьох приміщеннях, що сьогодні будуються, центральне опалення, загалом, відсутнє. В результаті чого, користувачі стикаються з питанням організації системи опалення та гарячого водопостачання (ГВП). З цією метою власники приміщень починають використовувати газові котли або газові колонки. В роботі розглянуто систему ГВП з двоконтурним котлом (Рис. 1.10), такі системи мають відносно невеликі габарити, а їх вартість відносно низька [11-13]. Проте, роботі ГВП з двоконтурним котлом притаманні певні недоліки. Принцип роботи проточного теплообмінника ГВП двоконтурного котла

полягає в тому, що нагрів води відбувається в момент початку розбору води. Конструкція проточного водонагрівача побудована таким чином, щоб знизити швидкість потоку води, що ускладнює отримання води відповідної температури, за невеликий проміжок часу. В результаті чого температура води на виході з проточного нагрівача залежить від кількості витраченої води. Це призводить до того, що використання двоконтурного котла в системі ГВП веде до необґрунтованого зростання споживання води і навантаження на стоки каналізації. Також відбувається збільшення витрат електроенергії та газу на нагрів, що знижує комфорт при користуванні гарячої води в будинку.



Рис. 1.10 Двоконтурний котел

Один з методів реалізація, якого призводить до поліпшення роботи такої ГВП, зменшити її недоліки, а також покращити комфортні умови користування водою – встановити між двоконтурним котлом і споживачами гарячої води електричний накопичувальний водонагрівач – бойлер[11-13] (рис. 1.11).



Рис. 1.11 Бойлер непрямого нагріву

У бойлері непрямого нагріву вода нагрівається не безпосередньо від нагрівального елемента, а через проміжний теплоносій, в якості якого використовується антифриз або вже нагріта вода. Від системи опалення або котла вона йде через теплоносій та нагріває воду безпосередньо у самому бойлері.

Пристрій бойлера містить у собі наступні компоненти:

1. Індикатор температури
2. Трубчастий теплообмінник
3. Гільза термоелемента
4. Сухий керамічний термоелемент
5. Робочий термостат із зовнішнім блоком управління;
6. Запобіжний термостат
7. Кришка електропід'єднання
8. Труба подачі холодної води
9. Гільза робочого та запобіжного термостату
10. Труба подачі теплої води
11. Магнієвий анод
12. Сталевий емальований резервуар

13.Поліуретанова ізоляція 42мм без фреону

14.Кожух водонагрівача

15.Другий вихід для гарячої води.

Час нагрівання води безпосередньо залежить від потужності та площі поверхні теплоносія. Він може бути «подвійним», такий теплообмінник має меншу висоту звивання і забезпечує більш потужне та концентроване нагрівання. А також можливий теплообмінник вбудований в ще один теплообмінник, який знаходиться глибоко в бойлері для рівномірного та ефективного нагрівання води. Він покривається спеціальною емаллю, що повинна відповідати гігієнічним стандартам.

Електричний бойлер непрямого нагріву, в розглянутому методі, використовується в якості буферної ємності між котлом і споживачами гарячої води. З контуру ГВП двоконтурного котла гаряча вода, перш ніж потрапити споживачеві, надходить в бойлер непрямого нагріву. Відповідно, гаряча вода в водорозбірні крани подається вже з бойлера. Таким чином, електричний бойлер служить для зберігання запасу гарячої води нагрітої газовим котлом. Крім того, температура води в бойлері підтримується на заданому рівні за рахунок включення трубчастого електронагрівника (ТЕНа).

1.7 Розгляд виконавчих пристроїв «Розумного будинку», що використовуються в системах безпеки

Пристрої, що відносяться до «Інтернету речей», сучасної концепції мереж передачі даних між різними фізичними об'єктами, містять вбудовані засоби та технології завдяки чому можуть взаємодіють між собою та з іншими пристроями підключеними до Інтернету [14]. Системи «Розумний будинок», які використовуються разом з подібними пристроями стають більш поширеними у побуті та забезпечують безпеку, ресурсозбереження та комфорт всіх користувачів. Системи «Розумного будинку» поєднують всі комп'ютерні електроні та електромеханічні побутові пристрої, які виконують певні дії і

повсякденні завдання. Як вже зазначалося, пристрої можуть бути поєднані мережею, що дозволяє керувати ними за допомогою різноманітних комп'ютерних систем, наприклад ПК, смартфони, планшети, тощо. Можливості сучасних систем «Розумний будинок» поєднують багато функцій, особливо тих, які відповідають за спостереженням за відкриттям вікон та дверей [14].

Забезпечення безпеки приміщення за допомогою комп'ютерних систем керування замками є однією з важливих функцій [15]. Сьогодні у системах «Розумний будинок» використовуються електронні замки, конструкція яких складається з двох частин: секретна частини – це електронний пристрій; спосіб замикання – електромеханічний (рис. 1.12).



Рис. 1.12 Електронні замки

Перевага електронних замків полягає в тому, що їх монтаж є прихованим. В зв'язку з тим встановлення замку можливе в будь-якому місці по периметру дверного полотна. Це призводить до ускладнення визначення зловмисниками місцезнаходження такого замку і знижує вірогідність його механічного пошкодження, або зламу.

Висновки до розділу 1

1. Аналіз сучасних тенденцій використання систем «Розумного будинку» показав зростання попиту на пристрої, що використовуються для їх розробки та впровадження.
2. Наведено перелік типів датчиків, які використовуються в різних підсистемах «Розумного будинку», за їх принципом роботи та технічними характеристиками.
3. Розглянуто системи та пристрої опалення та гарячого водопостачання у приміщеннях. Визначено, що в сучасних приміщеннях відсутня централізоване опалення та гаряче водопостачання, в результаті чого користувачам необхідно встановлювати газовий двоконтурний котел, а також бойлер, який слугує проміжним пристроєм, для покращення енергоефективності наведеної системи ГВП та опалення.
4. Розглянуто виконавчі пристрої «Розумного будинку», які використовуються в системах безпеки. Наведені приклади використання електронних замків, їх загальна конструкція та принцип роботи. Зауважено, що їх використання у системі безпеки «Розумного будинку» призводить до ускладнення визначення місця становлення замку по контуру дверного полотна і знижує вірогідність його зламу.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ РОЗРОБКИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ПРИМІЩЕННЯХ З СИСТЕМОЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

2.1. Використання датчиків температури і освітленості в системі «Розумний будинок» для керування жалюзі

Однією з підсистем «Розумного будинку» є керування жалюзі або ролетами в залежності від часу доби, температури навколишнього середовища або освітленості приміщення. Після проведеного аналізу робіт [16-18] отримані результати, що визначають взаємозв'язок вищезазначених параметрів із положенням ролетів та жалюзі в системах «Розумний будинок». Після чого визначено декілька режимів роботи таких підсистем:

1. Система керування «Розумного будинку» змінює положення жалюзі в залежності від часу доби в межах від 8:00 до 18:00;
2. В залежності від температури зовнішнього середовища: жалюзі закриті на 50%, якщо температура повітря більша 23°C и повністю закриті, якщо температура більша 26°C;
3. Жалюзі повністю закриті якщо інтенсивність освітлення перевищує 10000 Люкс, що відповідає ясному сонячному дню (в тіні).

Дані результатів проведених експериментів у трьох регіонах країни з використанням вищенаведених режимів наведені на рис. 2.1. Експеримент проведено влітку у вищезазначених частинах країни (північній, центральній, південній) при максимальній температурі оточуючого середовища.

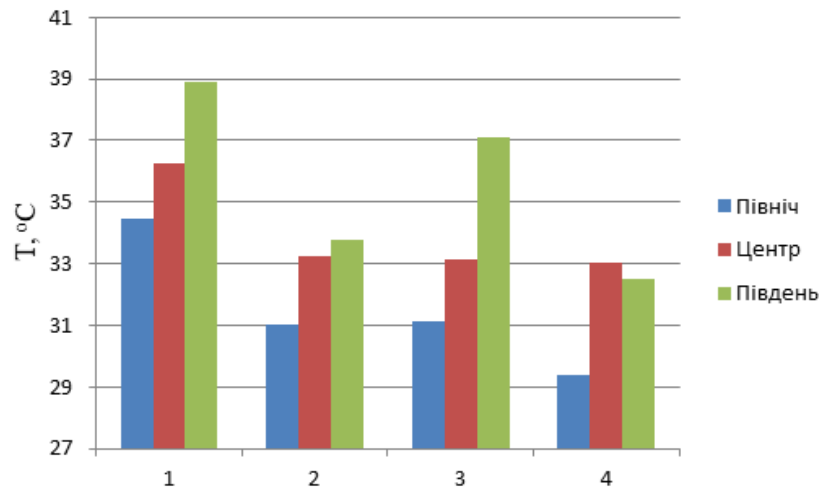


Рис. 2.1 Максимальна температура для різних режимів системи керування жалюзі: 1. Жалюзі повністю відкриті. 2. Перший режим. 3. Другий режим. 4. Третій режим

Проведений аналіз результатів даних вказує на те, що використання систем керування «Розумного будинку» пов'язаних з температурою та освітленням на базі регулювання положення жалюзі призводить до зниження температури приміщення при використанні будь-якого режиму роботи системи «Розумного будинку» [6,7].

Необхідно відзначити, що третій режим роботи показує найкращі результати, оскільки забезпечує достатню температуру та необхідний рівень освітлення приміщення, коли значення освітлення менше за 10000 Люкс, або фасад приміщення знаходиться у тіні.

В роботі визначено оптимальний режим роботи системи керування температурою і освітленням «Розумного будинку», також здійснено вдосконалення існуючих систем, для збільшення енергоефективності в інтервалах коли температура навколишнього середовища – висока.

В розглянутих матеріалах роль центрального контролера виконує Arduino Uno (рис. 2.2). МК на базі Arduino – апаратні обчислювальні платформи, основними компонентами яких є плата вводу-виводу та середовище розробки, яка використовує мову програмування Wiring. Наведені пристрої можуть працювати незалежно від персонального комп'ютера (ПК), для їх роботи

необхідно незалежне джерело живлення і альтернативний канал зв'язку. МК Arduino здатні зчитувати вхідні дані у вигляді напруги на своїх аналогових виводах та перетворювати їх у цифровий сигнал за допомогою АЦП. При підключенні до певних виводів МК датчиків, пристрій буде програмними засобами зчитувати інформацію з цих виводів.

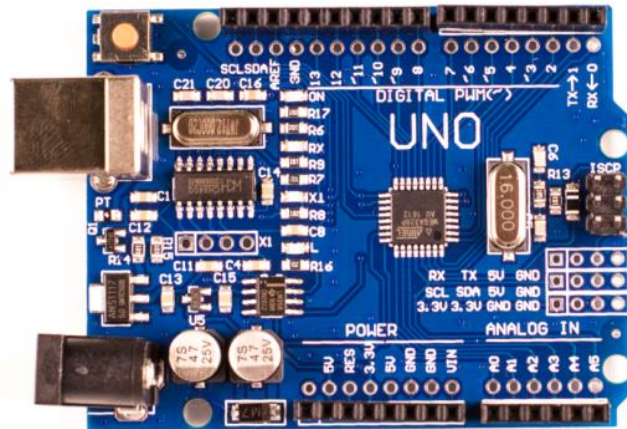


Рис. 2.2 Контролер Arduino Uno

В роботі використовується цифровий датчик освітлюваності BH1750FVI GY-302, даний прилад реєструє зміну інтенсивності освітленості. Схема підключення цифрового датчику до МК наведена на рис. 2.3.

Зміну положення жалюзі, в залежності від освітлення навколишнього середовища, регулює сервопривод SG90 (рис. 2.4), з технічної точки зору має ряд переваг, а саме компактний розмір і незначна вага (15 грамів). Сервопривод на пряму підключається до МК Arduino Uno, програмування для системи курування здійснюється з використанням спеціалізованої бібліотеки у програмному комплексі Arduino IDE.

Основа роботи даної системи базується на тому, що при високих температурах оточуючого середовища в залежності від інтенсивності освітлення жалюзі чи ролети будуть змінювати положення, що відповідає відчиненому або зачиненому стану.

При подачі живлення на МК Arduino Uno, датчик освітлюваності BH1750FVI GY-302 вмикається, відповідно до завантаженої до МК програми

відбувається визначення рівня освітлюваності. У випадку коли рівень освітлюваності дорівнює або перевищує 10000 Люкс положення жалюзі, відповідно до програми, потрібно встановити у стан, який відповідає зачиненому. В результаті підпрограма МК Arduino через підключене реле подає живлення на сервопривод змінюючи положення валу сервоприводу на 120° , при якому жалюзі змінять свій стан, що відповідає зачиненому, після того, як процес закінчиться МК перериває подачу живлення. В другому випадку, якщо рівень освітленість недостатній, програма відправляє сигнал на сервопривод і відбувається встановлює положення валу сервоприводу на 0° , відповідно до стану жалюзі – відчинено.

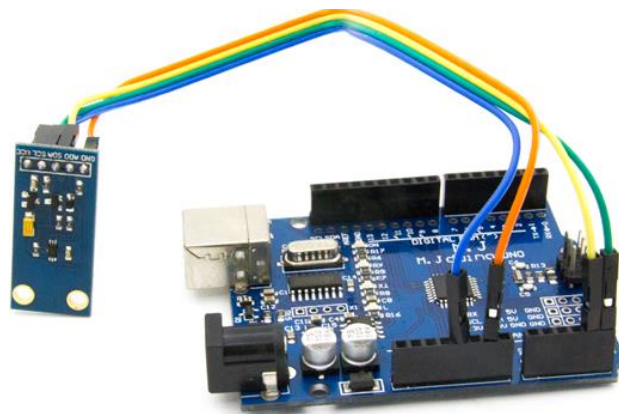


Рис. 2.3 Підключення датчика BH1750FVI GY-302 до контролера Arduino Uno



Рис. 2.4 Сервопривод SG90

У проміжок часу, який відповідає вечірньому, при необхідності додаткового освітлення приміщень «Розумного будинку», з використанням тактового перемикача, положення валу сервопривода встановлюється на 120° , а приймання та обробка програмою сигналів з датчика освітлюваності ВН1750FVI GY-302 – вимикається.

2.2 Системи освітлення приміщень «Розумного будинку» з віддаленим керуванням.

Мобільні пристрої є невід'ємною частину нашого повсякденного життя, а їх інтеграція з різними пристроями та приладами стала нормою. Відповідно в системах «Розумного будинку» їх інтеграція з мобільними пристроями особливо необхідна. Взаємодія з боку користувача з системами «Розумного будинку», а також з мобільними пристроями потребує відповідних, зручних у використанні та зрозумілих, інтерфейсів, які отримали назву – мобільні додатки. Для їх створення, в залежності від операційної системи смартфона чи планшета, існує спеціалізоване програмне забезпечення, однією з таких є Android Studio.

В залежності від пори року, часу дня, інтенсивності зовнішнього освітлення величина освітленості у приміщенні буде змінюватись. В роботі розглянута комп'ютерна система «Розумного будинку», що виконує функції отримання, передачі, обробки інформації отриманої з датчиків та, в залежності від розробленої програми, відправки сигналів для керування або регулювання електричних, електролюмінесцентних пристроїв освітлення.

Розглянуто мобільний додаток до смартфона чи планшета для дистанційного керування системи освітлення, а також дослідний зразок комп'ютерної системи, який містить наступні функції:

1. Керування, а саме, вмикання/вимикання, системи освітлення в залежності від потреб власника приміщення.
2. Передача інформації про рівень освітленості до власника приміщення
3. Автоматичне вмикання/вимикання електричних, електролюмінесцентних пристроїв світла, які входять у систему керування освітленням приміщення.

Структурна схема дослідного зразка комп'ютерної системи наведена на рис. 2.5

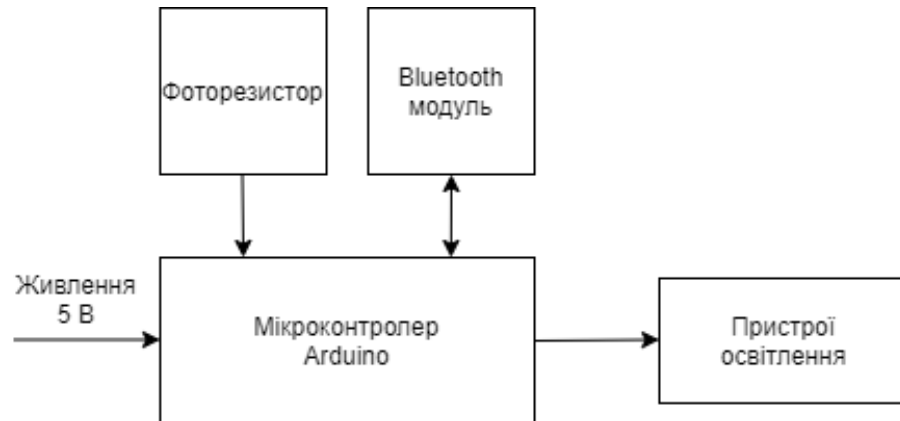


Рис. 2.5 Структурна схема дослідного зразку

В роботі використані наступні пристрої: 1) МК Arduino Uno; 2) Фоторезистор KY-018; 3) Bluetooth модуль HC-05; 4) Світлодіод, в якості електричного елементу пристрою освітлення дослідного зразка.

На рис. 2.6 показана фотографія дослідного зразка. Який має декілька режимів роботи.

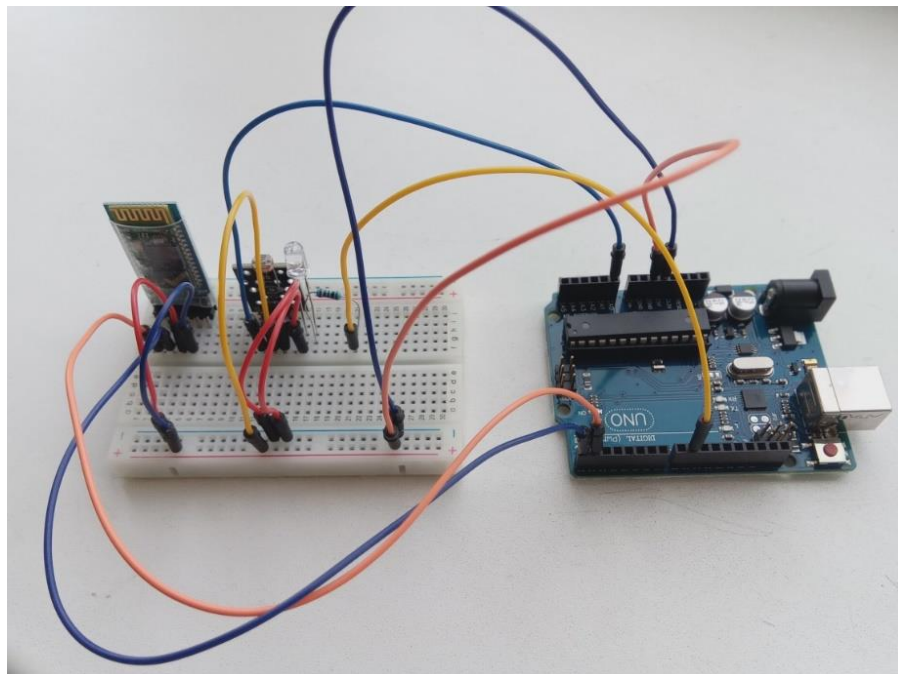


Рис. 2.6. Фотографія дослідного зразка

Принцип дії першого режиму роботи полягає в тому, що власник приміщення за допомогою свого мобільного пристрою, відправляє сигнал вимикання системи освітлення «Розумного будинку» на модуль Bluetooth, який

передає його на МК. Далі, всі під'єднані до системи пристрої вимикаються і не вмикаються до того часу, поки користувач, не відправить сигнал вмикання системи освітленням зі свого смартфона чи планшета.

Принцип дії другого режиму роботи, який починає працювати після отримання Bluetooth модулем сигналу вмикання та передачі його на МК, буде наступним. Фоторезистор, не має можливості виконувати самостійно розрахунки, але його сигнали приймаються та обробляються МК. Сигнальний вихід фоторезистора під'єднується на аналоговий вхід МК. У мікросхемі контролера, напруга з фоторезистора перетворюється в цифрові дані за допомогою АЦП. Оскільки опір датчика при потраплянні на нього світла зменшується, відповідно значення падіння напруги буде зменшуватися. Але в залежності від з'єднання та типу фоторезистора, в одному випадку, максимальне значення напруги буде відповідати темряві (опір фоторезистора максимальний), а мінімальне – високому рівню освітлення (значення опору близьке до нуля, напруга мінімальна), в іншому – навпаки. Після цього, отримані дані оброблюються і, відповідно до програми, МК в автоматичному режимі відправляє сигнал на вмикання/вимикання елементів освітлення, в залежності від рівня освітленості.

Також, під час другого режиму роботи, користувач, за допомогою мобільного додатку, може отримати інформацію про рівень освітленості. Для цього в програму, завантажену у МК, додані формули для розрахунку освітленості, при відомих значення напруги та опору.

Як відомо, фоторезистор, не може самостійно визначити та вивести значення в звичних для людини одиницях вимірення, люкс. Для вирішення цього використовуються формули обчислення та переводу, а також та числа з плаваючою комою. Вони визначаються в мові програмуванні C++, як змінні *float* і *double* типу, якими можна представляти дробові числа. Недоліком чого є досить велика потреба в ресурсах для розрахунку. У ПК для їх обчислення є спеціальне апаратне забезпечення, для 8-бітного мікроконтролера AVR обчислення робляться в програмному забезпечення, що займає досить багато програмної пам'яті і часу. Якщо дані недоліки прибрати тоді числа з плаваючою комою, беззаперечно, можна використовувати [8,14].

Визначення взаємозв'язку між освітленістю і електричним опором фоторезистора виконується за допомогою приблизної формули у документації

датчика. Відповідно до відомих взаємозв'язків між освітленістю та електричним опором фоторезистору, на логарифмічній шкалі освітленість і опір знаходяться приблизно в лінійній залежності і утворюють пряме рівняння, тому що застосовується наступне перетворення:

$$\log\left(\frac{a}{b}\right) = \log(a) - \log(b) \quad (1)$$

Якщо виміряти опір датчика (R_B), то можна з рівняння лінії обчислити освітленість (E_B) падаючу на датчик. Висловимо рівняння лінії E_B :

$$\log(E_B) = \frac{\log\left(\frac{R_A}{R_B}\right)}{\gamma} + \log(E_A) \quad (2)$$

$$E_B = 10^{\frac{\log\left(\frac{R_A}{R_B}\right)}{\gamma} + \log(E_A)} \quad (3)$$

Таким чином для обчислення освітлення отримано формулу при відомому опорі. Опір МК виміряти напряму неможливо, для цього фоторезистор розміщується за допомогою подільника напруги, вихідну напругу якого переводить у цифровий сигнал АЦП. Для визначення опорі, по перше, необхідно визначити із значення АЦП вихідну напругу (U_2), напругу подільника, враховуючи напругу порівняння (U_{ref}) перетворювача. Формула наступна:

$$U_2 = U_{ref} \cdot (ADC/1024) \quad (4)$$

З формули подільника напруги знайдено в схемі опір (R_1):

$$R_1 = \frac{R_2 \cdot U_1}{U_2} - R_2 \quad (5)$$

За допомогою вищенаведених формул та значень, що були отримані, можна використовувати фоторезистори даної моделі, які задіяні в схемі представленої роботи, для розглянутого дослідного зразка. При використанні схеми із залученням інших компонентів необхідно виконати зміни у формулах відповідних числових значення.

Представлено мобільний додаток до смартфона або планшета на базі операційної системи Android рис.2.7



Рис. 2.7. Візуальний інтерфейс мобільного додатку

Наведений мобільний додаток включає в себе кілька функціональних кнопок, а саме: 1) сенсор «Connect» відповідає за під'єднання смартфона чи планшета до системи «Розумного будинку» з використанням Bluetooth модуля; 2) сенсор «1 режим роботи» – вимикає систему освітлення «Розумного будинку»; 3) сенсор «2 режим роботи» – вмикає систему освітлення «Розумного будинку»; 4) сенсор «Рівень освітленості» – відображає значення освітленості у числовому форматі в даний момент часу.

2.3. Системи керування опаленням та гарячим водопостачанням в системі «Розумного будинку»

Система керування опаленням та ГВП за допомогою WEB інтерфейсу значно дешевша, простіша для реалізації і не потребує використання дорогого обладнання для роботи. Керування може бути здійснено за допомогою смартфона або планшета без необхідності встановлювати додаткового платного програмного забезпечення.

Модернізація системи ГВП полягає у використанні системи «Розумного будинку» на основі МК Arduino, що працює з модулем Ethernet SHIELD [7,8]. Загальна схема двоконтурного котла електричного бойлера підключення відображена на рис. 2.8.

На рисунку позначками «1» та «2» показані кульові електричні крани (КЕК). На трубі через, яку вода з котла потрапляє в бойлер встановлений блок з двох клапанів – зворотного і запобіжного. Зворотний клапан слугує для переривання виходу води з бойлера при її зникненні у водопроводі. Запобіжний клапан призначений для скидання надлишкового тиску з системи ГВП.

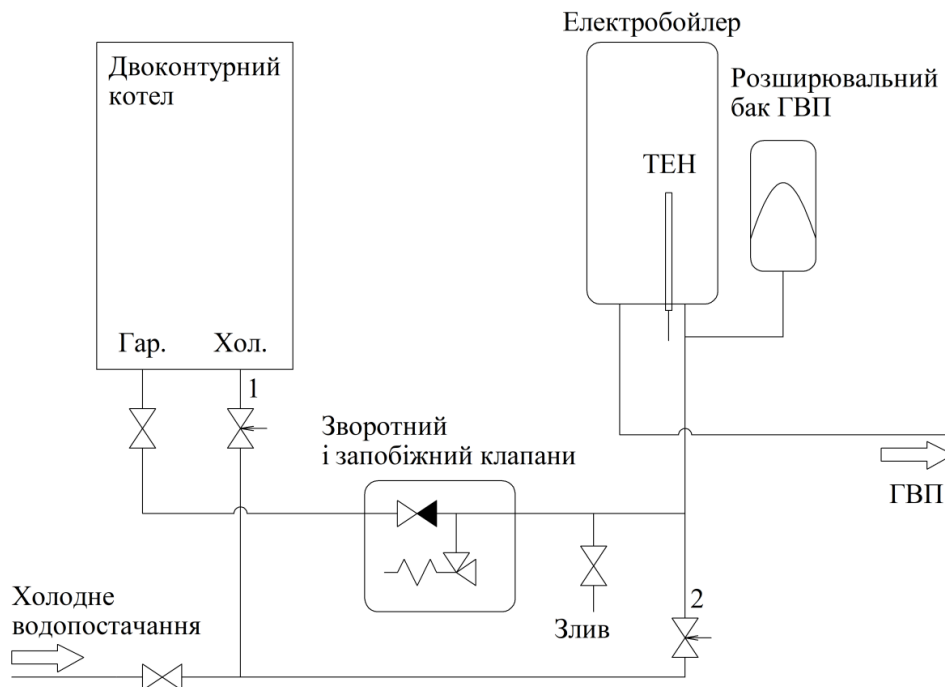


Рис. 2.8. Схема підключення бойлера до двоконтурного газового котла

До МК під'єднанні такі датчики: температури зовнішнього середовища, температури повітря у приміщенні, вимірювання температури води, вологості, а також датчик руху. Також в систему «Розумного будинку» входить реле для під'єднання приладу до мережі живлення та керуванням КЕК.

Система ГВП «Розумного будинку» спроектована наступним чином. З одного боку – автоматична і керування основними елементами відбувається без участі людини, з іншого боку користувач за допомогою WEB інтерфейсу зчитує дані та вмикає або вимикає систему самостійно.

В МК Arduino завантажено програму, яка спеціалізована для роботи з представленою системою ГВП «Розумного будинку», а саме з використаними датчиками та електромеханічними пристроями. Перевагою використання МК полягає в тому, що всі дані про стан приладу передаються на Ethernet SHIELD, який відправляє дані на WEB-сервер. Користувач може переглядати і відправляти команди системі дистанційно з будь якого пристрою, який підключений до мережі Інтернет і здатний відображати WEB сторінки.

Алгоритм роботи програми системи «Розумного будинку» має наступну послідовність дій, яка складається з декількох сценаріїв: 1. Керування двоконтурним котлом. 2. Керування бойлером. 3. Керування двоконтурним котлом та бойлером.

Кожен з сценаріїв користувач може вмикати або змінювати самостійно в залежності від ситуації.

Перший сценарій оснований для довгого проміжку часу коли проживання мешканців у «Розумному будинку» не планується, але незважаючи на це приміщення необхідно опалювати, щоб уникнути пошкоджень. Для цього МК проводить аналіз даних отриманих з датчиків температури зовнішнього середовища та температури повітря в приміщенні. Після чого МК відправляє цифровий сигнал на котел, вмикає та задає визначену температуру опалення. Датчик температури зовнішнього середовища передає інформацію про температуру зовнішнього оточення. МК опитує його та отримує дані, після аналізу яких, система «Розумного будинку» змінює температуру необхідну для опалення приміщення. В розглянутому випадку при великих змінах температури навколишнього середовища, можливе реалізувати економне споживання енергоресурсів, для забезпечення постійної мінімально необхідної температури приміщення. Датчик вимірювання температури середовища в приміщенні виконує важливу роль. У разі її збільшення відносно запрограмованого значення система «Розумного будинку» визначає подію, як пожежа в приміщенні. Після чого, вимикає систему електроживлення й

закриває КЕК 1 для подачі води до пристрою, в результаті чого забезпечується додатковий захист від поширення пожежі та ураження електричним струмом.

Другий сценарій має наступний принцип дії. Відповідно він вмикається, коли приміщення не потребує опалення, проте люди продовжують перебувати в приміщенні і відбувається споживання ГВП. Даний режим починає роботу, за допомоги WEB інтерфейсу, а також має можливість стартувати автоматично за рахунок використаного в системі датчика руху. Програма завантажена в МК налаштована так, щоб коли сигнал з датчиків руху відсутній протягом визначеного проміжку часу система «Розумного будинку» буде вимкнена автоматично. Датчик вимірювання температури води за алгоритмом, аналогічний датчику вимірювання температури приміщення. Обидва датчики, після опитування МК, будуть передавати свої значення, а користувач переглядати їх за допомогою WEB інтерфейсу. Це допомагає оцінити стан роботи системи «Розумного будинку». Датчик води необхідний для перевірки на потрапляння води в корпус пристрою. При отриманні МК сигналу з нього відповідного запрограмованого значення – автоматично вимикає живлення і закриває КЕК. Якщо показники з датчиків, які приходять на МК системи «розумного будинку» не відповідають запрограмованим, МК не дозволить увімкнути пристрої до усунення проблеми або до того часу, поки показники не будуть відповідати нормальним.

Третій сценарій передбачає, що система «Розумного будинку» буде одночасно управляти бойлером та котлом. Найкращий ефект при використанні даної системи ГВП «Розумного будинку» досягається при умові, якщо в приміщенні перебувають мешканці та необхідне виконувати опалення приміщення. Користувачі самостійно встановлюють температуру ГВП використовуючи смартфон або інші мобільні пристрої. МК на основі аналізу отриманих результатів даних з датчиків температури води у бойлері, відповідно до програми відправляє сигнал на ввімкнення ТЕНу. Як результат, котел з меншою частотою перезапускається, що знизить скорочення ресурсу роботи. Відбудеться збільшення ККД водонагрівача, а також зменшиться витрата газу.

Гаряча вода подаватися без затримки, відповідно до чого знизиться її марнотратство та додаткове використання каналізації.

Витрати на природний газ та електроенергію з використанням розглянутої системи «Розумного будинку» та без неї у опалювальний період розраховані та проведено відповідний аналіз. Під час розрахунку використано усереднені значення для приміщення міста Києва та області. Формула для розрахунку витрат газу:

$$V = Q / (q * \eta / 100) \quad (1)$$

де V – об'ємні витрати природного газу на годину. Q – величина тепловтрат і потужності опалювальної системи. q – нижча питома калорійність природного газу (середнє значення $9,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч} / \text{м}^3$). η – коефіцієнт корисної дії газового котла або конвектора.

Розрахунки проведено для приміщення площею 80 м^2 . Для обігріву такої площі в період опалення необхідно $6,4 \text{ кВт}$. Припустимо котел має ККД 96% , відповідно значення $V = 0,67 \text{ м}^3 / \text{г}$. Споживання газу на добу буде дорівнювати $21,84 \text{ м}^3$.

Використовуючи вищенаведені дані та враховуючи те, що з 1.11.2018 року по 30.04.2019 року [19] ціна на природний газ для населення становила $8,54892 \text{ грн} / \text{м}^3$ з ПДВ. Розраховано вартість споживаного газу для даного приміщення становить $28192,97 \text{ грн}$, за період, який становить, 151 добу протягом 5 місяців.

Знаючи метеорологічні дані [19] за визначений період визначено кількість днів коли середньодобова температура була вище 0°C в зв'язку з чим використовуючи запропоновану дистанційної системи «Розумного будинку» обраховано кількість часу необхідного для обігріву приміщення. Що відповідає 121 добі, загальна вартість споживаного газу буде дорівнювати $22591,72 \text{ грн}$. Результуюча економія становить $5601,25 \text{ грн}$.

Розраховано витрати електроенергії для бойлера. Використано спрощену формулу визначення часу, який необхідний для нагріву води у водонагрівачі з постійним коефіцієнтом:

$$T = 0,00117 * V * (t_k - t_n) / W \quad (2)$$

де T – час нагріву води. V – об'єм баку бойлера. t_k – кінцева температура. t_n – початкова температура. W – потужність нагрівача.

Розглянуто бойлер об'ємом 80 літрів, потужністю 1,2 кВт, середню добову норму споживання води на 4 особи – 250 літрів. Під час коли бойлер підключено окремо від котлу, $t_k = 60$ °С, $t_n = 15$ °С, відповідно час нагріву води буде складати $T = 3,51$ г. Це вказує на те, що за добу витрати складають $250/80 * 3,51 * 1,2 = 13,61$ кВт, за період опалення – 2055,11 кВт. Знаючи тариф електроенергії 1,68 грн за кВт, це в середньому складає 3452,6 грн.

При використанні представленої системи «Розумного будинку» відбуваються зміни t_n . Враховуючи те, що температура води, яка поступає у бойлер близька до 60 °С, відповідно бойлер вмикатися з меншою частотою. Проте постійні витрати гарячої води, все одно, зменшують значення початкової температури. Виходячи з цього, середнє значення t_n – 38 °С. Час нагріву води складає $T = 1,716$ г. за добу 6,435 кВт, а за весь період 971,685 кВт. Вартість чого буде дорівнювати 1632,43 грн. Звідси, економія буде складати 1820.17 грн. Загальні дані представлені діаграмами (рис. 2.9).

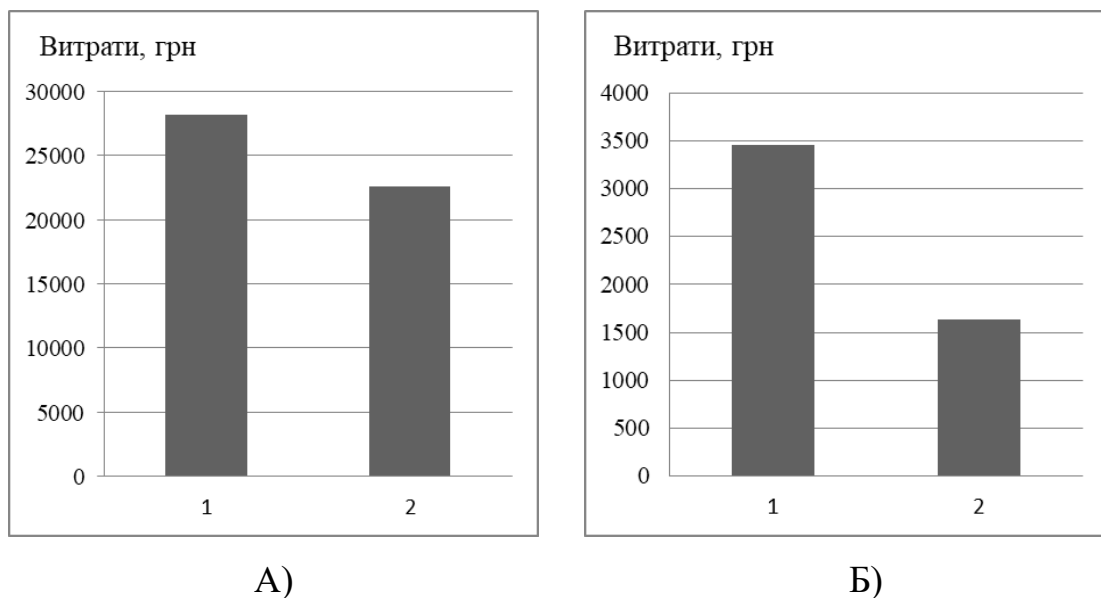


Рис. 2.9 Діаграми аналізу грошових витрат: А) Результат для котла (1 – без розробленої системи «Розумного будинку»; 2 – з використанням системи); Б)

Результат для бойлеру (1 – розробленої системи «Розумного будинку»; 2 – з використанням системи)

2.4. Системи дистанційного керування електронним замком «Розумного будинку»

В роботі наведена модель комп'ютерної системи «Розумного будинку», що дозволяє керувати електронним замком, який використовується у приміщеннях для забезпечення їх безпеки. На рис. 2.10 показана електрична схема такої системи.

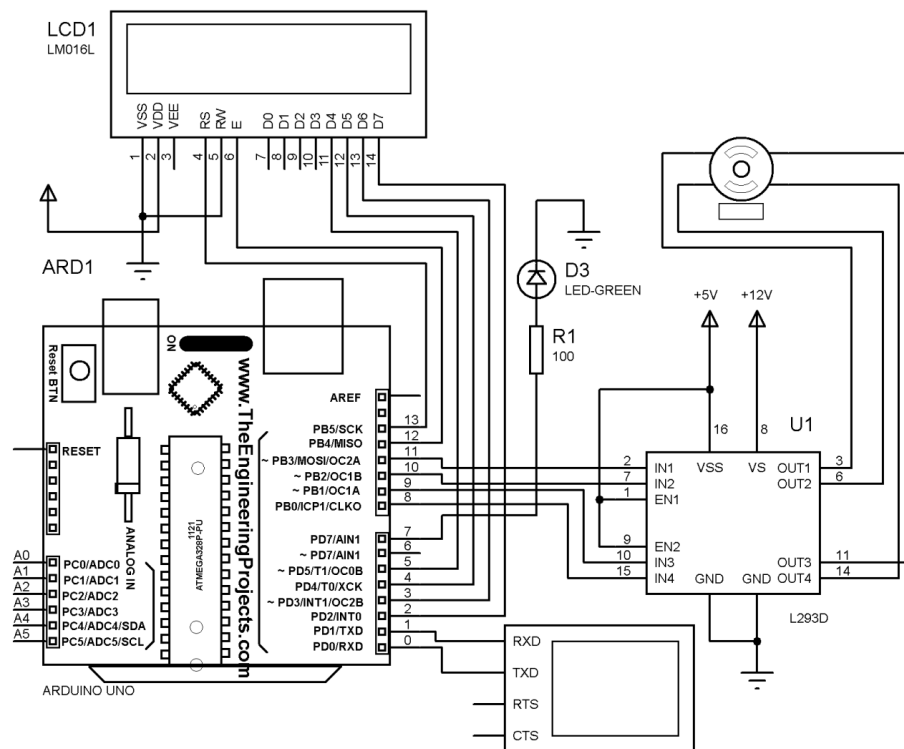


Рис 2.10 Електрична схема комп'ютерної системи безпеки

Представлена імітаційна модель системи виконана у програмі автоматизованого проектування електронних схем Proteus Design Suite [20]. Наведена програма дозволяє моделювати роботу електричних, електромеханічних та комп'ютерних пристроїв і пов'язаних з ними моделями та системами.

Дана імітаційна модель складається з наступних частин:

1. МК Arduino Uno –пристрій характеризуються наявністю попередньо вбудованого завантажувача, за допомогою якого користувач має змогу завантажити власну програму у МК без використання додаткових апаратних програматорів.
2. Біполярний кроковий двигун – використовується у електромеханічній частині розглянутого електронного замку.
3. Virtual terminal – в імітаційній моделі, слугує в якості моделювання роботи модуля Bluetooth та мобільного пристрою з бездротовим мережевим зв'язком за допомогою якого користувач виконує дії керування системою з електронним замком.
4. Драйвер L293D – допоміжний модуль керування кроковим двигуном, перетворює сигнали малої потужності у струм, необхідний для керування. Мікросхема забезпечує розподілене електроживлення для МК та електродвигуна [21].
5. LCD-дисплей – візуалізує інформацію про стан в якому перебуває електронний замок (закритий або відкритий).

За допомогою програмного забезпечення Proteus, представлена та проаналізована робота імітаційної моделі комп'ютерної системи «Розумного будинку» для дистанційного керування кроковим двигуном. Комп'ютерна система має два режиму роботи, відповідно до розробленої та завантаженої у МК програми [22]. Перший відповідає за відкриття, а другий – зачинення електронного замку. Розглянемо роботу такої системи «Розумного будинку» більш детально.

На рис. 2.11 показано стан комп'ютерної системи, при якому електронний замок відповідає стану – зачинено. В такому стані система перебуває більшу частину часу, електроспоживання – низьке.

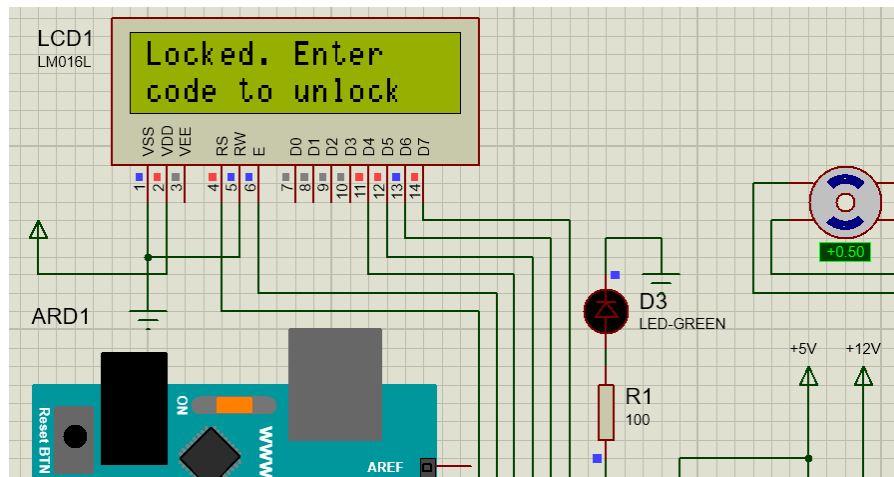


Рис. 2.11 Стан системи, коли замок – зачинено

Система, при цьому, знаходиться в певному стані очікування сигналу. В даному випадку певного коду, що складається з п'яти цифр. МК відправляє на дисплей повідомлення, що електронний замок зачинено і користувачу необхідно ввести код, щоб відкрити замок.

Користувач під'єднується до Bluetooth модуля системи «Розумного будинку» за допомогою свого смартфона або планшета. В даному випадку використовується Bluetooth модуль HC-06, що працює у пасивному режимі та дозволяє користувачу під'єднуватися лише у необхідні моменти часу.

Модулі такої моделі, мають функції, які дозволяють змінити PIN-код, що підвищує безпеку системи «Розумного будинку». До додаткової переваги використання технологій Bluetooth відноситься невелика кількість витрат заряду акумулятору, в порівнянні з іншими технологіями дистанційного зв'язку (наприклад Wi-Fi). Процес поєднання з смартфоном або іншими мобільними пристроями не потребує додаткових елементів чи активних пристроїв.

Після вводу відповідного коду у смартфон та відправки його, за допомогою модуля HC-06, на МК Arduino Uno, комп'ютерна система «Розумного будинку» переходить в другий режим роботи рис. 2.12

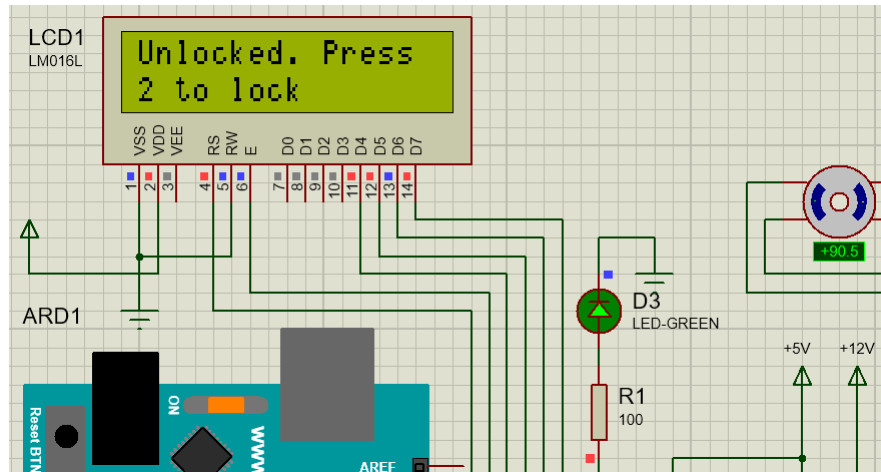


Рис. 2.12 Стан системи, коли замок - відчинено

Подача сигналу на кроковий двигун, у розробленій програмі, потребує введення п'ятизначного коду, що складається з типу даних – цифр. В залежності від складності розробленої програми, PIN-код, можна змінити з метою покращення, додавши латинські букви, спеціальні символи та інші, які користувач може записати з клавіатури свого смартфона або іншого аналогічного пристрою.

МК відправляє сигнали керування на кроковий двигун. Біполярний кроковий двигун буде працювати у повнокроковому режимі, в якому ротор повертається на 90 градусів (рис. 2.12). Відповідно до чого, електромеханічна частина виконуючого механізму буде відкривати механічний засув.

МК відправляє сигнал на світлодіод, який виконує функцію для індикації стану електронного замка. Коли замок знаходиться в зачиненому стані сигнал, відповідно, на світлодіод не подається рис. 2.11.

Повідомлення на дисплеї смартфона змінюється повідомляючи користувача, що система «Розумного будинку» відповідає стану відчинено – електронного замка. Додатково, повідомлення вказує на те, щоб зачинити замок необхідно натиснути кнопку «2» на смартфоні або іншому аналогічному пристрою. Після натискання відповідної кнопки замикання МК відправляє сигнал на кроковий двигун і ротор повертається на -90° , відповідно механічний засув повертається у стан, що відповідає зачиненому замку.

Висновки до розділу 2

1. Розглянута та проаналізована система керування ГВП «Розумного будинку» двоконтурного котла та бойлера на основі використання МК Arduino з дистанційним зв'язком та керуванням через мережу Інтернет. Аналіз отриманих результатів даних підтвердив, що запропонована система забезпечує енергоефективність системи опалення та ГВП, а також дозволяє отримати економію в 5601,25 грн. для оплати газу та 1820.17 грн. для оплати електроенергії. Відповідно, дистанційний моніторинг та керування обладнанням високою потужності є важливою складовою експлуатації та несе практичну економію енергії й підвищення безпеки користування.
2. Розглянута комп'ютерна система для керування освітленням приміщень «Розумного будинку» на основі використання МК Arduino з дистанційним зв'язком, а також взаємодією через Bluetooth модуль. Розроблена комп'ютерна система, представлена дослідним зразком, містить два режими роботи. Зручний візуальний інтерфейс виконан у вигляді мобільного додатку до смартфона або планшета.
3. Розглянута імітаційна модель роботи електронного замку системи «Розумного дому». Працює відповідно до розробленої та завантаженої у МК програми. Розглянута модель комп'ютерної системи дозволяє забезпечити безпеку приміщення систем «Розумний дім».

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СИСТЕМ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ У ПРИМІЩЕННЯХ З СИСТЕМОЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

3.1. Вибір протоколів з'єднання для системи мікроклімату приміщень «Розумного будинку»

В розділі 2 дипломної роботи наведено методи побудови систем «Розумного будинку», які використовують МК, датчики, різні пристрої та виконавчі елементи. При проектуванні комплексної системи мікроклімату приміщень виникають проблеми реалізації та розробки, а саме підключення всіх підсистем в одну. Основний недолік полягає в тому, що МК, який відіграє основну роль в організації та взаємодії вищезгаданих систем є обмеженим у кількості аналогових та цифрових портів вводу виводу. Для вирішення цих питань є декілька методів, які мають свої переваги та недоліки. Наприклад при встановленні декількох МК, окрім проблеми зростання вартості такої системи, виникне проблема їх взаємодії між собою та підпорядкування.

З боку датчиків, основною необхідністю встановлення досить великої кількості точок вимірювання на об'єктах за якими необхідно слідкувати, пов'язана з необхідністю своєчасного визначення осередку можливого виникнення позаштатної ситуації та прийняття відповідних контрзаходів.

В результаті чого, необхідність встановлення значної кількості датчиків призводить до зростання складності комп'ютерної системи моніторингу об'єкту «Розумного будинку». Це, у свою чергу, призведе до підвищення витрат необхідних для побудови системи «Розумного будинку». Проте, готові до придбання рішення не завжди відповідають або задовольняють всім вимогам. Також їх вартість може перевищувати допустимі межі.

Для вирішення цієї проблеми можна використовувати МК сімейства Arduino, під'єднані датчики, а також елементи візуалізації обробленої інформації для реалізації системи мікроклімату приміщень «Розумного

будинку». Відповідно, важливу роль у розробці наведеної системи відіграють протоколи з'єднання пристроїв з МК та між собою. В залежності від чого відбудуться зміни технічних параметрів системи мікроклімату приміщень «Розумного будинку».

Розглянемо можливі протоколи, які використовуються сьогодні, для підключення датчиків до МК.

За останні роки використання протоколу I2C для підключення набуло широкого поширення в різних галузях людської діяльності.

Протокол I2C використовується у розробці методу для роботи з датчиком використовуючи I2C з метою підключення додаткових датчиків для стабілізації польоту БПЛА. Для роботи мікросхеми 24LC256 з послідовною пам'яттю EEPROM, яка з'єднана за допомогою даного протоколу з датчиком температури TC74. Пропонується використовувати програмовану користувачем вентиляну матрицю в якості альтернативи системам мікроконтролерів, оскільки вони здатні відновлюватися після несправності шини шляхом часткової реконфігурації без переривання місії, а також можливе резервування потрійного проводу, оскільки доступно більше контактів. У пристроях та способах розширення діапазону адрес I2C або I2C-сумісної шини з метою використання інтегральної схеми в якості «Slave» у шині I2C, що надасть більшої гнучкості для призначення адресів під'єднаним «Slave»-пристроєм. Блокування тактової лінії I2C за допомогою логічних елементів, щоб захистити інформацію, що проходить через лінії даних.

В якості експерименту розглянута розроблена ефективна система моніторингу температури об'єкта, що передбачає використання достатньо великої кількості датчиків під'єднаних до МК. Він буде виконувати функції обробки, аналізу та передачі даних отриманих з датчиків.

Розглянуто декілька моделей підключення датчиків до МК. Аналіз моделей проведено за допомогою пакету програм для автоматизованого проектування електронних схем Proteus [20].

входів ($S_0 - S_2$), вхід активації низького рівня, вісім незалежних I/O ($Y_0 - Y_7$) та загальний I/O (Z). Якщо вхід активації низького рівня знаходиться в цьому рівні, то обирається один із восьми перемикачів за допомогою $S_0 - S_2$. Коли вхід активації низького рівня знаходиться у високому рівні, всі перемикачі мають високий імпеданс у відключеному стані незалежно від $S_0 - S_2$. [25].

Імітаційна модель дозволяє підключити більше датчиків, але при цьому зростає кількість з'єднань, а також додаткових елементів, що необхідні для покращення ефективності роботи комп'ютерної системи «Розумного будинку».

Як було зазначено вище для вирішення цієї проблеми, можливо використання датчиків, що підключаються за допомогою протоколу з'єднання I2C. Даний інтерфейс (протокол) розроблений з метою простого зв'язку між компонентами на одній друкованій платі. Шина I2C використовує дві двонаправлені лінії. Для передачі та прийому інформації, підключені пристрої для обміну даних використовують загальну тактову лінію [26].

I2C широко застосовується для підключення периферії з низькою частотою до мікропроцесорів та мікроконтролерів. Інтерфейс підтримує різноманітні комбінації підключення ведучих та ведених пристроїв.

Інтерфейс I2C використовує послідовні лінії даних, тактової частоти та загальну землю для всіх пристроїв. Кожен пристрій I2C має два виводи:

- 1) SDA – для прийому та передачі даних від ведучого до веденого і навпаки.
- 2) SCL – для передачі тактового сигналу, який генерується ведучим пристроєм.

Передача біт, у протоколі I2C, синхронізується з прийомом за допомогою тактового сигналу, який використовується спільно ведучим і веденим. Максимальна кількість одночасно підключених I2C пристроїв може сягати 127 але при цьому, необхідно пам'ятати, що 16 адрес, з них, зарезервовані. Максимальна довжина на яку можна під'єднати пристрої залежить від ємності кабелю та швидкості передачі. При швидкості 100 кбіт/с довжина шини I2C може становити до 1 м та 10 м при швидкості 10 кбіт/с.

Дані, які необхідно передати по шині I2C, розбиваються на кадри і передаються у форматі повідомлень. Вони містять: адресний кадр з двійковою адресою пристрою; біт читання або запису; біти підтвердження.

Для повідомлення I2C пристрою про те, що дані призначені для нього, використовується адресація. Адресний кадр завжди відправляється після процедури початку передачі. Ведучий надсилає адресу всім підключеним пристроям. Наступним кроком всі під'єднані пристрої порівнюють отриману адресу з власною і, якщо вони співпадають, відправляє ведучому пристрою біт підтвердження низького рівня. Якщо адреса не збігається, пристрій не виконує жодних дій і лінія SDA залишається у високому стані. В кінці адресного кадру відправляється біт, що визначає операцію читання або запису.

Після кожного кадру у повідомленні на шині I2C очікується біт підтвердження. Якщо цей біт, був успішно отриманий, тоді надсилається перший кадр даних. Після передачі всіх кадрів даних, ведучий проводить процедуру закінчення передачі. Відповідно ведучий переводить лінію SDA у високий стан. При цьому SCL залишається у високому стані.

Тактова частота завжди генерується ведучим та слугує для синхронізації обміну даними між ведучим та веденим. Будь-який I2C пристрій на шині може утримувати лінію SCL в низькому стані – необмежений час. Дана процедура, затримка тактового сигналу, використовується у випадках, коли ведений пристрій не може відразу відправити дані у відповідь, що призводить до зниження швидкості шини.

Технічний опис та регістри I2C у документації різних мікросхем можуть відрізнятися. Це залежить, здебільшого, від виробника. Назви регістрів I2C пристроїв та їх описи можуть бути іншими. Проте їх призначення та використання є загальним для всіх пристроїв. Програмна реалізація I2C може змінюватися в залежності від завдання.

На рис. 3.3 показана імітаційна модель, що побудована з використанням цього методу. В даній схемі використано цифровий датчик температури TC74A0-5.0VAT [27].

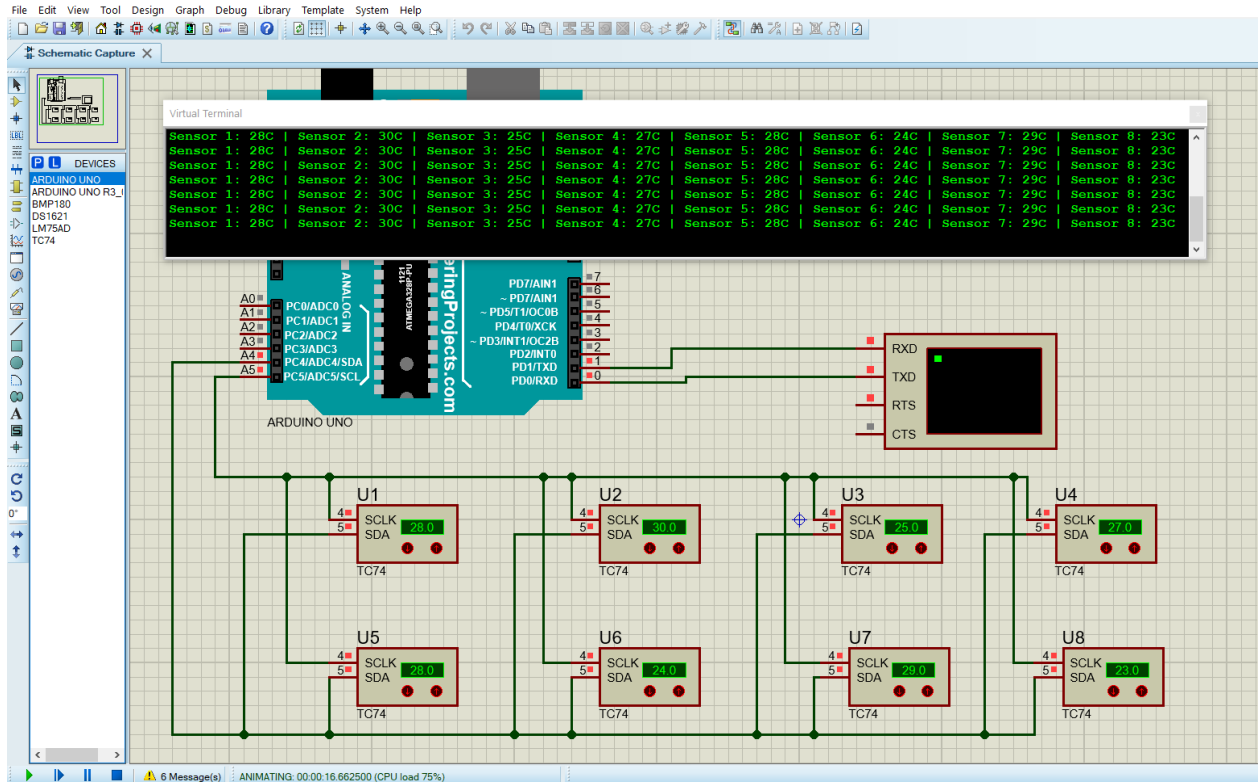


Рис. 3.3 Імітаційна модель комп'ютерної системи з інтерфейсом I2C

Дані про температуру від термочутливого елемента перетворюються на 8 бітне цифрове слово. Зв'язок з TC74 здійснюється через 2-провідний послідовний порт із інтерфейсом I2C. Біт SHDN у регістрі CONFIG можна використовувати для активації режиму очікування з незначним споживанням енергії. Роздільна здатність температури 1°C. Номінальне значення швидкості перетворення становить 8 вибірок/с. Енергоспоживання всього 200мкА. Мінімальна вимірювана температура, -40°C. Максимальна температура, що вимірюється, +125°C. Точність, 2 %. У таблиці 3.1 наведено статичні характеристики даного датчика.

Таблиця 3.1

Статичні характеристики TC74A0-5.0VAT

Позначення	Параметр	Одиниці вимірювання	Числове значення
f_{SMB}	Синхросигнал (тактовий сигнал)	кГц	100

t_{LOW}	Тривалість напівперіоду «низького» SCL	мкс	4,7
t_{HIGH}	Тривалість напівперіоду «високого» SCL	мкс	4
t_R	Фронт сигналів SCL та SDA	нс	1000
t_F	Спад сигналів SCL та SDA	нс	300
$t_{SU(START)}$	Час встановлення сигналів	мкс	4
$t_{H(START)}$	Час утримання сигналів на початку або повторі передачі	мкс	4
$t_{SU-DATA}$	Час встановлення даних	нс	1000
t_{H-DATA}	Час утримання даних	нс	1250
$t_{SU(STOP)}$	Час встановлення сигналів для закінчення передачі	мкс	4
t_{IDLE}	Час після закінчення, перед початком нової передачі	мкс	4,7

Температурний діапазон датчика TC74 наближений до розглянутого, у імітаційній моделі на рис. 3.1 та рис. 3.2, датчика температури LM35.

Для порівняння, кількість датчиків однакова (рис. 3.2 та рис. 3.3), а також єдина модель плати Arduino UNO. Дана схема має ряд переваг перед вищезазначеними.

У імітаційній моделі, яка використовує інтерфейс I2C, використовується два аналогових виводи (SDA, SCL), у той час, як у схемі підключеної за допомогою стандартних з'єднань використовується один аналоговий (A0) та три цифрових виводи плати Arduino UNO. Також використовуються всі виводи мультиплексора 74HC4051D. При цьому збільшується та ускладнюється кількість зв'язків. Даний фактор негативно впливає, як на конструкцію комп'ютерної системи «Розумного будинку», так і на код програми, який необхідний для реалізації послідовності команд пов'язаних зі спостереженням за температурними змінами. Для збільшення числа датчиків під'єднаних до

плати Arduino UNO (рис. 3.2), необхідно використати додаткові мультиплексори. І навіть якщо, використовувати плати 74НС4051D, то максимальна кількість підключених датчиків збільшиться до 32. Що у свою чергу програє в порівнянні з протоколом I2C, в якому можливе підключення 111 пристроїв одночасно при використанні такої ж самої плати Arduino UNO.

Тактовий сигнал імітаційної моделі з протоколом I2C в стандартному режимі буде становити 100 кГц, або 10 мкс. Для імітаційної моделі зі стандартним з'єднанням максимальна частота зчитування приблизно дорівнює 10 кГц, або 100 мкс. Використання плати мультиплексора 74НС4051D, для збільшення кількості під'єднаних датчиків, має незначний вплив на час зчитування сигналу з аналогового пристрою. Відповідно до технічної специфікації [25] затримка сигналу та час включення становлять приблизно 400 нс.

Також необхідно розглянути вартість використаних у імітаційній моделі елементів, що застосовані в обох випадках системи «Розумного будинку». Розглянута вартість елементів: LM35 – 57,5 грн.; 74НС4051D – 10 грн.; ТС74А0-5.0VAT – 114,5 грн.. Ціни вказані відповідно до магазинів України станом на 2022 року. Відповідно до цього вартість обладнання необхідного для моніторингу та передачі даних у першому випадку (рис. 2) складає 470 грн. без врахування плати Arduino UNO. У другому варіанті (рис. 3) вартість обладнання бути дорівнювати 916 грн. при таких самих умовах.

3.2 Схема розробленої системи керування мікрокліматом «Розумного будинку»

На даному етапі представлена імітаційна модель керування мікрокліматом у приміщеннях з системою «Розумний будинок». Загальна схема імітаційної моделі наведено у Додатку А.

При цьому вона складається з наступних частин:

1. МК Arduino UNO (рис. 3.3), який, за допомогою розробленої програми

(див. код Додаток Б), виконує основні функції збору даних з датчиків, аналізу отриманих даних, виконання рішень в залежності від результату аналізу та відправки сигналів керування на виконавчі пристрої.

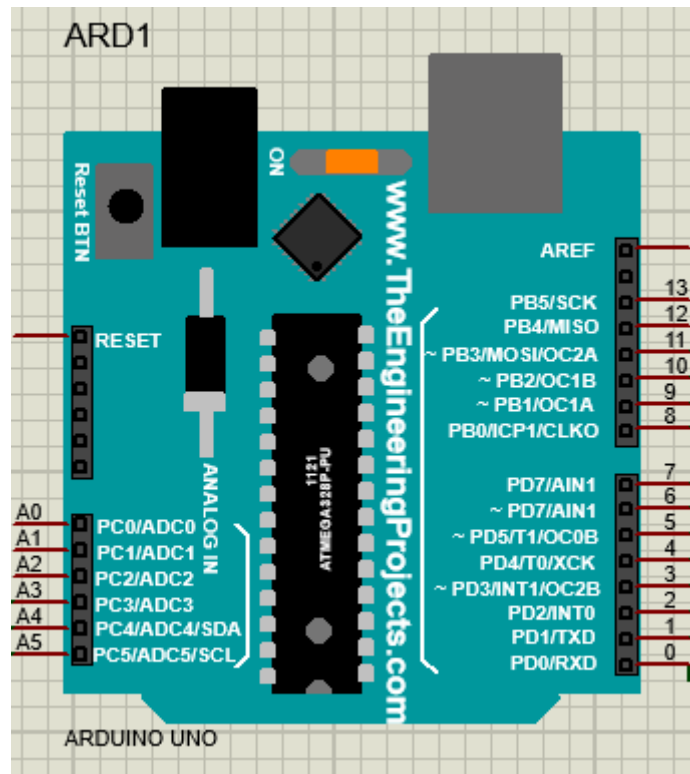


Рис. 3.3 Arduino UNO імітаційної моделі

2. Віртуальний модуль (рис. 3.4), який імітує роботу смартфона або іншого пристрою з Інтернет під'єднанням, щоб користувач міг керувати та отримувати дані про стан системи «Розумного будинку» та про можливі помилки в роботі.

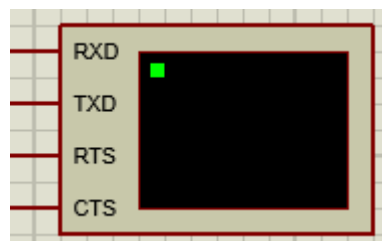


Рис. 3.4 Virtual Terminal

3. Імітаційна підсистема керуванням електричним замком дверей «Розумного будинку» (Рис. 3.5)

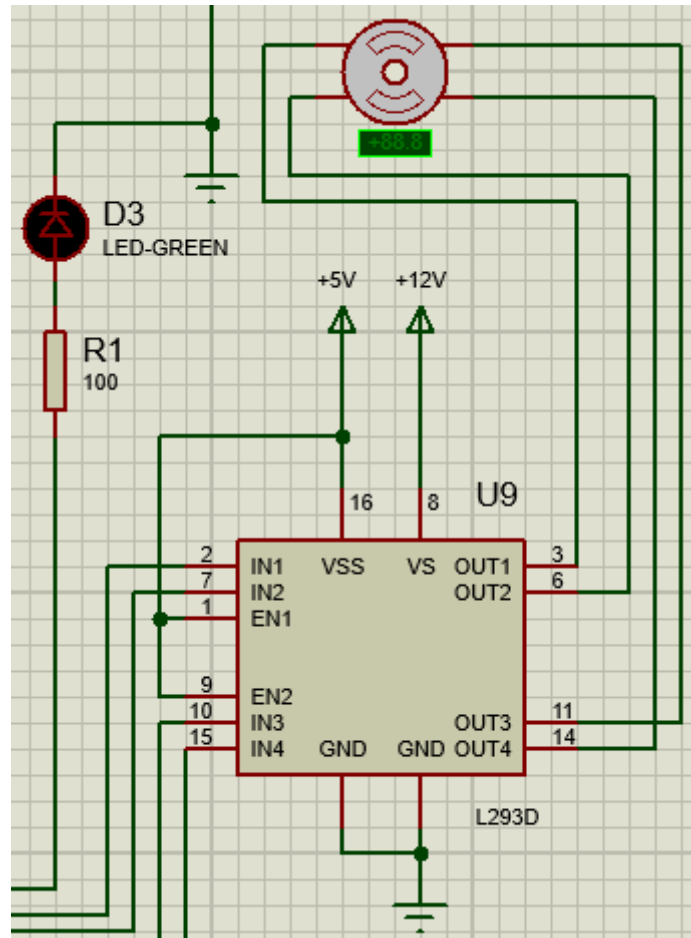


Рис. 3.5 Імітаційна модель електронного замка

4. Імітаційна система моделювання освітлення приміщення «Розумного будинку», в залежності від програми буди вмикається та вимикається в залежності від освітленості приміщення (Рис. 3.6)

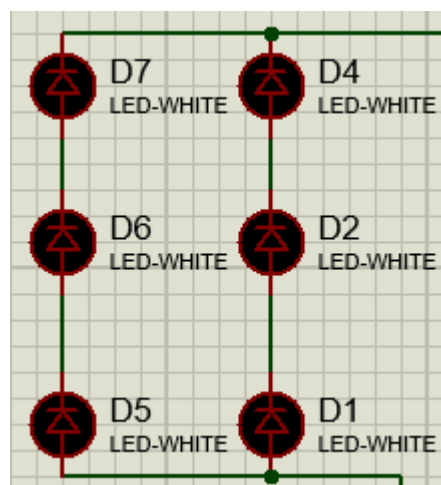


Рис. 3.6 Імітаційна модель освітлення

5. Імітаційна модель підсистеми освітлення приміщення «Розумного будинку», в залежності від показів температури, слугує для

повідомлення користувача про позаштатні випадки та ситуації (рис. 3.7).

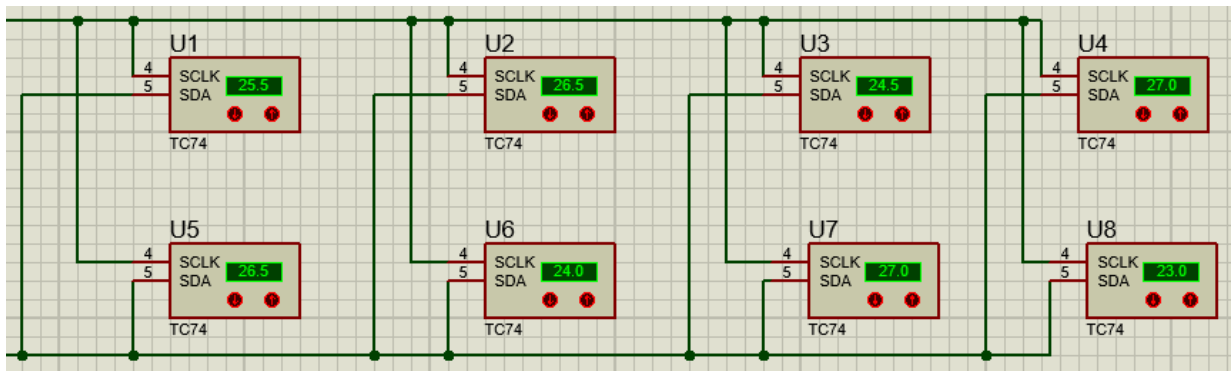


Рис. 3.7 Імітаційна модель освітлення

6. Фоторезистор LDR2 (рис. 3.8) слугує для визначення освітленості приміщення та при визначених показів система буде приймати рішення про вмикання або вимикання освітлення та закриття або відкриття жалюзі «Розумного будинку»

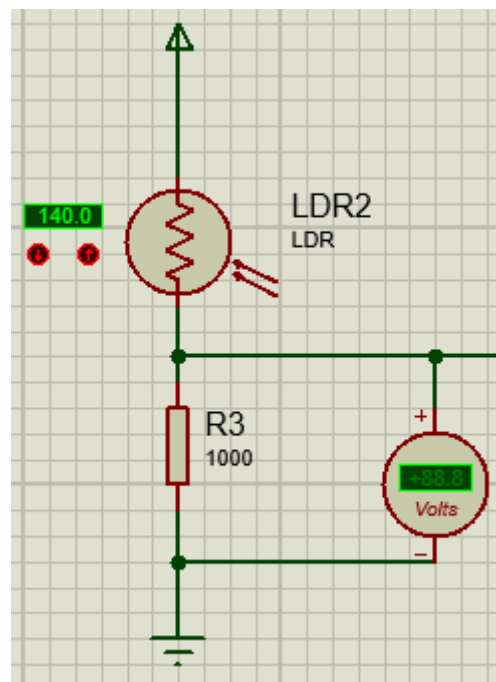


Рис. 3.8 Імітаційна модель визначення освітленості

7. Підсистема закриття жалюзі (Рис. 3.9) «Розумного будинку», складається з виконавчих пристроїв, крокового двигуна, який в залежності від програми завантаженої до МК – відкриває або закриває жалюзі.

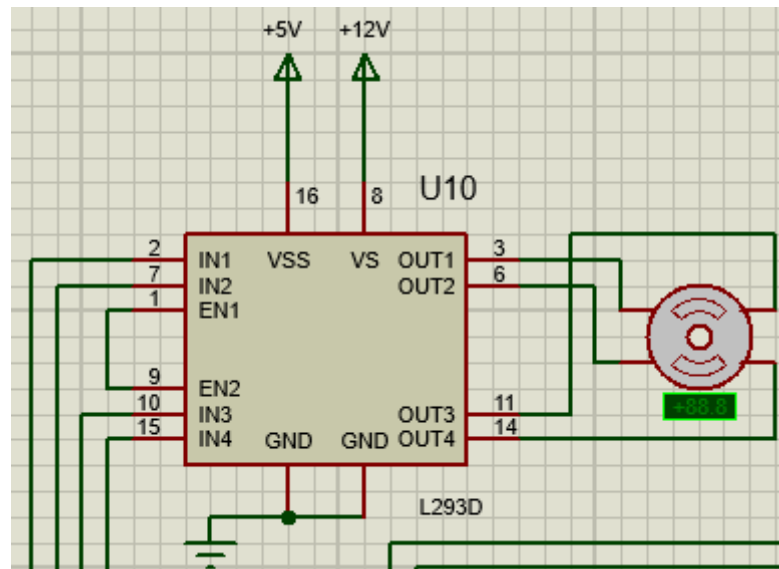


Рис. 3.9 Імітаційна модель виконавчих пристроїв закриття жалюзі

3.3 Опис роботи програми системи керування мікрокліматом «Розумного будинку»

Загальний код програми, який завантажений у МК наведений у додатку Б. Принцип роботи програми системи керування мікрокліматом «Розумного будинку» складається з наступних частин:

1. Система та підсистеми «Розумного будинку» живляться від незалежного джерела (батарея, акумулятор).

2. У віртуальний термінал (рис. 3.4) імітаційної моделі виводяться повідомлення пов'язані з станом електронного замку (рис. 3.5) та температури. Користувач може за допомогою інтерфейсу в будь-який момент часу – відчиняти та зачиняти двері, ввівши п'яти значний код.

3. Температуру в середині приміщення «Розумного будинку» визначають вісім під'єднаних за допомогою протоколу I2C датчиків температури (рис. 3.6). У випадку, якщо будь з яких датчик буде вказувати аномальне підвищення температури (від 45°C і вище), тоді система розглядатиме це, як потенційну небезпечну ситуацію (наприклад пожежу) при цьому, з метою безпеки, відправить сигнал на відкриття електронного замку дверей та повідомить про це користувача.

4. Фоторезистор в схемі (рис. 3.8) використовується з метою додаткової автоматизації системи освітлення, а саме, в залежності від значенні освітленості в люкс буде замикає жалюзі (рис. 3.9) та вмикати світло в кімнаті (рис. 3.6). Також в програмі передбачені випадки коли температура та освітленість приміщення зростають в залежності від зовнішнього впливу, а саме в літній період на південній стороні будівлі. Як представлено у розділі 2 відповідно до даних рисунку 2.1 розроблена система «Розумного будинку» реалізує автоматизований механізм закриття жалюзі при високому рівні освітленості (більше 9000 люкс) та температурі в приміщення (більше 30 °C) підсистема освітлення при цьому залишається вимкненою.

Висновки до розділу 3

1. Проведений аналіз для вибору протоколу з'єднання комп'ютерних систем «Розумного будинку» між стандартним з'єднанням та протоколом I2C. Відповідно до результатів, використання протоколу I2C має переваги: менша кількість зв'язків, проста для реалізації конструкція, компактність та простота програмного коду, можливість під'єднати до одного МК 111 датчиків. Частота тактового сигналу в 10 разів більша в порівнянні зі стандартним з'єднанням.
2. Представлена схема імітаційної моделі «Розумного будинку» та описані основні підсистеми, які відповідають за мікроклімат приміщення.
3. Розглянуто принцип роботи та алгоритм роботи програми завантаженої до МК системи «Розумного будинку». Описано основні автоматизовані механізми.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В магістерській роботі проведений огляд і аналіз систем пов'язаних з контролем та спостереженням за мікрокліматом приміщень «Розумного будинку».

2. Встановлено доцільність удосконалення системи систем мікроклімату «розумного будинку».

3. Проведено аналітичне дослідження роботи різних підсистем «Розумного будинку», які відповідають за мікроклімат приміщення.

4. Визначено, що дистанційний моніторинг та керування обладнанням «Розумного будинку» є важливою складовою його експлуатації, несе практичну економію енергії, знижує витрати, дозволяє забезпечити безпеку приміщення.

5. Розроблено імітаційну модель системи «Розумного будинку» та описані основні підсистеми, які відповідають за мікроклімат приміщення. Представлено код завантаженої до МК програми. В цілому система забезпечує високу автоматизацію, притаманну «Розумному будинку», та має необхідні функції для забезпечення безпеки, енергоефективності та зручності користування приміщення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

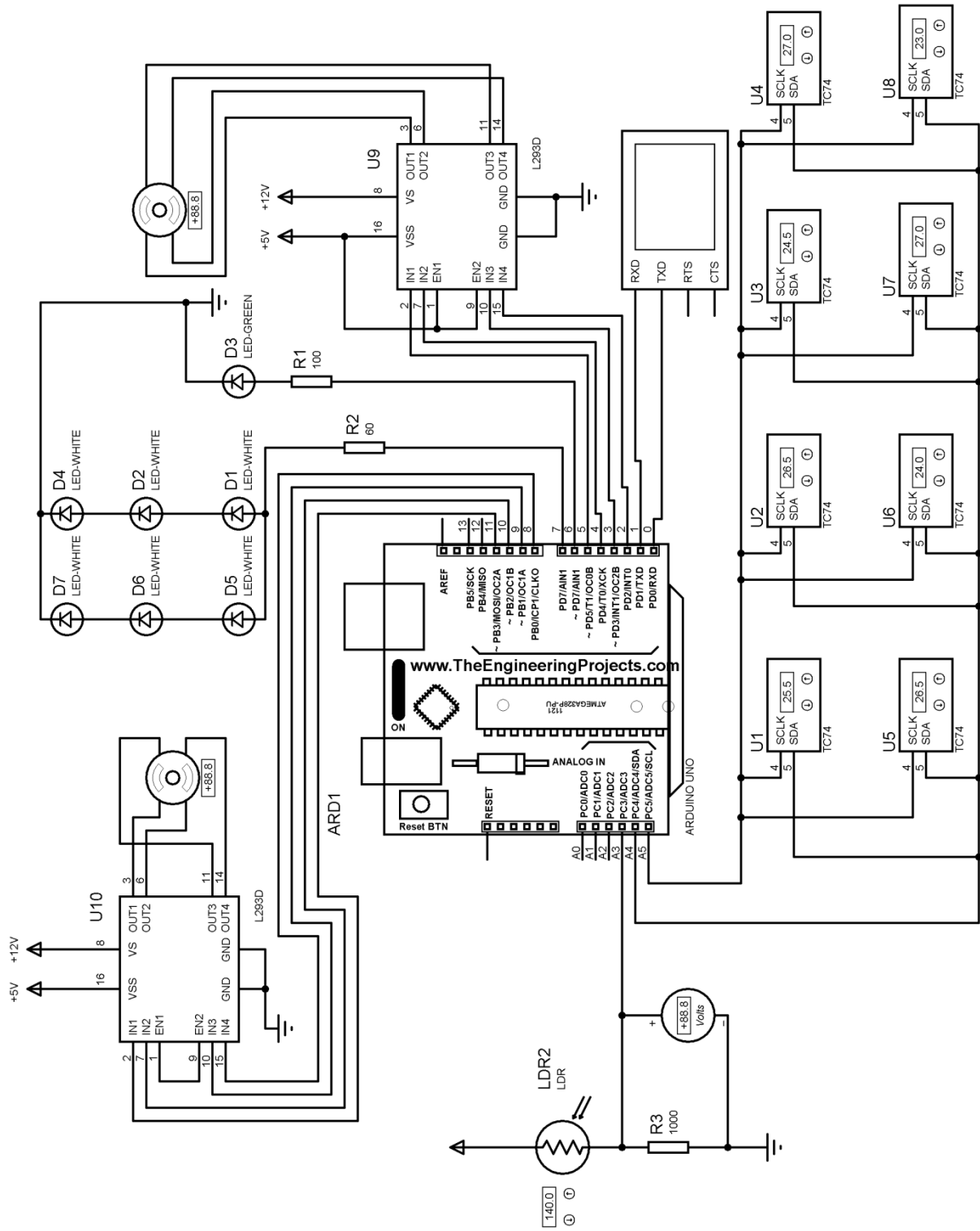
1. Alexandra Deschamps-Sonsino Smarter Homes. Apress Berkeley, CA. 2018. pp. 168.
2. Nagender Kumar Suryadevara, Subhas Chandra Mukhopadhyay Design, Implementation and Issues. Springer Cham, 2015. pp. 180.
3. Anton Bakker, Johan Huijsing High-Accuracy CMOS Smart Temperature Sensors. Springer New York, NY, 2000. pp. 121.
4. Kamran Souri, Kofi A.A. Makinwa. Energy-Efficient Smart Temperature Sensors in CMOS Technology. Springer Cham, 2018. pp. 118.
5. Safa Kasap, Peter Capper. Springer Handbook of Electronic and Photonic Materials. Springer Cham, 2017. pp. 1536.
6. Черниченко Ю. М., Інтелектуальна енергозберігаюча система керування температурою у приміщенні. Технології та дизайн. 2017. № 1. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_1_8
7. Заєць Я. Б., Злотенко Б. М. Енергоефективна система керування мікрокліматом у приміщенні. Технології та дизайн. 2017. № 1. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2017_1_7 Стаценко Д.В., Злотенко Б.М. Вдосконалення енергоефективної системи керування освітленням і температурою приміщень. Вісник Хмельницького національного університету. - 2017. - №5.
8. Магда Ю. С. Программирование и отладка C/C++ приложений для микроконтроллеров ARM. / Ю. С. Магда – М.: ДМК Пресс, 2012. – 168 с.
9. Белов А.В. Мікроконтролери AVR: від азів програмування до створення практичних пристроїв. Книга + CD із відеокурсами, лістингами, програмами, драйверами, довідниками / О.В. Белов. – К, 2016. – 544 С.
10. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник / О.В. Барало, П.Г. Самойленко, С.Є. Гранат, В.О. Ковальов – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557

- с.
- 11.Любарець О. П. Проектування Систем водяного опалення: посібник для проектувальників, інженерів і студентів технічних ВНЗ / О. П. Любарець, О. М. Зайцев, В. О. Любарець – Відень - Київ – Сімферополь, 2010. – 200 с.
 - 12.Дзяди́кевич Ю.В. Енергетичний менеджмент. Підручник / Ю.В. Дзяди́кевич, Р.Б. Гевко, М.В. Буряк, Р.І. Розум. – Тернопіль: Підручники і посібники. – 2014. – 336 с.
 - 13.Злотенко Б. М. Комп’ютерна енергоефективна система керування опаленням та гарячим водопостачанням будівель / Б.М. Злотенко, Д.В. Стаценко - Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2019. – № 4. – С. 34-41.
 - 14.Грінгард С. Інтернет речей / пер. з англ. О. А. Герасимчук. К. : Книжковий Клуб "Клуб Сімейного Дозвілля", 2018. - 176 с. - ISBN 978-617-12-4657-7
 - 15.Рибак Л.Я. Інтелектуальна інформаційна система “розумний замок” для захисту приміщень / Л. Я. Рибак, П. О. Кравець - Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія : Інформаційні системи та мережі. – 2019. – № 6. – С. 41-51.
 - 16.Heschong, L., Windows and Classrooms: A Study of Student Performance and the Indoor Environment. Report prepared for the California Energy Commission. 2003.
 - 17.Hartkopf, V., Loftness, V. Global relevance of total building performance, Automation in Construction 8. 1999. pp. 377-393.
 - 18.Heschong, Mahone, Daylighting in Schools: An investigation into the relationship between daylighting and human performance. 1999.
 - 19.Сайт Meteoblue. Метеорологічний архів Київ [Електронний ресурс].–
Режим доступу:
<https://www.meteoblue.com/ua/%D0%BF%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0>

ДОДАТКИ

Додаток А

Схема імітаційної моделі системи «Розумного будинку»



Додаток Б

Код програми системи «Розумного будинку»

```
#include <Stepper.h>
#include <Wire.h>

int i = 1;
int pin_grn = 6;
const int STEPS = 360;
Stepper stepper1(STEPS, 5, 4, 3, 2);
Stepper stepper2(STEPS, 11, 10, 9, 8);
bool lock1 = true;
bool lock2 = true;
String content = "";
String character;
int buffer_value;
char inByte;
int pin_white = 7;
int pin_ldr = A3;

int address1 = 0x48;
int address2 = 0x49;
int address3 = 0x4a;
int address4 = 0x4b;
int address5 = 0x4c;
int address6 = 0x4d;
int address7 = 0x4e;
int address8 = 0x4f;
```

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
  pinMode(pin_grn, OUTPUT);
  pinMode(pin_white, OUTPUT);
  pinMode(pin_ldr, INPUT);
  stepper1.setSpeed(100);
  stepper2.setSpeed(100);
  Serial.println("Type 1 to open or close the door");
  Serial.println("Type 2 to check on temperature");
}
```

```
void loop()
{
  int c1 = read_temp(address1);
  int c2 = read_temp(address2);
  int c3 = read_temp(address3);
  int c4 = read_temp(address4);
  int c5 = read_temp(address5);
  int c6 = read_temp(address6);
  int c7 = read_temp(address7);
  int c8 = read_temp(address8);

  if (analogRead(pin_ldr) > 380){
    digitalWrite(pin_white, LOW);
    if (lock2 == true){
      stepper2.step(STEPS/4);
      lock2 = !lock2;}
    delay(250);
```

```

}
if (analogRead(pin_ldr) <= 360){
  digitalWrite(pin_white, HIGH);
  if (lock2 != true){
    stepper2.step(-STEPS/4);
    lock2 = !lock2;}
  delay(250);
}
if ((analogRead(pin_ldr) >= 9000) && ((c1 > 30) || (c2 > 30)|| (c3 > 30)|| (c4
> 30)|| (c5 > 30)|| (c6 > 30)|| (c7 > 30)|| (c8 > 30)))){
  digitalWrite(pin_white, LOW);
  if (lock2 != true){
    stepper2.step(STEPS/4);
    lock2 = !lock2;}
  delay(250);
}

if ((c1 > 50) || (c2 > 50)|| (c3 > 50)|| (c4 > 50)|| (c5 > 50)|| (c6 > 50)|| (c7 >
50)|| (c8 > 50)) {
  Serial.println("Tempurature abnormal. Turn off your devices!");
  if (lock1 != true){
    stepper1.step(-STEPS/4);
    digitalWrite(pin_grn, LOW);
    lock1 = !lock1; }
  delay (2000);
}

inByte = Serial.read();

```

```
if (inByte == '1') {
  step_lock ();
  Serial.println("Exit");
  i = 1;
  Serial.println("Type 1 to open or close the door");
  Serial.println("Type 2 to check on temperature");
}
else if (inByte == '2') {
  Serial.print("Sensor 1: ");
  Serial.print(c1);
  Serial.print("C | ");
  Serial.print("Sensor 2: ");
  Serial.print(c2);
  Serial.print("C | ");
  Serial.print("Sensor 3: ");
  Serial.print(c3);
  Serial.print("C | ");
  Serial.print("Sensor 4: ");
  Serial.print(c4);
  Serial.print("C | ");
  Serial.print("Sensor 5: ");
  Serial.print(c5);
  Serial.print("C | ");
  Serial.print("Sensor 6: ");
  Serial.print(c6);
  Serial.print("C | ");
  Serial.print("Sensor 7: ");
  Serial.print(c7);
  Serial.print("C | ");
  Serial.print("Sensor 8: ");
```

```
Serial.print(c8);
Serial.println("C");
delay(100);
Serial.println("Type 1 to open or close the door");
Serial.println("Type 2 to check on temperature");
}

}

int step_lock () {
  Serial.println("Type password to open the door");
  while (i == 1){
    while(Serial.available()) {
      character = Serial.readStringUntil('\n');
    }

    if (character == "12345") {
      Serial.println(content);
      buffer_value='1';
    }
    else if (character == "2") {
      buffer_value='2';
    }

    switch (buffer_value){
      case ('1'):
        if (lock1 == true){
          stepper1.step(STEPS/4);
          digitalWrite(pin_grn, HIGH);
          lock1 = !lock1;
        }
      }
    }
  }
}
```



```
    i = 2;
  }
  break;
case ('2'):
  if (lock1 != true){
    stepper1.step(-STEPS/4);
    digitalWrite(pin_grn, LOW);
    lock1 = !lock1;
    i = 2;
  }
  break;
}
}
}
```

```
int read_temp(int address) {
  Wire.beginTransmission(address);
  Wire.write(0);
  Wire.endTransmission();
  Wire.requestFrom(address, 1);
  while(Wire.available() == 0);
  int c = Wire.read();
  return c;
}
```

Додаток В

Інформатика, обчислювальна техніка та автоматизація

УДК 004.031:004.94
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2022.5/22>

Стаценко Д.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

Злотенко Б.М.

Київський національний університет технологій та дизайну

Демішонкова С. А.

Київський національний університет технологій та дизайну

Стаценко В.В.

Київський національний університет технологій та дизайну

ВИКОРИСТАННЯ I2C У КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМАХ МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ПРИМІЩЕНЬ

У статті розглядаються імітаційні моделі комп'ютерних систем моніторингу температури у приміщеннях. Проведено порівняльний аналіз цих комп'ютерних систем. Наголошено, що використання пристроїв для вимірювання температури поширене серед різноманітних галузей людської діяльності. Необхідність встановлення великої кількості датчиків призводить до зростання складності комп'ютерної системи моніторингу. Важливу роль у розробці систем відіграють протоколи з'єднання датчиків з мікроконтролером.

У аналізі останніх публікацій та досліджень наведена інформація про широке застосування протоколу I2C у різних галузях для вирішення практичних завдань та необхідність подальшого вдосконалення систем з використанням цього протоколу.

Представлені дві імітаційні моделі комп'ютерних систем моніторингу температури в приміщенні на базі класичного з'єднання так і на базі I2C. У імітаційній моделі на базі стандартного використано: плата Arduino Uno на базі мікроконтролера Atmega328p, датчики температури LM35 та мультиметр 74HC4051D. У імітаційній моделі на базі I2C протоколу використано: плата Arduino Uno та датчики температури TC74A0-5.0VAT. Наведено інформацію про роботу протоколу I2C, який широко застосовується для підключення низькошвидкісної периферії до мікропроцесорів та мікроконтролерів. З метою порівняння, використано однакову кількість датчиків в обох комп'ютерних системах для проведення рівнозначного аналізу результатів моделювання. Розглянуті параметри: кількість можливих з'єднань, складність конструкції, використання компактного програмного коду, частота тактового сигналу та вартість комп'ютерних систем моніторингу температури приміщення.

У висновках подано результати проведеного аналізу розглянутих імітаційних моделей комп'ютерної системи моніторингу температури приміщень. Наведено переваги та недоліки систем з I2C протоколом.

Ключові слова: імітаційна модель, комп'ютерна система, I2C, датчик температури, Arduino UNO, мікроконтролер.

Постановка проблеми. Датчики дозволяють отримувати, реєструвати, обробляти та надавати інформацію про стан систем до яких вони підключені. На сьогодні, вимірювання температури поширене серед різноманітних галузей людської діяльності, відповідно використання термодатчиків стало звичним явищем. Термодатчики, різних типів, застосовуються у автоматизації технологічних процесів, проведенні наукових досліджень, промисловості, сільському господарстві, медицині, побуті тощо. Застосування термодатчиків дає можливість знизити вірогідність аварійних ситуацій та забезпечити роботоспроможність

дорогого виробничого обладнання. Удосконалення та розвиток моделей сучасних датчиків призводить до підвищення ефективності вимірювань. Надійність та ефективність різноманітних технічних пристроїв, зокрема датчиків, є визначальними факторами у будь-якій комп'ютерній системі.

В більшості випадків, термодатчики використовуються у пристроях для одночасного дистанційного вимірювання та контролю температури в різних точках об'єкта моніторингу. Установка досить великої кількості точок вимірювання температури на об'єктах моніторингу пов'язана з необхідністю своєчасного визначення осередку

підвищення або зниження температури та прийняття відповідних контрзаходів.

Необхідність встановлення великої кількості датчиків призводить до зростання складності комп'ютерної системи моніторингу даного об'єкту. Що у свою чергу, призведе до підвищення витрат необхідних для побудови такої комп'ютерної системи. При цьому, готові до придбання рішення не завжди задовольняють всім вимогам, або їх вартість перевищують допустимі межі.

Один з варіантів вирішення такої проблеми, є використання мікроконтролерів сімейства Arduino та під'єднаних до них датчиків, а також елементів візуалізації обробленої інформації для побудови комп'ютерної системи моніторингу об'єкту. Відповідно до чого, важливу роль у створенні такої системи будуть відігравати протоколи з'єднання датчиків з мікроконтролером. В залежності від яких будуть змінюватися технічні параметри комп'ютерної системи моніторингу об'єкту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні, для підключення датчиків до мікроконтролерів, використовуються різні протоколи з'єднання. Огляд публікацій за останні п'ять років показав широке використання протоколу I2C підключення в різних галузях людської діяльності.

У статті [1] розглянуто питання розробки методу для роботи з датчиком використовуючи протокол I2C з метою підключення додаткових датчиків для стабілізації польоту БПЛА.

В роботі [2] розглянуто використання протоколу зв'язку I2C. Досліджено роботу мікросхеми 24LC256 з послідовною пам'яттю EEPROM, яка з'єднана за допомогою даного протоколу з датчиком температури TC74.

У дослідженні [3] розглянуто проблеми пов'язані з доступністю шини I2C для Cube Satellites та робототехнічних додатків. Пропонується використовувати програмовану користувачем вентиляну матрицю в якості альтернативи системам мікроконтролерів, оскільки вони здатні відновлюватися після несправностей шини шляхом часткової реконфігурації без переривання місії, а також можливе резервування потрібного проводу, оскільки доступно більше контактів.

Патент [4] пропонує пристрій та спосіб розширення діапазону адрес I2C або I2C-сумісної шини. Мета дослідження полягає у використанні інтегральної схеми в якості «Slave» у шині I2C, що надасть більшої гнучкості для призначення адресів під'єднаним «Slave»-пристроєм.

У статті [5] розглянуто спрощений підхід до блокування тактової лінії I2C за допомогою логіч-

них елементів, щоб захистити інформацію, що проходить через лінії даних.

На основі аналізу останніх досліджень і публікацій, в даній роботі, основну увагу присвячено підключенню датчиків до мікроконтролерів за допомогою протоколу I2C.

Постановка завдання. Метою даної роботи є порівняльний аналіз використання протоколу I2C та традиційного підключення датчиків температури до мікроконтролера комп'ютерних систем дистанційного вимірювання температури та моніторингу технічного стану об'єкту.

Виклад основного матеріалу. Розробка та створення ефективної системи моніторингу температури об'єкта передбачає використання достатньо великої кількості датчиків під'єднаних до комп'ютерної системи, яка буде виконувати функції обробки, аналізу та передачі даних отриманих з датчиків.

В роботі розглянуто декілька моделей підключення датчиків до мікроконтролера. Аналіз моделей проведено за допомогою пакету програм для автоматизованого проектування електронних схем Proteus [6].

На рис. 1 наведено імітаційну модель комп'ютерної системи призначеної для визначення температури у приміщенні.

У даній моделі задіяні наступні елементи: плата Arduino Uno на базі мікроконтролера Atmega328p [7], датчики температури LM35 та Virtual Terminal для виводу обробленої інформації з датчиків на консоль персонального комп'ютера.

Датчик LM35 є інтегральною схемою призначеною для вимірювання температури [8]. LM35 є недорогою, надійною та досить точною мікросхемою (похибка вимірювання становить близько $\pm 0,5^\circ\text{C}$).

Позитивні якості датчика LM35: лінійна залежність вихідного сигналу (температура/напруга), низький вихідний опір, вбудована схема калібрування. Датчик може працювати в діапазоні від -55°C до 150°C . Аналоговий сигнал на виході прямо пропорційний до зміни температури в градусах Цельсія, на кожен градус припадає 10мВ. Струм споживання датчика становить близько 60 мкА, саморозігрів LM35 становить $0,1^\circ\text{C}$.

Головний недолік даного підключення (рис. 1) – можливість під'єднання невеликої кількості аналогових пристроїв. Плата Arduino Uno має лише п'ять аналогових виходів. Дане технічне обмеження призводить до того, що комп'ютерна система моніторингу температури в приміщенні може працювати лише у певних

зростає кількість з'єднань та додаткових елементів, необхідних для покращення ефективності роботи комп'ютерної системи моніторингу.

Один з варіантів вирішення цієї проблеми, є використання датчиків, які можна підключити за допомогою протоколу з'єднання I2C. Даний інтерфейс розроблений з метою простого зв'язку між компонентами на одній друкованій платі. Шина I2C використовує дві двонаправлені лінії для передачі та прийому інформації, підключені пристрої при обміні даними використовують загальну тактову лінію [10].

I2C широко застосовується для підключення низькошвидкісної периферії до мікропроцесорів та мікроконтролерів. Даний інтерфейс підтримує різні комбінації підключення ведучих та ведених пристроїв.

Інтерфейс I2C використовує лише послідовні лінії даних, тактової частоти та загальну землю для всіх пристроїв. Кожен I2C пристрій повинен мати два виводи:

1) SDA – для прийому та передачі даних від ведучого до веденого і навпаки.

2) SCL – передачі тактового сигналу, який генерується ведучим пристроєм.

Передача біт, у інтерфейсі I2C, синхронізується з прийомом за допомогою тактового сигналу, який спільно використовується ведучим і веденим. Максимальна кількість підключених I2C пристроїв може досягати 127 але 16 адрес, з них, зарезервовані. Максимальна довжина шини залежить від ємності кабелю та швидкості передачі. При швидкості 100 кбіт/с довжина шини I2C може становити до 1 м та 10 м при швидкості 10 кбіт/с.

Дані, які необхідно передати по шині I2C, розбиваються на кадри і передаються у форматі повідомлень, які містять: адресний кадр з двійковою адресою пристрою; біт читання/запису; біти підтвердження.

Для повідомлення пристрою про те, що дані надсилаються саме йому, використовується адресація. Адресний кадр завжди відправляється після процедури початку передачі. Ведучий надсилає адресу всім підключеним до нього пристроям, далі всі під'єднані пристрої порівнюють отриману адресу зі своєю і, якщо вони співпадають, відправляють ведучому пристрою біт підтвердження низького рівня. Якщо адреса не збігається, пристрій не виконує жодних дій і лінія SDA залишається у високому стані. В кінці адресного кадру відправляється біт, який визначає операцію читання/запису.

Після кожного кадру у повідомленні на шині очікується біт підтвердження. Якщо він був успішно

отриманий надсилається перший кадр даних. Після передачі всіх кадрів даних ведучий проводить процедуру закінчення передачі. Для цього ведучий переводить лінію SDA у високий стан, при цьому SCL залишається у високому стані.

Тактова частота завжди генерується ведучим та синхронізує обмін даними між ведучим та веденим. Будь-який I2C пристрій на шині може утримувати лінію SCL в низькому стані необмежений час. Дана процедура, затримка тактового сигналу, використовується у випадках, коли ведений пристрій не може відразу відправити дані у відповідь і знижує швидкість шини.

Технічний опис та реєстри I2C у документації різних мікросхем можуть відрізнитися залежно від виробника. Назви реєстрів та їх описи можуть бути іншими, однак їх призначення та використання є загальним для всіх пристроїв. Програмна реалізація I2C варіюється залежно від завдання.

На рис. 3 показана імітаційна модель побудована на основі цього методу. В даній схемі використано цифровий датчик температури TC74A0-5.0VAT [11].

Дані про температуру від вбудованого термочутливого елемента перетворюються на 8 бітне цифрове слово. Зв'язок з TC74 здійснюється через простий 2-провідний послідовний порт із сумісністю з I2C. Біт SHDN у реєстрі CONFIG можна використовувати для активації режиму очікування з низьким споживанням енергії. Роздільна здатність температури 1 °C. Номінальне значення швидкості перетворення 8 вибірок/с. Енергоспоживання всього 200мкА. Мінімальна вимірювана температура, -40°C. Максимальна температура, що вимірюється, +125°C. Точність, 2 %. У таблиці 1 наведено статичні характеристики даного датчика.

Температурний діапазон датчика TC74 наближений до розглянутого, у імітаційній моделі на рис. 1 та рис. 2, датчика температури LM35.

З метою порівняння, для моделювання було обрано однакову кількість датчиків (рис. 2 та рис. 3), а також єдина модель плати Arduino UNO. Дана схема має ряд переваг перед вищезазначеними.

У імітаційній моделі, яка використовує інтерфейс I2C, використовується два аналогових виводи (SDA, SCL), у той час, як у схемі підключеної за допомогою стандартних з'єднань використовується один аналоговий (A0) та три цифрових виводи плати Arduino UNO. Також використовуються всі виводи мультиплектора 74HC4051D, що збільшує та ускладнює кількість зв'язків. Даний фактор негативно впливає, як на конструкцію комп'ютерної системи моніторингу, так і на код

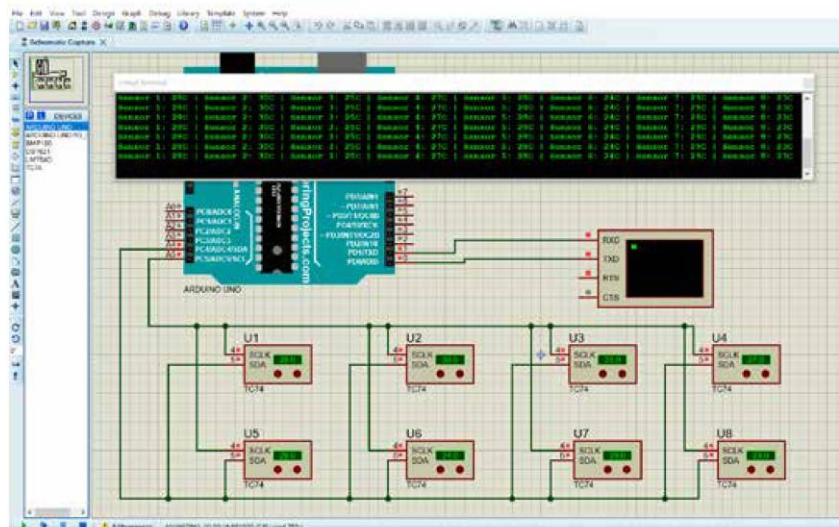


Рис. 3. Імітаційна модель комп'ютерної системи моніторингу з інтерфейсом I2C

Таблиця 1

Статичні характеристики TC74A0-5.0VAT

Позначення	Параметр	Одиниці вимірювання	Числове значення
f_{SMB}	Синхросигнал (тактовий сигнал)	кГц	100
t_{LOW}	Тривалість напівперіоду «низького» SCL	мкс	4,7
t_{HIGH}	Тривалість напівперіоду «високого» SCL	мкс	4
t_R	Фронт сигналів SCL та SDA	нс	1000
t_F	Спад сигналів SCL та SDA	нс	300
$t_{SU(START)}$	Час встановлення сигналів	мкс	4
$t_{H(START)}$	Час утримання сигналів на початку або повторі передачі	мкс	4
$t_{SU-DATA}$	Час встановлення даних	нс	1000
t_{H-DATA}	Час утримання даних	нс	1250
$t_{SU(STOP)}$	Час встановлення сигналів для закінчення передачі	мкс	4
t_{IDLE}	Час після закінчення, перед початком нової передачі	мкс	4,7

програми необхідний для реалізації послідовності команд пов'язаних з моніторингом. Для збільшення числа датчиків під'єднаних до плати Arduino UNO (рис. 2), необхідно використати додаткові мультиплексори. Якщо, для цього, використовувати плати 74HC4051D, то максимальна кількість підключених датчиків збільшиться до 32, в порівнянні з протоколом I2C, в якому можливе підключення 111 пристроїв одночасно використовуючи таку ж саму плату Arduino UNO.

Тактовий сигнал імітаційної моделі з протоколом I2C в стандартному режимі буде становити 100 кГц, або 10 мкс. Для імітаційної моделі зі стандартним з'єднанням максимальна частота читування приблизно дорівнює 10 кГц, або 100 мкс. Використання плати мультиплексора 74HC4051D,

для збільшення кількості під'єднаних датчиків, має незначний вплив на час читування сигналу з аналогового пристрою, відповідно до технічної специфікації [9] затримка сигналу та час включення становлять приблизно 400 нс.

Наступна величина, яку необхідно розглянути – вартість використаних елементів у обох імітаційних моделях дистанційного моніторингу приміщення. Розглянута вартість елементів: LM35 – 57,5 грн.; 74HC4051D – 10 грн.; TC74A0-5.0VAT – 114,5 грн.. Ціни вказані відповідно до магазинів України станом на вересень 2022 року. Відповідно до цього вартість обладнання необхідного для моніторингу та передачі даних у першому випадку (рис. 2) складає 470 грн. без врахування плати Arduino UNO. У другому

Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки

варіанті (рис. 3) вартість обладнання бути дорівнювати 916 грн. при таких самих умовах.

Висновки. Проведений аналіз комп'ютерних систем імітаційних моделей моніторингу температури приміщень на базі стандартного з'єднання та на базі протоколу I2C показав наступні результати. Використання протоколу I2C має наступні переваги: менша кількість зв'язків, проста для реалізації конструкція, компактність та простота програмного

коду, можливість під'єднати до однієї і тієї ж плати мікроконтролера більшу кількість датчиків, але не більше 111. Також, частота тактового сигналу в 10 разів більша в порівнянні зі стандартним з'єднанням. Недоліки такої комп'ютерної системи наступні: вартість приладів з інтерфейсом I2C на 51,3% більша ніж при стандартному підключенні, пошкодження навіть одного з'єднання I2C призведе до виходу з ладу всієї комп'ютерної системи моніторингу.

Список літератури:

1. Деркач М.В., Матюк Д.С. Альтернативний метод для роботи з датчиком MPU-6050 по шині даних I²C. Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Інформатика та моделювання. Харків: НТУ "ХПІ", 2020.
2. Ward H. Programming Arduino Projects with the PIC Microcontroller. *Using the I2C Protocol* / H. Ward, Apress Berkeley, CA, 2022, pp. 451-483.
3. Trujillo L., Saotome O., Öberg J. Proceedings of the 7th Brazilian Technology Symposium (BTSym'21). / Y. Iano, O. Saotome, G. L. K. Vásquez, C. C. Pezzuto, R. Arthur, G. G. de Oliveira. Springer Cham, 2022, pp. 383-395.
4. Apparatus and method for increased address range of an I2C or I2C compatible bus: Patent: US8543740B2 USA Appl. No 13/010481; filed 20.10.2011; date of patent 24.09.2013
5. Rekha S., Balu R., Dilipkumar N., Crocier A., Mohankumar N. International Conference on Communication, Computing and Electronics Systems. *Logically Locked I2C Protocol for Improved Security* / V. Bindhu, J. M. R. S. Tavares, A.A. Boulogeorgos, C. Vuppapapati. Springer Singapore, 2020, pp. 707-716.
6. PCB Design and Circuit Simulator Software – Proteus. URL: <https://www.labcenter.com/>
7. Arduino UNO R3. Product Reference Manual. URL: <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf>
8. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors. URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>
9. CMOS Digital Integrated Circuits 74HC4051D, 74HC4052D. URL: https://www.mouser.com/datasheet/2/408/74HC4051D_datasheet_en_20201203-959201.pdf
10. UM10204 I2C-bus specification and user manual. URL: <https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>
11. TC74 Tiny Serial Digital Thermal Sensor. URL: <https://www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21462D.pdf>

Statsenko D.V., Zlotenko B.M., Demishonkova S.A., Statsenko V.V.

USING I2C IN COMPUTER SYSTEMS OF INDOOR TEMPERATURE MONITORING

The article considers simulation models of computer systems for temperature monitoring in rooms. A comparative analysis of these computer systems was carried out. It is emphasized that the use of devices for measuring temperature is widespread among various fields of human activity. The need to install a large number of sensors leads to an increase in the complexity of the computer monitoring system. Protocols for connecting sensors to a microcontroller play an important role in system development.

In the analysis of the latest publications and studies, information is given about the wide application of the I2C protocol in various fields for solving practical tasks and the need for further improvement of systems using this protocol.

Two simulation models of indoor temperature monitoring computer systems based on classical connection and I2C are presented. The simulation model based on the standard protocol used: Arduino Uno board based on Atmega328p microcontroller, LM35 temperature sensors and 74HC4051D multiplexer. The simulation model based on the I2C protocol uses: Arduino Uno board and temperature sensors TC74A0-5.0VAT. Information is given on the operation of the I2C protocol, which is widely used to connect low-speed peripherals to microprocessors and microcontrollers. For the purpose of comparison, the same number of sensors was used in both computer systems to conduct an equivalent analysis of the simulation results. The parameters considered are the number of possible connections, the complexity of the design, the use of compact software code, the clock frequency, and the cost of indoor temperature monitoring computer systems.

The results of the analysis of the considered simulation models of the computer system for monitoring room temperature are presented in the conclusions. The advantages and disadvantages of systems with the I2C protocol are given.

Key words: simulation model, computer systems, I2C, temperature sensor, Arduino UNO, microcontroller.