

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Кіберфізична система моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні

Назва теми

КвРКІП. 190124.19.01.18 ПЗ

Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»

Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»

Назва

Виконав: студент IV курсу, група KI2-19-1

Підпис

I. С. Костюк

Ініціали, прізвище

Керівник

Підпис, дата

Л.О. Корецька

Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

Підпис, дата

С.М. Лисенко

Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри комп'ютерної
інженерії та інформаційних
систем

Т.О. Говорущенко

Підпис

Ініціали, прізвище

«9» червня 2023 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О.Говорущенко

“ 11 ” 01 2023р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Костюку Ігорю Сергійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Кіберфізична система моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні

Керівник проекту (роботи) Корецька Л.О., к.т.н., доцент.

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджена наказом ректора університету від 06.01.2023 р. № 1

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 07.06.2023 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Дослідження предметної області та постановка задачі

Проектування програмно-технічного засобу

Програмно-апаратна реалізація та тестування програмно-технічного засобу


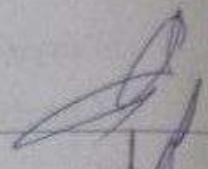


5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) 1. _____

Структурна схема пристрою _____

Логічна схема алгоритму _____

Моделювання сигналів _____

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Лисенко С.М., професор кафедри КПС		
Антиплагиат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 06 » 09 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	20.02.2022	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2023	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	10.03.2023	виконано
4	Робота над розділом 2 – проєктування програмно-технічного засобу	20.04.2023	виконано
5	Робота над розділом 3 – програмно-апаратна реалізація та тестування програмно-технічного засобу	30.04.2023	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	11.05.2023	виконано
7	Попередній захист ВКР	25.05.2023	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2023 року	

Студент


Підпис

І. С. Костюк

Ініціали, прізвище





Керівник проекту (роботи)


Підпис

Л. О. Корецька

Ініціали, прізвище

№ р я д к а	ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л · л и с т і в	№ с к з	П р и м і т к а
			Текстові документи			
1		КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Пояснювальна записка	56		
			Графічні матеріали			
		КвРКІП. 190124.19.01.18 ПЗ	Моделювання сигналів	1		
		КвРКІП. 190124.19.01.18 Е8	Логічна схема алгоритму	1		
		КвРКІП. 190124.19.01.18 Е8	Завантаження коду на плату	1		

					КвРКІ 190104.19.01.04 ВП							
Зм	Арж	№ докum	Підпис	Дата	Відомість проекту			Літера	Аркуш	Аркушів		
Розробив		Костюк ІС						У	1	56		
Перевір.		Корешак Л.О.		19.06.13				ХНУ, КІ2-19-1				
Н. контр.		Лисенко										
Затв.		Говорушченко		09.06								

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: Кіберфізична система моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні.

Автор роботи: Костюк І.С.

Керівник роботи: Корецька Л.О.

Пояснювальна записка: 56 с., 27 рис., 1 табл., 4 дод., 41 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.


Ключові слова:

КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ, VHDL, ПЛІС, МОНІТОРИНГ.

Метою роботи є розробка кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні на мові VHDL.

У цій роботі розроблена кіберфізична система моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні на мові VHDL. Розроблена система моніторингу реалізована на основі застосування програмованої логічної інтегральної схеми Altera Cyclon V. Розроблена система керування реалізована засобами мови опису апаратури інтегральних схем – VHDL, дозволяє здійснювати моніторинг забрудненості повітря у приміщенні та вмикати систему вентиляції для нормалізації рівня вуглекислого газу у приміщенні.

Підпис студента



Дата 08.06.2023

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ	4
1.1 Комфортні умови мікроклімату для людини	4
1.2 Кіберфізичні системи та їх використання в моніторингу повітря	6
1.3 Висновки. Постановка задачі.....	16
2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ	18
2.1 Класифікація та порівняння датчиків.....	18
2.2 Призначення та область використання пристрою	26
2.3 Проектування структурної схеми	36
2.4 Опис принципу дії.....	37
2.5 Висновки.....	40
3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ	41
3.1 Апаратна модель програмного забезпечення	41
3.2 Таблиця істинності для кіберфізичної системи	43
3.3 Програмно-технічна реалізація кіберфізичної системи	44
3.3 Висновки.....	56
ВИСНОВКИ	57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	60
Додаток А Програмний код	64
Додаток Б Копія креслення «Моделювання сигналів»	67
Додаток В Копія креслення «Логічна схема алгоритму»	68
Додаток Г Копія креслення «Завантаження коду на плату»	69

КвРКІ. 190104.19.01.04 ПЗ				
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Костюк І.С.		09.01.19
Перевір.		Корецька Л.О.		11.01.19
Н. Контр.		Лисенко С.М.		
Затверд.		Говорушенко Т.О.		09.08
Кіберфізична система моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні. Пояснювальна записка				
		Літера	Арк.	Акрюпів
		2	56	
ХНУ, КІ2-19-1				

ВСТУП

Забруднення повітря - одна з найбільших екологічних проблем, з якою стикається сучасний світ. Погіршення якості повітря має негативний вплив на здоров'я людей, тварин і рослин, а також на кліматичні процеси на Землі. Одним зі способів контролювання якості повітря є моніторинг рівня забруднення повітря, зокрема у приміщеннях, де людина проводить більшість часу. У зв'язку з цим, дослідження кіберфізичних систем моніторингу рівня забруднення повітря у приміщеннях стає важливим завданням. Кіберфізичні системи моніторингу дозволяють безперервно контролювати якість повітря та оперативно реагувати на зміни, що сприяє забезпеченню комфортних умов життя та роботи.

В кваліфікаційній роботі буде досліджено кіберфізичну систему моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні. В рамках дослідження будуть проаналізовані існуючі кіберфізичні системи моніторингу, визначені переваги та недоліки існуючих рішень, обрані апаратні ресурси та програмне забезпечення для розробки власної системи.

Метою даної роботи є розробка ефективної кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні, що дозволить забезпечити комфортні умови для життя та роботи людей.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

1.1 Комфортні умови мікроклімату для людини

Комфортна якість повітря в приміщенні має велике значення для забезпечення здоров'я та добробуту людини. Вона залежить від таких показників, як температура повітря, вологість, швидкість руху повітря, концентрація вуглекислого газу (CO₂), формальдегіду, бензену та інших забруднювачів. Наприклад, надмірна концентрація CO₂ може викликати головний біль, сонливість, зниження працездатності та інші негативні наслідки для здоров'я людини. З метою забезпечення комфортної якості повітря в приміщеннях застосовуються різноманітні системи вентиляції та кондиціонування повітря. Однак, вони можуть не завжди дозволяти забезпечити оптимальні показники якості повітря. Тому, важливим є використання кіберфізичних систем моніторингу рівня забрудненості повітря, що дозволяють безперервно відслідковувати рівень концентрації різних забруднювачів та оперативно реагувати на зміни в якості повітря.

Безперервний моніторинг якості повітря є важливим для забезпечення комфорту та здоров'я людей в приміщенні. За допомогою кіберфізичних систем моніторингу рівня забруднення повітря, можна отримувати постійну інформацію про рівень забруднення повітря в реальному часі.

Для безперервного моніторингу якості повітря в приміщеннях, кіберфізичні системи використовують датчики, які вимірюють рівень забруднення повітря. Ці датчики можуть бути встановлені в різних місцях приміщення, щоб забезпечити максимальну точність моніторингу.

Кіберфізичні системи моніторингу рівня забруднення повітря можуть також забезпечувати інформацію про температуру та вологість повітря, що також важливо для комфорту людей. За допомогою цієї інформації можна контролювати рівень вологості та температури у приміщенні, що також впливає

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на здоров'я та комфортність людей.

Загальна інформація про безперервний моніторинг якості повітря в приміщеннях за допомогою кіберфізичних систем може бути корисна для тих, хто займається проектуванням та експлуатацією будівель, оскільки це може допомогти їм забезпечити комфортні умови для проживання та роботи людей.

Державний стандарт України (ДСТУ) "Санітарні норми мікроклімату" [1] встановлює вимоги до параметрів мікроклімату в приміщеннях з метою забезпечення комфорту та здоров'я людей. Цей стандарт враховує такі параметри мікроклімату, як температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря, концентрація шкідливих речовин та інші.

Основні вимоги до мікроклімату встановлені з урахуванням різних типів приміщень, таких як житлові будинки, офіси, школи, лікарні тощо. Зазвичай встановлюються такі оптимальні діапазони параметрів мікроклімату:

- температура повітря: залежно від типу приміщення, рекомендовані значення можуть бути в діапазоні від 20°C до 24°C;
- відносна вологість: оптимальні значення зазвичай коливаються від 40% до 60%;
- швидкість руху повітря: для комфортних умов зазвичай встановлюються значення не більше 0,2-0,3 м/с;
- концентрація шкідливих речовин: максимально допустимі рівні речовин, таких як CO₂, формальдегід, бензол та інші, повинні відповідати встановленим нормам безпеки.

Крім того, ДСТУ "Санітарні норми мікроклімату" також визначає вимоги до систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря в приміщеннях з метою забезпечення належного рівня комфорту. Застосування цього стандарту допомагає створити оптимальні умови мікроклімату у приміщеннях, що сприяє комфортному перебуванню людей, забезпечує їхнє здоров'я та підвищує продуктивність праці. Виконання вимог ДСТУ "Санітарні норми мікроклімату" [1] не лише сприяє комфортному перебуванню людей, але також має важливе значення для збереження енергії. Оптимально налаштована система опалення,

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вентиляції та кондиціонування дозволяє знизити енергоспоживання і впливати на екологічну стійкість будівлі або приміщення.

Дотримання вимог стандарту сприяє покращенню якості повітря в приміщеннях, запобігаючи накопиченню шкідливих речовин, пилу та інших забруднень. Це має особливу вагу для приміщень, де проводяться роботи, пов'язані зі здоров'ям чи де відбувається тривала присутність людей, таких як офіси, школи, лікарні тощо. Наведений стандарт є основою для проектування та побудови систем мікроклімату, забезпечуючи оптимальні умови для життя та роботи людей. Крім того, його виконання є важливим елементом при сертифікації будівель і приміщень з метою визначення відповідності санітарним та гігієнічним нормам. Враховуючи роль мікроклімату у забезпеченні комфорту та здоров'я людей, важливо дотримуватись вимог ДСТУ "Санітарні норми мікроклімату" і вживати необхідні заходи для підтримки оптимального рівня температури, вологості, руху повітря та контролю концентрації шкідливих речовин у приміщеннях.

1.2 Кіберфізичні системи та їх використання в моніторингу повітря

Забруднення повітря у приміщеннях може бути на 5-10 разів більше, ніж на вулиці, оскільки забруднення можуть вироблятися зовнішніми джерелами та внутрішніми джерелами, такими як дим від паління, пари з кухні або волога з ванної кімнати.

Системи моніторингу рівня забруднення повітря в приміщеннях дозволяють вимірювати показники якості повітря, такі як рівень вуглекислого газу, формальдегіду, бензолу та інших речовин, які можуть бути шкідливими для здоров'я людини.

Ці системи зазвичай складаються з датчиків, які встановлюються в приміщенні та збирають дані про рівень забруднення повітря, та програмного забезпечення, яке аналізує ці дані та відображає їх на екрані. Деякі системи також можуть надсилати сповіщення про високий рівень забруднення повітря, що

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дозволяє оперативно реагувати та зменшувати його рівень. Системи моніторингу рівня забруднення повітря в приміщеннях використовуються в житлових будинках, офісах, школах та інших закладах з метою забезпечення здорових та комфортних умов проживання та роботи. Такі системи можуть використовуватись як для моніторингу повітря в приміщеннях, так і на вулиці.

Порівняльний аналіз існуючих рішень щодо моніторингу рівня забруднення повітря в приміщеннях дає змогу зрозуміти їх переваги та недоліки. Для цього можна зіставити характеристики різних систем моніторингу, такі як точність вимірювань, зручність в експлуатації, можливості збереження та аналізу даних, вартість та інші параметри.

Наприклад, деякі системи, такі як Awair [2], забезпечують широкий спектр параметрів моніторингу, включаючи рівень CO₂, температуру, вологість та інші. Однак, вони можуть бути досить дорогими та не завжди зручними у використанні, особливо якщо моніторинг необхідно здійснювати в багатьох приміщеннях.

Інші системи, наприклад, датчики газу, можуть бути більш ефективними у виявленні конкретних видів забруднення, але не забезпечуватимуть повної картини стану повітря у приміщенні. Крім того, деякі системи можуть потребувати складної настройки та обслуговування.

Отже, порівняльний аналіз переваг та недоліків існуючих систем моніторингу рівня забруднення повітря дозволяє вибрати оптимальне рішення залежно від конкретних потреб користувача.

Кіберфізична система "Awair" є однією зі стандартних систем моніторингу якості повітря в приміщеннях. Вона складається з декількох компонентів, що спільно працюють, щоб забезпечити безперервний моніторинг якості повітря і надати користувачам зручний інтерфейс для відслідковування даних.

Головним компонентом системи є сенсорний пристрій, який використовується для збору даних про рівень забруднення повітря у приміщенні. Сенсорний пристрій вимірює такі показники, як рівень CO₂, температуру, вологість, а також рівень шкідливих речовин, таких як формальдегід і бензен.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримані дані передаються до бази даних, де вони обробляються і аналізуються. Користувачі можуть переглядати дані про рівень забруднення повітря на веб-сторінці або у мобільному додатку, що забезпечує зручний інтерфейс для відслідковування рівня забруднення повітря в реальному часі.

Крім того, система "Awaір" може автоматично регулювати якість повітря у приміщенні, використовуючи підключені пристрої, такі як вентиляційні системи або повітряні очисники. Це дозволяє забезпечити оптимальні умови для життя і роботи людей, зменшуючи ризики виникнення різних захворювань та поліпшуючи загальний рівень комфорту.

Кіберфізична система "Awaір" є лише одним з численних прикладів кіберфізичних систем моніторингу рівня забрудненості повітря в приміщеннях.

Крім того, система "Awaір" має можливість підключення до різних пристроїв за допомогою Wi-Fi і Bluetooth, що дозволяє користувачеві контролювати якість повітря в режимі реального часу за допомогою мобільних додатків або настільних комп'ютерів. Дана система також забезпечує можливість відстеження рівня забруднення повітря на протязі тривалого періоду часу, що дозволяє виявляти тенденції та зміни, що відбуваються в приміщенні, і допомагає вживати вчасних заходів для покращення якості повітря.

Однак, на сьогоднішній день, існує багато інших кіберфізичних систем, які також забезпечують моніторинг рівня забрудненості повітря в приміщеннях.

Тому необхідно провести порівняльний аналіз існуючих рішень, а також дослідити можливості використання різних датчиків, баз даних та засобів веб-візуалізації для створення більш ефективної кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні. На рисунку 1.1 зображено зовнішній вигляд система "Awaір".

Перевагами системи Awaір є:

- легке налаштування та використання - система Awaір має простий та зрозумілий інтерфейс, що дозволяє легко налаштувати та використовувати її;
- широкий функціонал - Awaір не тільки моніторить рівень забруднення повітря, але й надає корисну інформацію щодо показників якості повітря,

									Арк.
									8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

температури, вологості, рівня шуму та інших показників;

– можливість інтеграції з різноманітними пристроями та сервісами - Awaір можна легко інтегрувати з іншими різноманітними пристроями та сервісами, наприклад, з додатками для керування рівнем вологості в приміщенні;

– доступність - система Awaір доступна за розумною ціною, що робить її доступною для більшості користувачів.



Рисунок 1.1 – Система «Awaір»

Недоліками системи Awaір є:

– обмежена точність деяких датчиків - деякі користувачі зауважують, що деякі датчики в Awaір можуть бути менш точними, ніж в інших системах моніторингу;

– не завжди показує точний рівень забруднення - на деяких пристроях Awaір можуть бути відхилення від реального рівня забруднення повітря;

– обмежений дальній зв'язок - Awaір має обмежену дальність зв'язку, що може бути проблемою для деяких користувачів, які потребують більшої дистанції між пристроями.

Іншою кіберфізичною системою моніторингу повітря є "PurpleAir" [2]. Ця система використовує мережу датчиків, розташованих на вулиці, щоб вимірювати рівень PM2.5 та PM10, які відносяться до частинок або аерозолів, які мають конкретний розмір і є складовими забруднюючих речовин у повітрі.

						КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
							9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Основне відмінність між ними полягає у їхньому розмірі.

PM2.5 вказує на частинки з діаметром менше або рівного 2.5 мікрметра. Ці частинки є дуже дрібними і легкими, можуть довгий час перебувати у повітрі та проникати в дихальні шляхи людини. Вони можуть бути утворені в результаті згоряння вуглецю, диму, викидів транспорту, промислових процесів та інших джерел забруднення.

PM10 вказує на частинки з діаметром менше або рівного 10 мікрметра. Вони також можуть бути присутні у повітрі і мати значний вплив на здоров'я. Ці частинки можуть включати пил, сажу, пилку рослин, частинки землі та інші речовини, що можуть бути виділені у результаті природних процесів, будівельних робіт, дорожнього руху та інших джерел забруднення.

Якщо рівень PM2.5 та PM10 в повітрі перевищує допустимі норми, це може мати негативний вплив на здоров'я людей, особливо на дихальну систему. Люди, які постійно піддаються впливу цих забруднюючих речовин, можуть страждати від респіраторних захворювань, алергійних реакцій та інших проблем зі здоров'ям. Вони є одними з найшкідливіших забруднювачів повітря. Зібрані дані передаються на платформу PurpleAir, де користувач може переглянути рівень забруднення повітря на карті та отримати інформацію про те, які заходи можна вжити для зменшення рівня забруднення. На рисунку 1.2 зображено зовнішній вигляд кіберфізичної системи моніторингу повітря "PurpleAir".

Система PurpleAir є ще одним прикладом кіберфізичної системи моніторингу рівня забруднення повітря в приміщеннях.

Серед переваг PurpleAir можна відзначити наступні:

- висока точність вимірювань. Система використовує два сенсори, що забезпечує більш точні вимірювання рівня забрудненості повітря;
- можливість збільшення кількості сенсорів. Користувач може додатково встановлювати сенсори в інших приміщеннях, що дозволяє моніторити якість повітря в більш широкому діапазоні;
- підтримка збірки даних в реальному часі. Система може збирати дані про рівень забруднення повітря в режимі реального часу та передавати їх

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

користувачам за допомогою мобільного додатку або веб-сайту;

– підтримка бездротового з'єднання. Система може підключатися до Інтернету через Wi-Fi, що дозволяє користувачам дистанційно отримувати доступ до даних про рівень забруднення повітря.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд кіберфізичної системи моніторингу повітря "PurpleAir"

Недоліками зазначеної кіберфізичної системи є:

– висока ціна. Порівняно з іншими системами моніторингу повітря, PurpleAir може бути дещо дорожчою;

– система потребує регулярного підтримання та калібрування. Користувачам потрібно періодично перевіряти та налаштовувати сенсори для забезпечення точних вимірювань;

– обмежена функціональність. У порівнянні з деякими іншими системами, PurpleAir може мати обмежені можливості в зборі додаткових даних про повітря,

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

таких як вологість, температура і т.д.

Система моніторингу повітря Netatmo Healthy Home Coach [2] є ще однією кіберфізичною системою, яка може використовуватись для вимірювання якості повітря в приміщеннях. Її зовнішній вигляд наведено на рисунку 1.3.



Рисунок 1.3 – Кіберфізична система моніторингу якості повітря «Netatmo Healthy Home Coach»

Переваги системи Netatmo Healthy Home Coach:

– легкий в користуванні: система дозволяє швидко та легко моніторити рівень шуму, вологості, температури та рівня CO₂ в приміщенні через мобільний додаток;

– зручний дизайн: дизайн пристрою виконаний у сучасному стилі і доповнює будь-який інтер'єр;

– підтримка голосового керування: система підтримує голосове керування, що дозволяє контролювати рівень забруднення повітря у приміщенні голосом.

Недоліки системи Netatmo Healthy Home Coach:

– обмежені можливості моніторингу: система не має сенсорів для

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вимірювання конкретних забруднювачів повітря, таких як NOx або SO2;

– низька точність: деякі користувачі зауважують, що даний пристрій має низьку точність вимірювання в порівнянні з іншими системами моніторингу повітря;

– обмежений дальній зв'язок: система не має можливості підключення до хмарних систем для додаткового аналізу даних.

Крім "Awair" та "PurpleAir", існує багато інших кіберфізичних систем моніторингу повітря, які використовуються в різних сферах життя, таких як медицина, наука, промисловість тощо.

Розглянемо ще одну кіберфізичну систему Air Quality Monitor [2] від компанії Foobot. Air Quality Monitor є компактним пристроєм, розміром приблизно з пальму руки, який дозволяє вимірювати рівні забрудненості повітря у приміщенні.



Рисунок 1.4 – Кіберфізична система Air Quality Monitor

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Детальніші характеристики та функціональні можливості цієї системи.

Сенсори: Air Quality Monitor оснащений низкою вбудованих сенсорів, що вимірюють рівні таких забрудників повітря, як:

- рівень забруднення пилом (PM2.5 та PM10): Датчики вимірюють концентрацію частинок пилу розміром менше 2,5 мікрметра та 10 мікрметрів;
- рівень загальних летких органічних сполук (VOC): Сенсори визначають концентрацію хімічних речовин, що можуть бути присутніми в повітрі, таких як формальдегід, бензол, толуол і інші;
- рівень діоксиду вуглецю (CO2): Датчик вимірює концентрацію CO2 у повітрі, що є показником якості вентиляції приміщення;
- рівень температури та вологості: Сенсори вимірюють температуру і відносну вологість у приміщенні.

Бездротове підключення: Air Quality Monitor підтримує бездротову технологію Wi-Fi, що дозволяє передавати дані про якість повітря у реальному часі на підключений мобільний додаток або на хмарне сховище.

Мобільний додаток: Air Quality Monitor має спеціальний мобільний додаток, який доступний для iOS та Android. Цей додаток дозволяє користувачам відстежувати рівні забрудненості повітря, переглядати графіки та діаграми, аналізувати дані за різними періодами, а також отримувати повідомлення про небезпечні рівні забруднення та рекомендації щодо покращення якості повітря.

Інтеграція з іншими платформами: Air Quality Monitor може бути інтегрований з іншими платформами та послугами, такими як Amazon Alexa, IFTTT та інші, що розширюють можливості системи та надають додаткові функціональні можливості.

Портативність та простота використання: Air Quality Monitor має компактний та портативний дизайн, що дозволяє легко переміщати його з одного приміщення до іншого. Використання пристрою є досить простим, а налаштування зв'язку з мобільним додатком виконується швидко та зручно.

Переваги кіберфізичної системи Air Quality Monitor:

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- моніторинг в реальному часі: Air Quality Monitor надає можливість отримувати дані про якість повітря у приміщенні в реальному часі, що дозволяє оперативно реагувати на зміни і приймати необхідні заходи для покращення якості повітря;
- зручний мобільний додаток: супроводжуючий мобільний додаток забезпечує зручний інтерфейс для відображення та аналізу даних, а також надає сповіщення про вищі рівні забруднення та рекомендації щодо покращення якості повітря. Користувач може зручно відстежувати дані і приймати необхідні заходи;
- портативність: Компактний дизайн Air Quality Monitor дозволяє легко переміщати пристрій з одного приміщення до іншого, що дозволяє вимірювати якість повітря в різних місцях;
- інтеграція з іншими платформами: система може бути інтегрована з іншими платформами та послугами, що розширює її функціональні можливості і дозволяє здійснювати автоматизовані дії на основі отриманих даних.

Недоліки:

- обмежений діапазон вимірювання: деякі моделі можуть мати обмежений діапазон вимірювання певних забрудників повітря, або можуть не вимірювати всі можливі параметри забруднення;
- залежність від Wi-Fi: для передачі даних у реальному часі Air Quality Monitor потребує бездротового з'єднання Wi-Fi, що може бути обмеженою у певних місцях або в разі відсутності доступу до мережі;
- вартість: Деякі моделі Air Quality Monitor можуть бути відносно дорогими, що може бути обмеженням для окремих користувачів;
- потреба у регулярному обслуговуванні: Для забезпечення точності вимірювань та надійності роботи системи, може бути необхідне регулярне обслуговування та калібрування датчиків.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Висновки. Постановка задачі

У першому розділі кваліфікаційної роботи було детально розглянуто проблему забруднення повітря і його вплив на здоров'я людей. Проведений аналіз літературних джерел дозволив з'ясувати, що низька якість повітря є серйозною проблемою, яка має негативний вплив на людське здоров'я та навколишнє середовище.

В розділі було досліджено основні джерела забруднення повітря, зокрема викиди промислових підприємств, транспортних засобів та побутових джерел. Було встановлено, що ці джерела випускають у повітря шкідливі речовини, такі як вуглекислий газ (CO₂), частки PM_{2.5} та PM₁₀, хімічні сполуки та інші забруднюючі речовини. Ці речовини можуть мати шкідливий вплив на організм людини, спричиняючи різноманітні захворювання дихальної системи, серцево-судинної системи та інші захворювання.

Також було розглянуто показники якості повітря, зокрема вміст вуглекислого газу (CO₂) і часток PM_{2.5} та PM₁₀. Вуглекислий газ є основним показником вмісту CO₂ в повітрі і є одним із головних газових забрудників. Частки PM_{2.5} та PM₁₀ вказують на кількість дрібних частинок, що містяться у повітрі, і є важливими показниками якості повітря, оскільки вони можуть проникати в дихальні шляхи та спричиняти захворювання.

Кіберфізичні системи моніторингу рівня забруднення повітря в приміщеннях стали важливим інструментом для забезпечення безперервного моніторингу якості повітря, що дозволяє оперативно реагувати на зміни та покращувати якість повітря.

Було проаналізовано та порівняно переваги та недоліки декількох систем моніторингу рівня забруднення повітря в приміщеннях, зокрема: Awaір, PurpleAir, Netatmo Healthy Home Coach, Foobot, та визначено їх ефективність у вирішенні проблем з якістю повітря.

Система Awaір відрізняється від інших систем своєю простотою використання та можливістю інтеграції з іншими розумними пристроями.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Система PurpleAir має високу точність вимірювання та широкі можливості налаштування. Система Netatmo Healthy Home Coach має компактний дизайн та можливість вимірювання рівня шуму.

Однак, кожна з систем має свої недоліки, такі як низьку точність вимірювання, обмежені можливості налаштування та високу ціну.

Отже, вибір конкретної системи залежить від потреб користувача та його вимог до точності вимірювання, функціональності та ціни.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка та впровадження кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- дослідити існуючі технічні рішення, виявити їх переваги та недоліки;
- розробити алгоритм функціонування кіберфізичної системи моніторингу рівня забруднення у приміщенні;
- розробити програмно-апаратну реалізацію кіберфізичної системи моніторингу рівня забруднення у приміщенні;
- провести її тестування та зробити відповідні висновки.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

Для розробки кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря в приміщенні необхідно вибрати відповідні апаратні ресурси та програмне забезпечення.

Одним з ключових елементів є датчики, які будуть збирати дані про рівень забрудненості повітря. Для цього можна використовувати різноманітні типи датчиків, такі як датчики частинок, датчики газів, датчики температури та вологості повітря та інші.

Окрім того, для зберігання та обробки даних потрібно мати відповідну апаратну базу. Для цього можна використовувати мікроконтролери або мікропроцесори, такі як Arduino або Raspberry Pi, а також ПЛІС Altera.

Для забезпечення зв'язку з датчиками та зберігання даних можна використовувати різноманітні протоколи, такі як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee тощо [3].

Щодо програмного забезпечення, для реалізації системи моніторингу необхідно мати відповідне програмне забезпечення для збору, зберігання та обробки даних. Для цього можна використовувати мови програмування, такі як Python, Java, або C++, та різноманітні фреймворки та бібліотеки для обробки даних.

2.1 Класифікація та порівняння датчиків

Класифікація може бути заснована на різних критеріях:

- принцип вимірювання;
- тип забруднюючих речовин;
- точність вимірювання та інші.

Розглянемо декілька ключових типів датчиків та їх характеристики. Хімічні датчики є одним із типів датчиків, що використовуються для моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні [4]. Вони працюють на

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

основі хімічних реакцій, які відбуваються між забруднюючими речовинами та хімічними реагентами, що містяться у датчику. Тепер перейдемо до типів хімічних датчиків та їх принципи роботи. Електрохімічні датчики на рисунку 2.2 є одним з найбільш поширених типів хімічних датчиків, які використовуються для моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщеннях. Вони працюють на основі електрохімічних реакцій, які відбуваються між забруднюючими речовинами та електролітом у датчику. Основна ідея полягає в замірі струму або потенціалу, що виникають під час цих реакцій, що відображають концентрацію забруднюючих речовин у повітрі [5].



Рисунок 2.1 – Електрохімічний датчик

Основними типами електрохімічних датчиків є:

- датчики газів;
- датчики іонів.

Датчики газів використовуються для вимірювання концентрації окремих газів, таких як CO₂, NO₂, SO₂, H₂S та інші. Датчики іонів використовуються для визначення концентрації певних іонів, які можуть свідчити про забруднення повітря, наприклад, іони NO₃⁻, NH₄⁺, Cl⁻, тощо.

Принцип роботи електрохімічних датчиків базується на використанні електродів, що піддаються окисно-відновним реакціям забруднюючих речовин. Датчик складається з трьох основних елементів: робочого електрода,

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контрольного електрода та опорного електрода. Робочий електрод взаємодіє з газом або іонами, що містяться у повітрі, і сприяє хімічній реакції. Контрольний електрод використовується для забезпечення стабільного потенціалу робочого електрода, а опорний електрод використовується для компенсації потенціальних змін, що виникають під час реакцій.

Електрохімічні датчики мають кілька переваг, які роблять їх привабливими для використання у системах моніторингу повітря:

- є чутливими;
- стабільними;
- мати широкий діапазон вимірювання;
- мати добру роздільну здатність;
- здатні працювати в режимі реального часу;
- забезпечувати швидкі відгуки на зміни рівня забрудненості повітря.

Однак, електрохімічні датчики також мають свої обмеження. Вони можуть бути чуткими до впливу температури та вологості, що може впливати на їх точність і стійкість. Також, датчики можуть потребувати періодичного калібрування та заміни елементів для забезпечення надійності та точності вимірювань.

Опоромірні датчики, які вказано на рисунку 2.2 є іншим типом хімічних датчиків, які використовуються для моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщеннях. Вони працюють на основі зміни опору елементів датчика під впливом забруднюючих речовин. Зміна опору може бути спричинена хімічною реакцією, адсорбцією або десорбцією забруднюючих речовин на поверхні матеріалу датчика [5].

Опоромірні датчики можуть бути розділені на два основних типи: плівкові та напівпровідникові.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 – Опоромірні датчики

Плівкові датчики на рисунку 2.3 мають тонкий шар плівки, що покриває датчик. Цей шар може бути виготовлений з різних матеріалів, таких як металеві оксиди, полімери або наночастинки. Плівка взаємодіє з забруднюючими речовинами у повітрі, що призводить до зміни опору датчика. Ця зміна опору вимірюється для визначення рівня забрудненості повітря [5].



Рисунок 2.3 – Плівковий датчик

Плівкові датчики можуть бути специфічними для певних забруднюючих речовин або широкоспектральними, які реагують на багато різних забруднюючих речовин. Вони можуть бути чутливими до оксидів азоту (NO_x), вуглеводнів, аміаку, озону та інших газів. Шар плівки може бути оптично

прозорим або неоптичним, залежно від методу вимірювання опору. Напівпровідникові датчики використовують напівпровідникові матеріали, такі як оксиди металів, для вимірювання рівня забрудненості повітря. Зміна концентрації забруднюючих речовин призводить до зміни опору напівпровідникового матеріалу. Цю зміну опору можна виміряти і використовувати для оцінки рівня забрудненості повітря.

Напівпровідникові датчики на рисунку 2.4 можуть бути специфічними для певних газів, таких як CO₂, CO, NO₂ та інші, або мати широкий діапазон вимірювання. Вони можуть працювати за різними принципами, включаючи зміну електричних властивостей, таких як опір, ємність або польовий ефект.



Рисунок 2.4 – Напівпровідниковий датчик

Переваги плівкових датчиків включають високу чутливість, широкий діапазон вимірювання та можливість виявлення низьких рівнів забруднення. Напівпровідникові датчики, з іншого боку, відрізняються високою стабільністю, швидкістю відгуку та можливістю інтеграції з електронними пристроями.

Абсорбційні датчики, які вказані на рисунку 2.5 є ще одним типом датчиків, що застосовуються для моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщеннях. Вони базуються на принципі абсорбції забруднюючих речовин з повітря на поверхні матеріалу датчика. Після абсорбції речовини відбувається зміна характеристик матеріалу, що може бути виміряна для визначення рівня забруднення.



Рисунок 2.5 – Абсорбційний датчик

Одним з часто використовуваних матеріалів у абсорбційних датчиках є пористий матеріал, такий як активований вугілля або зола. Пористі матеріали мають велику поверхню, що сприяє ефективній абсорбції газів та інших забруднюючих речовин. Після абсорбції забруднюючих речовин на поверхні матеріалу відбувається зміна електричних, оптичних або хімічних властивостей, яку можна виміряти для отримання інформації про рівень забруднення повітря.

Основні переваги абсорбційних датчиків включають високу чутливість, широкий спектр вимірюваних речовин та можливість визначення концентрації забруднюючих речовин. Вони також можуть бути досить стійкими до зовнішніх факторів, таких як температура та вологість, залежно від використовуваного матеріалу.

Провіднісні датчики на рисунку 2.6 є одним типом датчиків, що використовуються для моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщеннях. Вони базуються на принципі вимірювання електричної провідності повітря, яка може змінюватись залежно від присутності забруднюючих речовин.

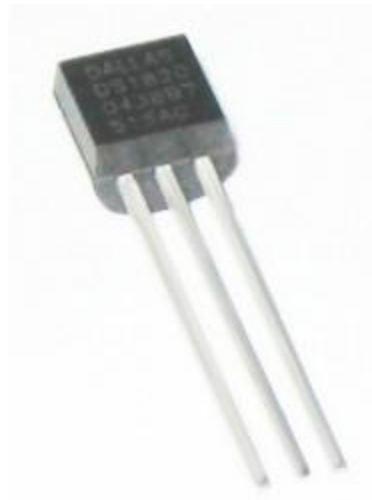


Рисунок 2.6 - Провіднісні датчики

Основні компоненти провіднісного датчика включають провідний матеріал та електроди. Провідний матеріал може бути металевими дротами, плівками або провідними полімерами. Електроди забезпечують контакт з повітрям та провідним матеріалом.

При присутності забруднюючих речовин у повітрі відбувається взаємодія між цими речовинами та поверхнею провідного матеріалу. Ця взаємодія може призводити до зміни електричної провідності матеріалу. Зміна провідності може бути пропорційна концентрації забруднюючих речовин у повітрі.

Для вимірювання провідності використовуються різні методи, включаючи зміну опору, ємності або струму. Ці методи дозволяють отримати кількісні дані про рівень забрудненості повітря [6].

Переваги провіднісних датчиків включають високу чутливість до забруднюючих речовин, широкий спектр вимірюваних речовин та можливість вимірювання в реальному часі. Вони також можуть бути відносно недорогими та легко інтегрованими в системи моніторингу.

Порівняння електрохімічних, опоромірних, абсорбційних та провіднісних датчиків.

Електрохімічні датчики:

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- принцип роботи: вимірюють струм або потенціал, що виникають під час електрохімічних реакцій на електродах датчика. Зміна струму або потенціалу пов'язана з концентрацією забруднюючих речовин;

- специфічність: електрохімічні датчики є дуже специфічними для вимірюваних речовин і можуть виявляти навіть низькі концентрації. Зазвичай вони використовуються для вимірювання газів, таких як CO, NO₂, SO₂ і ін.;

- точність: електрохімічні датчики можуть мати високу точність і стабільність при належному калібруванні та обслуговуванні;

- довговічність: залежно від типу, електрохімічні датчики можуть мати довгий термін служби;

- обмеження: вимагають додаткових калібрувань та обслуговування, чутливі до зовнішніх факторів, таких як температура та вологість.

У результаті порівняння різних типів датчиків для кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні було встановлено, що кожен тип має свої переваги та обмеження, і вибір конкретного типу датчика залежить від вимог до системи, контексту застосування та конкретних умов.

Електрохімічні датчики відрізняються високою чутливістю та специфічністю до певних речовин, але вони можуть бути складними у використанні та вимагати ретельного калібрування.

Опоромірні датчики, хоча менш чутливі, простіші у використанні та можуть вимірювати різні типи забруднюючих речовин. Однак, вони піддаються впливу зовнішніх факторів, таких як температура і вологість.

Абсорбційні датчики відзначаються високою специфічністю та точністю вимірювань, але вони вимагають належного калібрування та можуть бути складними у використанні.

Провіднісні датчики, зі своїм широким спектром вимірюваних речовин і простою конструкцією, є менш специфічними, але вони залежать від зовнішніх факторів та вимагають урахування температурних та вологостних умов.

Для вимірювання рівня вуглекислого газу використано NDIR (Non-Dispersive Infrared) датчик. Цей тип датчика вимірює концентрацію вуглекислого

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

газу на основі його поглинання інфрачервоного випромінювання. Він має наступні характеристики:

- діапазон вимірювання: від 0 до X ppm (parts per million), де X - максимально допустимий рівень вуглекислого газу;
- висока точність та стабільність вимірювань;
- швидкість відгуку: час, необхідний для отримання вимірюваного значення після спрацювання датчика;
- мінімальне споживання енергії для тривалого функціонування.

На основі викладених переваг та недоліків відомих датчиків для даної розробки було запропоновано використовувати плату ALTERA Cyclone V (5CSEMA5F).

2.2 Призначення та область використання пристрою

У контексті моніторингу забрудненості повітря у приміщенні, призначення та область використання пристрою відіграють важливу роль у забезпеченні здорового та комфортного середовища для проживання, роботи та інших діяльностей. Цей підрозділ має на меті детально розглянути значення призначення та області використання пристрою в контексті моніторингу забрудненості повітря у приміщенні, а також виявити їхню взаємозв'язок і вплив на ефективність та результативність системи моніторингу. Призначення пристрою полягає у вимірюванні рівня забрудненості повітря у приміщенні з метою отримання об'єктивної інформації про якість повітря та виявлення потенційно шкідливих речовин чи забруднюючих факторів. Принципово важливою функцією пристрою є збір даних щодо концентрації різних забруднюючих речовин, таких як гази, токсичні речовини, пил, аерозолі тощо. Ці дані дозволяють оцінити якість повітря, виявити можливі загрози для здоров'я людей та вжити необхідних заходів для їх усунення. Область використання пристрою визначається різноманітністю приміщень, де може бути застосована кіберфізична система моніторингу забрудненості повітря. Це можуть бути

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

житлові будинки, комерційні приміщення, офіси, лабораторії, медичні заклади, навчальні заклади та інші місця, де перебувають люди.

Простежується безпосереднє впливання якості повітря на здоров'я та комфортність проживання або роботи людей у цих приміщеннях. Завдяки використанню спеціалізованого пристрою для моніторингу, можна реалізувати постійний контроль за якістю повітря, вчасно виявляти забруднення, спричинені джерелами, такими як випаровування хімічних речовин, дим, запахи, пил та інші небажані фактори. Призначення та область використання пристрою в контексті моніторингу забрудненості повітря у приміщенні мають велике значення для забезпечення здорового та безпечного середовища для людей. Відповідна система моніторингу дозволяє вчасно виявляти шкідливі речовини, контролювати їх концентрацію і приймати необхідні заходи для зменшення ризику для здоров'я. Це сприяє поліпшенню якості життя, зниженню ризику розвитку хвороб, а також економічній ефективності шляхом попередження можливих ушкоджень та зниження затрат на лікування.

Таким чином, призначення та область використання пристрою в контексті моніторингу забрудненості повітря у приміщенні мають велике значення для забезпечення здорового та безпечного середовища, що сприяє підвищенню якості життя та зниженню ризику для здоров'я.

Існує широкий спектр сучасних пристроїв, призначених для вимірювання рівня забруднення повітря та контролю за його якістю. Цей огляд має на меті представити детальний огляд сучасних пристроїв моніторингу, їх характеристик, функцій та переваг.

Портативні датчики забрудненості повітря є компактними, легкими і мобільними пристроями, призначеними для вимірювання рівня забрудненості повітря у різних місцях і приміщеннях. Вони забезпечують зручний і швидкий спосіб контролювати якість повітря навколо себе. Портативні датчики забрудненості повітря зазвичай мають компактний розмір і легку вагу, що дозволяє легко переносити їх з одного місця до іншого, як показано на рисунку 2.7.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Це дозволяє користувачеві вимірювати рівень забрудненості повітря в різних приміщеннях або навіть на вулиці. Більшість портативних датчиків забрудненості повітря прості у використанні і не вимагають спеціальних навичок або технічних знань. Вони зазвичай оснащені простими інтерфейсами та екранами, що дозволяють легко отримувати результати вимірювань. Портативні датчики забрудненості повітря можуть вимірювати різні параметри, такі як рівень частинок PM2.5 і PM10, рівень VOC (органічних розчинників), рівень газів (наприклад, CO₂, CO, NO₂) та інші. Це дозволяє отримати комплексну інформацію про якість повітря і виявити потенційно небезпечні речовини. Багато портативних датчиків забрудненості повітря працюють в реальному часі, що дозволяє користувачеві одразу бачити результати вимірювань [9]. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни якості повітря і приймати необхідні заходи для забезпечення здоров'я та комфорту. Деякі портативні датчики забрудненості повітря мають можливість підключення до смартфонів або інших мобільних пристроїв через спеціальні додатки. Це дозволяє отримувати додаткову інформацію, графіки, сповіщення та навіть здійснювати моніторинг на віддаленій відстані. Портативні датчики забрудненості повітря знаходять широке застосування в різних областях, включаючи домашнє середовище, офіси, автомобілі, заклади громадського харчування, лабораторії та багато інших місць [10].

Вони можуть бути використані користувачами, які прагнуть контролювати рівень забрудненості повітря для забезпечення здоров'я, комфорту та безпеки. Також портативні датчики забрудненості повітря можуть використовуватися в наукових дослідженнях, екологічних проектах, оцінці якості повітря та моніторингу довкілля [11]. У кінцевому підсумку, портативні датчики забрудненості повітря є важливим інструментом для контролю якості повітря у приміщеннях. Їх переносна і зручна природа, різноманітність параметрів вимірювання, можливість реального часу та взаємодія з мобільними пристроями робить їх привабливими для користувачів з різних сфер діяльності. Портативні датчики забрудненості повітря відіграють важливу роль у забезпеченні

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

безпечного, здорового та комфортного середовища для населення. Стаціонарні системи моніторингу забрудненості повітря у приміщенні є більш комплексними та широкофункціональними пристроями порівняно з портативними датчиками. Вони встановлюються на постійній основі в конкретних приміщеннях або будівлях з метою постійного контролю якості повітря та забезпечення безпеки та комфорту користувачів.



Рисунок 2.7 - Портативні датчики забрудненості повітря

Стаціонарні системи моніторингу забрудненості повітря зазвичай мають більшу кількість вбудованих датчиків, що вимірюють різні параметри, такі як рівень пилу, газів, хімічних речовин тощо. Це дозволяє отримувати більш повну та детальну інформацію про стан повітря у приміщенні. Ці системи моніторингу працюють у постійному режимі, що дозволяє здійснювати неперервний моніторинг якості повітря. Вони автоматично реєструють дані і зберігають їх для подальшого аналізу та звітності. Стаціонарні системи моніторингу зазвичай

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мають централізовану систему керування, яка дозволяє операторам здійснювати дистанційний моніторинг, налаштування та керування пристроєм. Це забезпечує зручність та ефективність в експлуатації системи. Також вони можуть бути обладнані системою аварійних сигналів, які спрацьовують при перевищенні допустимих норм забрудненості повітря. Це дозволяє операторам швидко реагувати на небезпечні ситуації та приймати відповідні заходи для забезпечення безпеки користувачів. Стационарні системи моніторингу забезпечують можливість аналізу та звітності щодо якості повітря у приміщенні. Оператори можуть отримувати звіти, графіки та іншу статистичну інформацію, що допомагає приймати рішення з покращення якості повітря. Такі системи моніторингу забрудненості повітря у приміщенні є надійними та ефективними інструментами для забезпечення здорового та комфортного середовища для життя та роботи людей. Вони дозволяють виявляти небезпечні рівні забруднення та своєчасно вживати відповідних заходів для їх усунення [12].

Системи "розумного будинку" на рисунку 2.8 (Smart Home Systems) - це комплексні інтегровані системи, які використовуються для автоматизації та керування різними аспектами житлового приміщення, включаючи освітлення, опалення, кондиціонування повітря, безпеку, розваги та інші побутові пристрої. В контексті моніторингу забрудненості повітря у приміщенні, системи "розумного будинку" можуть мати важливе значення.

Основна ідея систем "розумного будинку" полягає в створенні мережі підключених пристроїв, які можуть обмінюватися інформацією та керуватися з одного центрального пункту керування. У контексті моніторингу забрудненості повітря, системи "розумного будинку" можуть бути обладнані спеціалізованими сенсорами та датчиками, які вимірюють рівень забруднення повітря і передають цю інформацію до центрального контролера.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.8 – Система розумного будинку

Основні переваги систем "розумного будинку" у контексті моніторингу забрудненості повітря включають можливість отримувати реальний часовий потік даних про рівень забруднення повітря у приміщенні. Це дозволяє операторам вживати негайних заходів у разі виявлення небезпечних рівнів забруднення. Системи "розумного будинку" можуть бути інтегровані з іншими системами, такими як системи вентиляції та кондиціонування повітря.

Дана система автоматично включати або налаштовувати системи вентиляції для очищення повітря при виявленні забруднення. За допомогою мобільних додатків або веб-інтерфейсів, користувачі можуть віддалено керувати системою моніторингу забрудненості повітря. Це дозволяє отримувати інформацію та керувати системою з будь-якого місця та в будь-який час. Системи "розумного будинку" можуть мати функціонал автоматичних реагувань на виявлені небезпечні рівні забруднення повітря. Наприклад, система може автоматично вимкнути вентиляцію або повідомити про небезпеку через мобільний додаток. Ці системи можуть збирати, аналізувати та надавати звіти про дані з моніторингу забрудненості повітря. Це дозволяє операторам отримувати детальну інформацію про якість повітря та приймати обґрунтовані рішення щодо покращення якості повітря у приміщенні. Застосування систем "розумного будинку" у моніторингу забрудненості повітря у приміщенні

						КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
							31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

дозволяє створити ефективну та зручну систему контролю за якістю повітря. Вона забезпечує надійність, швидкість реагування та можливість дистанційного керування, що сприяє створенню здорового та комфортного середовища для проживання та роботи. Вибір певного типу пристрою моніторингу залежить від потреб користувача та контексту використання. Портативні датчики можуть бути зручними для індивідуального контролю за якістю повітря в конкретних місцях, тоді як стаціонарні системи моніторингу можуть бути корисними для постійного контролю в більших приміщеннях або відкритих офісних просторах. Системи "розумного будинку" надають автоматичний контроль та забезпечують комфортні умови в будинку. Забезпечення високої якості повітря в приміщенні є важливим аспектом здоров'я та комфорту людей. Сучасні пристрої моніторингу забрудненості повітря надають ефективні засоби контролю та вимірювання рівня забруднення, дозволяючи вчасно виявляти небезпечні речовини та приймати відповідні заходи для покращення якості повітря. Вибір певного типу пристрою залежить від конкретних потреб користувача, розміру приміщення та затребуваної функціональності.

Пристрій для моніторингу забрудненості повітря у приміщенні має широке застосування і може бути корисним у різних типах приміщень, включаючи житлові, комерційні, офісні та інші. Основна мета використання пристрою полягає в забезпеченні здорового та комфортного середовища для проживання та роботи, а також зниженні ризику впливу забрудненого повітря на здоров'я та добробут людей. Приклади застосування пристрою для моніторингу забрудненості повітря у різних типах приміщень.

Застосування пристрою для моніторингу забрудненості повітря у житлових приміщеннях має велике значення для забезпечення здорового та комфортного середовища для мешканців. Пристрій дозволяє виявляти наявність та вимірювати рівні шкідливих речовин, таких як VOC (органічні розчинники), формальдегід, аміак, оксиди азоту, діоксид вуглецю та інші [17]. Це важливо, оскільки в повітрі житлових приміщень можуть бути випромінювальні джерела, пил, домашні хімікати та інші джерела забруднення, які можуть негативно

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

впливати на здоров'я мешканців. Пристрій дозволяє стежити за якістю повітря у житлових приміщеннях, вимірюючи параметри, такі як температура, вологість, рівень CO₂ (діоксид вуглецю) та інші. Збір таких даних допомагає забезпечити комфортні умови проживання та виявляти можливі проблеми, такі як недостатнє провітрювання, перевищення рівня CO₂ або вологості, що можуть сприяти появі плісняви або інших негативних наслідків.

Також він може бути обладнаний системою сповіщення, яка попереджатиме мешканців про високі рівні забруднення або небезпечних умов. Це особливо важливо в разі виявлення шкідливих речовин, які можуть бути токсичними або потенційно небезпечними для здоров'я. Такі попередження дозволяють мешканцям вжити відповідних заходів безпеки, наприклад, провітрити приміщення, відключити джерело забруднення або звернутися до спеціалістів. Встановлення пристрою в житлових приміщеннях дозволяє контролювати ефективність заходів, спрямованих на поліпшення якості повітря. Наприклад, після впровадження системи вентиляції або очищення повітря можна спостерігати за змінами показників забрудненості та переконатися в їхньому покращенні. Це дозволяє ефективно коригувати системи та вживати необхідні заходи для підтримання оптимального стану повітря. Основна вагомість застосування пристрою у житлових приміщеннях полягає у забезпеченні здорового та комфортного середовища для мешканців. Чисте повітря сприяє зменшенню ризику виникнення алергічних реакцій, захворювань дихальної системи, а також покращує загальний самопочуття та якість життя. Це особливо важливо для людей з алергіями, астмою та іншими хронічними захворюваннями. Застосування пристрою для моніторингу забрудненості повітря у житлових приміщеннях дозволяє забезпечити безпеку, комфорт та здоров'я мешканців. Він допомагає виявляти та контролювати рівні шкідливих речовин, сповіщати про небезпеку, контролювати якість повітря та підтримувати оптимальні умови проживання. Завдяки йому мешканці можуть забезпечити себе чистим та здоровим повітрям у своїх домівках, що має позитивний вплив на їхнє благополуччя та якість життя.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

У комерційних приміщеннях, таких як офіси, ресторани, готелі, магазини та інші, моніторинг забрудненості повітря є важливим аспектом забезпечення комфорту та безпеки працівників та клієнтів. Моніторинг якості повітря у комерційних приміщеннях дозволяє виявляти наявність шкідливих речовин, таких як хімічні речовини, токсичні гази, алергени та інші. Це дозволяє підтримувати здорове робоче середовище, зменшувати ризик виникнення алергічних реакцій, проблем з диханням та інших захворювань, пов'язаних зі забрудненням повітря [18]. Чисте та здорове повітря сприяє підвищенню ефективності та продуктивності працівників. Висока якість повітря забезпечує кращу концентрацію, зменшує вплив втоми та покращує загальний стан працівників. Моніторинг забрудненості повітря допомагає виявляти потенційні проблеми та вживати заходи для покращення якості повітря, що сприяє підвищенню продуктивності та задоволеності персоналу. Регулювання систем вентиляції та кондиціонування повітря: Моніторинг забрудненості повітря у комерційних приміщеннях надає важливі дані для регулювання систем вентиляції та кондиціонування повітря. Це дозволяє оптимізувати роботу систем, забезпечуючи ефективну циркуляцію та фільтрацію повітря, що призводить до зменшення забруднення та покращення якості повітря в приміщенні. У комерційних приміщеннях, таких як магазини, ресторани, готелі, спортивні заклади та інші, пристрій може використовуватися для контролю якості повітря, забезпечення здорових умов для відвідувачів та персоналу. Це може включати моніторинг рівня CO₂, температури, вологості та інших параметрів, що впливають на комфорт та безпеку. В офісних приміщеннях пристрій може використовуватися для контролю якості повітря, забезпечення комфортних умов праці та зниження ризику захворювань. Він може допомагати виявляти високі рівні CO₂, VOC, пилу та інших забруднюючих речовин, що можуть впливати на продуктивність та здоров'я працівників. У навчальних закладах, таких як школи, університети, дитячі садки, пристрій для моніторингу забрудненості повітря може використовуватися для забезпечення здорових умов навчання та розвитку дітей. Він допомагає виявляти шкідливі речовини, контролювати рівень CO₂ та

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інші параметри, що впливають на якість повітря в класних кімнатах та інших приміщеннях [19].

Застосування пристрою в різних типах приміщень допомагає забезпечити безпечне та комфортне середовище для проживання, роботи, навчання та відпочинку. Він дозволяє виявляти та контролювати рівень забрудненості повітря, що сприяє покращенню якості життя та здоров'я людей. Моніторинг забрудненості повітря визначених областях є дуже важливою і необхідною діяльністю.

Ключові аспекти, що підкреслюють важливість цього моніторингу є здоров'я людей, екологічний аспект та безпека і промисловість. Забруднене повітря може має негативний вплив на здоров'я людей. Шкідливі речовини, такі як VOC, аміак, оксиди азоту та сірки, пил та інші, можуть викликати респіраторні захворювання, алергії, астму та інші проблеми зі здоров'ям. Моніторинг дозволяє виявляти високі рівні забруднення та приймати заходи для його зниження, забезпечуючи здорове середовище для мешканців даної області. Моніторинг забрудненості повітря важливий для оцінки стану довкілля та екосистем. Високі рівні забруднення можуть мати негативний вплив на рослини, тварин та екологічну рівновагу [20]. Чутливі види можуть постраждати від забруднення повітря, що може призвести до зменшення біорізноманіття та погіршення стану природних резерватів. У деяких областях моніторинг забрудненості повітря є особливо важливим з погляду безпеки та промисловості. Високі рівні шкідливих речовин можуть становити небезпеку для робітників, які працюють у виробничих умовах з великими викидами забруднюючих речовин. Моніторинг дозволяє контролювати рівні забруднення та запобігати можливим аварійним ситуаціям та випадкам порушення стандартів безпеки. Моніторинг забрудненості повітря надає публіці важливу інформацію про якість повітря в їхніх місцях проживання та роботи. Це допомагає людям приймати обґрунтовані рішення стосовно вибору місця проживання, шкіл для своїх дітей, місць відпочинку тощо [23]. Збір та публікація даних про якість повітря також сприяє

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

підвищенню свідомості громадськості щодо проблеми забруднення та стимулює ухвалення заходів для його зменшення.

Такий моніторинг є важливим не лише для індивідуальних користувачів, але й для організацій та владних установ. Наприклад, медичні установи, навчальні заклади та офіси можуть використовувати дані з моніторингу забрудненості повітря для впровадження заходів з охорони здоров'я працівників та клієнтів. Також, владні органи можуть використовувати ці дані для формулювання та впровадження стратегій зменшення забруднення повітря та поліпшення якості життя населення.

Важливим аспектом моніторингу забрудненості повітря є також підвищення громадської свідомості щодо проблеми забруднення повітря та впливу на здоров'я та навколишнє середовище. Популяризація інформації про якість повітря та її наслідки може сприяти залученню громадськості до активної участі в розв'язанні цієї проблеми, таких як використання екологічних транспортних засобів, обмеження викидів шкідливих речовин, спільні ініціативи щодо покращення якості повітря.

Загалом, моніторинг забрудненості повітря у приміщенні є важливим елементом екологічного та здорового середовища. Використання кіберфізичних систем моніторингу дозволяє отримати точні дані та аналіз, що є необхідними для прийняття рішень щодо поліпшення якості повітря та забезпечення благополучного місця проживання для майбутніх поколінь. Ці технології можуть бути використані в різних галузях та забезпечити здоров'я та безпеку для населення в цілому [29].

2.3 Проектування структурної схеми

Розробка структурної схеми є початковим етапом проектування заданого пристрою, структурна схема повинна показувати основні блоки проектного пристрою і порядок їх взаємодії.

					КьРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Структурна схема кіберфізичної системи, що розробляється у даній кваліфікаційній роботі представлена на рис. 2.4.

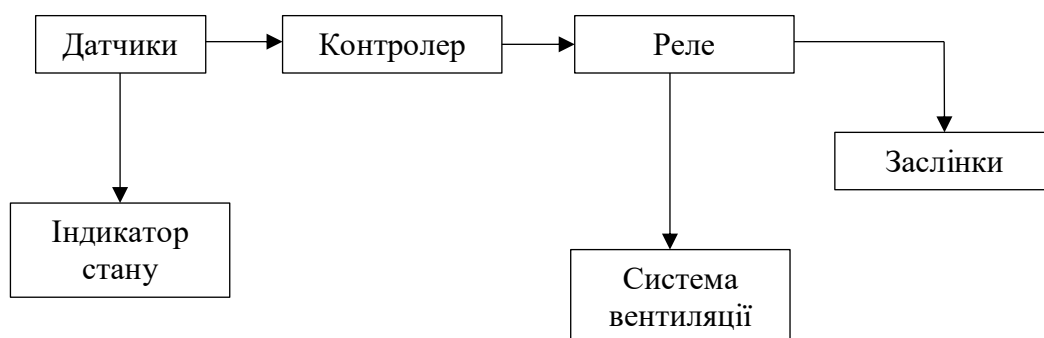


Рисунок 2.4 – Структурна схема пристрою, що проектується

На схемі наведені наступні елементи:

- датчик вуглекислого газу (CO₂): електрохімічний датчик CO₂ обраний для вимірювання рівня вуглекислого газу в повітрі приміщення. Він генерує аналоговий сигнал, що відображає концентрацію CO₂;
- мікроконтролер: мікроконтролер приймає сигнал від датчика і обробляє дані про рівень CO₂. Він має програмне забезпечення для аналізу даних і прийняття рішень;
- система вентиляції: система вентиляції включає вентилятори, воздуховоди та клапани, які забезпечують циркуляцію свіжого повітря у приміщенні;
- індикатор стану: індикатор стану, такий як світлодіод, використовується для візуального відображення стану системи.

2.4 Опис принципу дії

Для початку складемо та опишемо логічну схему алгоритму на рисунку 2.5. Робота починається з ініціалізації усіх датчиків, заслінок та системи вентиляції. Потім іде опитування давачів, якщо низький рівень вуглекислого газу, то нічого

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

не відбувається. А якщо рівень вуглекислого газу високий, то відкриваються заслінки та вмикається вентиляція. Якщо вентиляція ввімкнута та іде знову опитування давачів. Тобто, якщо після спрацювання системи вентиляції та відкриття заслінки рівень нормалізувався, то система вентиляції вимикається. Якщо рівень забруднення повітря високий, а вентиляція при цьому не ввімкнута, то відбувається сигналізування і кінець алгоритму.

Дана логічна схема дозволяє правильно розробити та прописати логіку усім елементам кіберфізичної системи для успішного моніторингу рівня вуглекислого газу у приміщенні.

На рисунку 2.5 наведена алгоритм роботи кіберфізичної системи моніторингу забрудненості повітря у приміщенні.

Датчик CO₂ вимірює рівень вуглекислого газу в повітрі приміщення. Мікроконтролер обробляє цифрові дані про рівень CO₂ і приймає рішення на основі заданих порогових значень.

Якщо рівень CO₂ (вуглекислого газу) у приміщенні перевищує заданий поріг, мікроконтролер активує реле, що вмикає систему вентиляції. Система вентиляції складається з вентиляторів та заслінки, які працюють разом для забезпечення циркуляції свіжого повітря у приміщенні.

Коли система вентиляції включена, вентилятори розпочинають свою роботу, забираючи забруднене повітря та виводячи його на вулицю або до системи очистки повітря. Заслінки розподіляють свіже повітря по всьому приміщенню, забезпечуючи його рівномірну циркуляцію.

Коли рівень CO₂ нормалізується і опускається нижче заданого порогу, мікроконтролер вимикає реле, що призводить до вимкнення системи вентиляції. Це дозволяє економити енергію і підтримувати стабільний рівень CO₂ в приміщенні.

Такий алгоритм автоматичного регулювання рівня CO₂ у приміщенні за допомогою моніторингу та керування системою вентиляції забезпечує комфортні та здорові умови для проживання чи роботи. Він допомагає запобігати

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

накопиченню забрудненого повітря, зменшує вплив шкідливих речовин на здоров'я людей і сприяє створенню здорового середовища в приміщенні

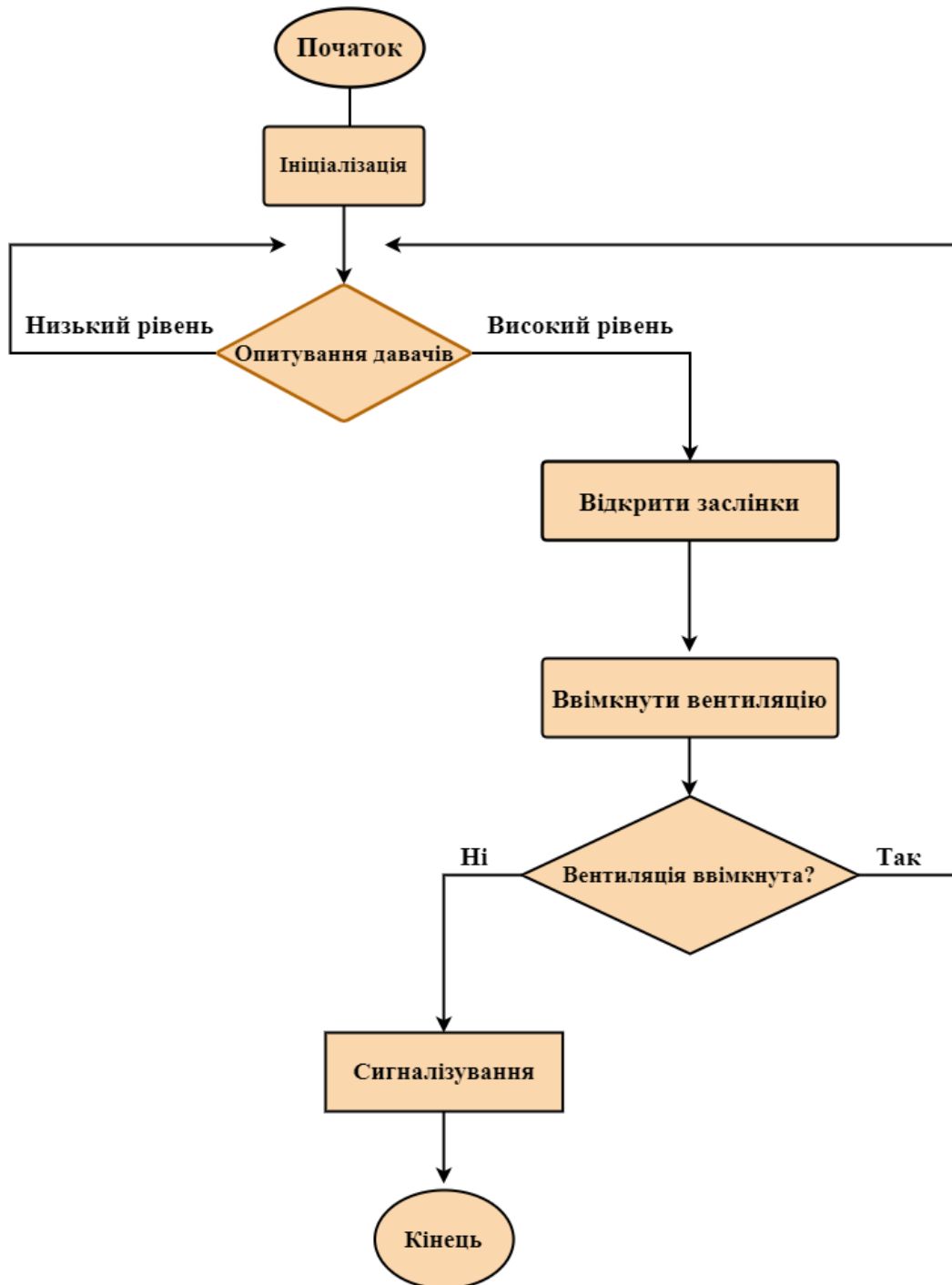


Рисунок 2.5 – Логічна схема алгоритму

2.5 Висновки

У другому розділі кваліфікаційної роботи було проведено детальне дослідження та аналіз різних аспектів кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні. Було розглянуто класифікацію та порівняння різних типів датчиків, їх призначення та область використання. Також було розроблено структурну схему системи та описано принципи її дії.

Аналіз різних типів датчиків дав змогу визначити їх переваги та недоліки, а також встановити їхню відповідність конкретним вимогам моніторингу забрудненості повітря. При розробці структурної схеми було враховано взаємозв'язок між датчиками, системою вентиляції та системою управління. Це дозволяє системі ефективно реагувати на зміни рівня забрудненості повітря та забезпечувати оптимальні умови для користувачів приміщення.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

3.1 Апаратна модель програмного забезпечення

Кіберфізична система моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні складається з двох основних компонентів: фізичної складової та кібернетичної складової.

Фізична складова:

1) датчики: в системі використовуються різні типи датчиків, які здатні вимірювати рівень забрудненості повітря. Це можуть бути хімічні датчики, електрохімічні датчики, опоромірні датчики, плівкові датчики тощо. Датчики розміщуються у приміщенні та збирають дані про рівень забрудненості повітря;

2) апаратна платформа: це фізична інфраструктура, яка забезпечує роботу системи. Вона може включати мікроконтролери, сенсори, вентиляційні системи, комунікаційні модулі та інші елементи, необхідні для збору даних та керування системою.

Кібернетична складова:

1) програмне забезпечення: це набір програм, які виконуються на мікроконтролері або іншому обчислювальному пристрої. Програмне забезпечення включає алгоритми обробки даних, комунікаційні протоколи, логіку прийняття рішень та інші функції, необхідні для ефективної роботи системи;

2) комунікаційна інфраструктура: вона забезпечує передачу даних між фізичними компонентами системи та зовнішніми пристроями. Це можуть бути бездротові або дротові засоби комунікації, такі як Wi-Fi, Bluetooth, Ethernet тощо.

Для забезпечення точності та надійності вимірювань, датчики повинні бути правильно калібровані. Це означає налагодження датчиків на основі відомих стандартів або використання референсних датчиків для порівняння результатів вимірювань. Зібрані дані від датчиків потрібно обробити для

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

отримання корисної інформації. Це може включати фільтрацію шуму, калібрування, агрегацію даних та виконання розрахунків для отримання показників якості повітря, таких як концентрація шкідливих речовин або індекси забруднення.

Кіберфізична система може включати алгоритми, які аналізують дані про забрудненість повітря та приймають рішення щодо подальшої дії. Наприклад, якщо рівень забрудненості перевищує встановлені норми, система може автоматично вмикати вентиляцію або надсилати сповіщення користувачам. Під час розробки та впровадження системи важливо провести тестування для перевірки правильності роботи датчиків, алгоритмів та іншої функціональності системи. Також можуть бути необхідні налаштування та налагодження системи для досягнення оптимальних результатів [34].

Одними з ключових компонентів цієї апаратної моделі є датчик вуглекислого газу та мікроконтролер.

Для управління апаратною моделлю та обробки даних з датчика можна використовувати мікроконтролер, ALTERA Cyclone V (5CSEMA5F), що заснована на архітектурі FPGA Cyclone V. Він забезпечує наступні можливості:

- інтерфейс з датчиком: мікроконтролер підключається до датчика вуглекислого газу і отримує від нього дані;
- обробка даних: мікроконтролер аналізує та обробляє дані з датчика, розраховує рівень забрудненості повітря та приймає рішення щодо включення/вимкнення системи вентиляції;
- керування системою вентиляції: мікроконтролер надає сигнали для включення/вимкнення системи вентиляції залежно від рівня вуглекислого газу;
- комунікація: мікроконтролер може бути підключений до комп'ютера або мережі для передачі даних або збереження їх у базі даних.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Таблиця істинності для кіберфізичної системи

У таблиці 3.1 наведено стани кожного елемента кіберфізичної системи. Як видно з таблиці істинності, інформація, яка буде передаватися на заслінки відповідає спрацюванням датчиків вуглекислого газу. Наприклад, коли у всіх кімнатах рівень вуглекислого газу у нормі, то датчики не спрацьовують і система вентиляції залишається вимкненою. Але, якщо у якійсь кімнаті спрацював датчик, то у цій кімнаті відкривається заслінка та вмикається загальна система вентиляції.

Таблиця 3.1 – Таблиця істинності кіберфізичної системи

Вхід				Вихід				
X1	X2	X3	X4	Y1	Y2	Y3	Y4	W
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	1	0	1
0	0	1	1	0	0	1	1	1
0	1	0	0	0	1	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	0	1	1	0	1
0	1	1	1	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	1	0	1	1	1
1	1	0	0	1	1	0	0	1
1	1	0	1	1	1	0	1	1
1	1	1	0	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1

Вхідні сигнали:

Room1_CO = X1;

Room2_CO = X1;

Room3_CO = X1;

Room4_CO = X1.

Вихідні сигнали:

```
Flap_Room1 = Y1;  
Flap_Room2 = Y1;  
Flap_Room3 = Y1;  
Flap_Room4 = Y1;  
Ventilation_All = W.
```

3.3 Програмно-технічна реалізація кіберфізичної системи

Система складається з таких основних частин:

- 1) датчики вуглекислого газу;
- 2) заслінка системи вентиляції;
- 3) система вентиляції.

Для тестування запропонованої моделі, було створено програму на мові VHDL.

У даному коді для початку оголошуємо сутності, тобто вхідні та вихідні сигнали:

```
library IEEE;  
use IEEE.std_logic_1164.all;  
entity kost is  
  port (  
    Room1_CO: in std_logic;  
        Room2_CO: in std_logic;  
        Room3_CO: in std_logic;  
        Room4_CO: in std_logic;  
    Ventilation_All: out std_logic;  
  
        Flap_Room1: out std_logic;  
        Flap_Room2: out std_logic;  
        Flap_Room3: out std_logic;
```

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

        Flap_Room4: out std_logic;
        v: out BIT_vector (0 to 6);
        w: out BIT_vector (0 to 6);
        t: out BIT_vector (0 to 6);
        g: out BIT_vector (0 to 6);
        n: out BIT_vector (0 to 6)
    );
end entity kost;

```

Потім прописуємо логіку, якщо рівень вуглекислого газу у кімнатах вищий за норму, то відбувається вмикання системи вентиляції:

architecture behavior of kost is

begin

```

    process (Room1_CO)

```

```

    begin

```

```

        if (Room1_CO = '1' or Room2_CO = '1' or Room3_CO = '1' or Room4_CO = '1')

```

```

    then

```

```

        Ventilation_All<= '1';

```

```

    else

```

```

        Ventilation_All<= '0';

```

```

    end if;

```

На прикладі однієї кімнати наведено режим спрацювання відкриття заслінки при високому рівні забруднюючого газу:

```

    if Room1_CO = '1' then

```

```

        Flap_Room1<='1';

```

```

    else

```

```

        Flap_Room1<='0';

```

```

    end if;

```

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для інших кімнат відкриття/закриття заслінки керується аналогічним кодом.

Також враховано стан системи після нормалізації рівня вуглекислого газу, при цьому система вентиляції вимикається, а відповідні заслінки закриваються. Повністю код наведено у додатку А.

Тепер налаштуємо процес моделювання сигналів, результат якого показано на рисунку 3.1.

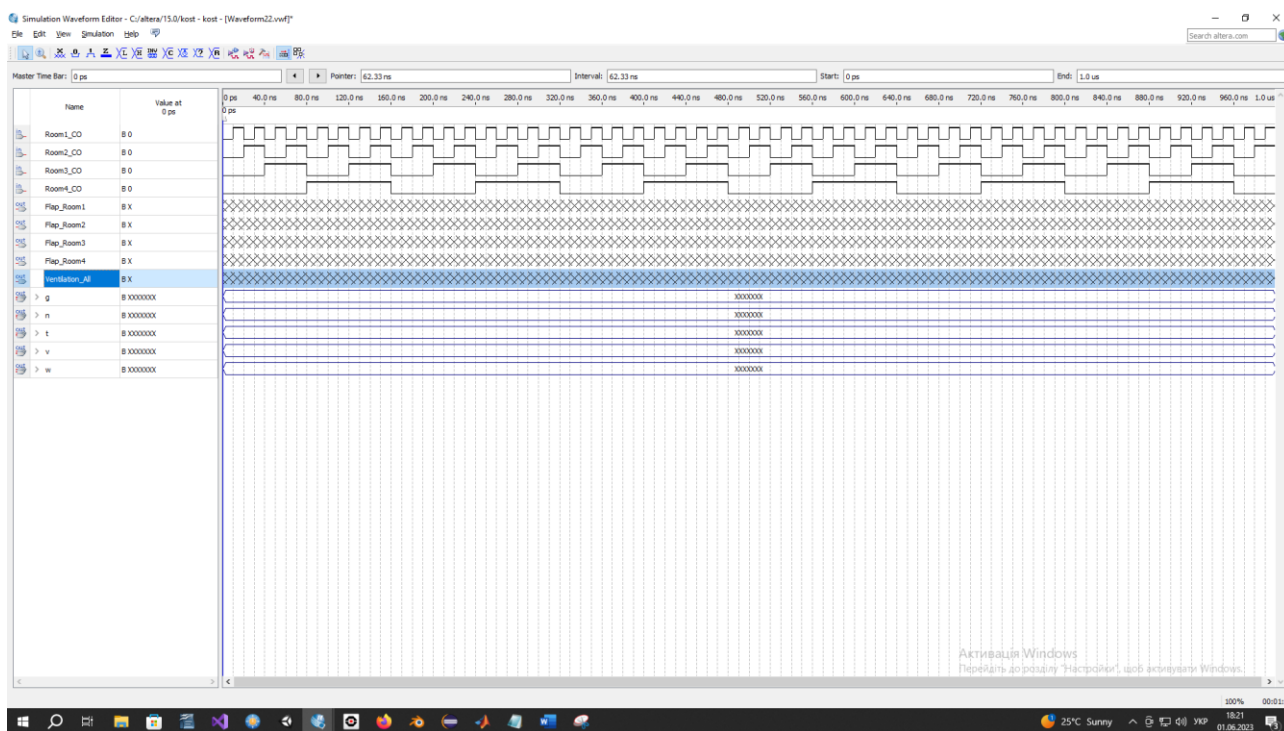


Рисунок 3.1 – Налаштування процесу моделювання сигналів

На рисунку 3.2. наведено результат успішного моделювання, що показує поведінку системи під час виконання певного сценарію чи впливу зовнішніх факторів. Графік на рисунку відображає важливі показники, такі як часові залежності, стани системи, параметри чи ефективність. Цей результат підтверджує правильність розробленої моделі та відповідність системи вимогам та очікуванням.

Успішне моделювання може бути показником правильного функціонування системи, її стійкості, ефективності та відповідності заданим

критеріям. Цей результат може бути використаний для подальшого аналізу, вдосконалення системи, прийняття рішень та прогнозування її роботи у реальних умовах.

На основі результатів моделювання зображених на рисунку 3.2. можна зробити висновки, провести порівняльний аналіз різних сценаріїв, виконати оптимізацію параметрів системи та вдосконалення її функціональності. Такі дані є важливими при проектуванні, тестуванні та впровадженні кіберфізичних систем в реальному середовищі.

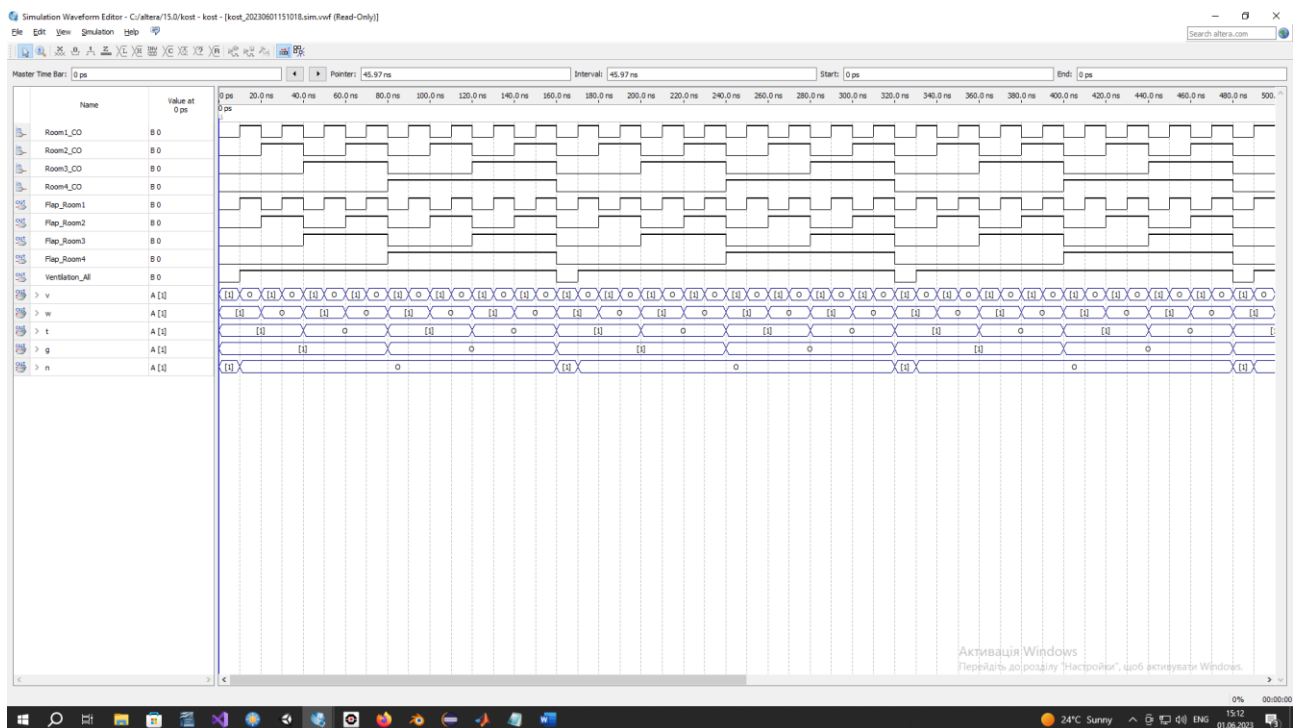


Рисунок 3.2 – Моделювання вхідних та вихідних сигналів

На рисунку 3.3 можна спостерігати результати спрацювання датчика забрудненості повітря в першій кімнаті. Відображається, що саме у цій кімнаті спрацював датчик, що свідчить про перевищення заданого порогу рівня забрудненості. Відповідно до цього, автоматично відкрилась заслінка вентиляції в першій кімнаті, а також система вентиляції була ввімкнена. Це важливий момент, оскільки система реагує на зміни рівня забрудненості повітря та приймає необхідні заходи для покращення якості повітря у приміщенні.

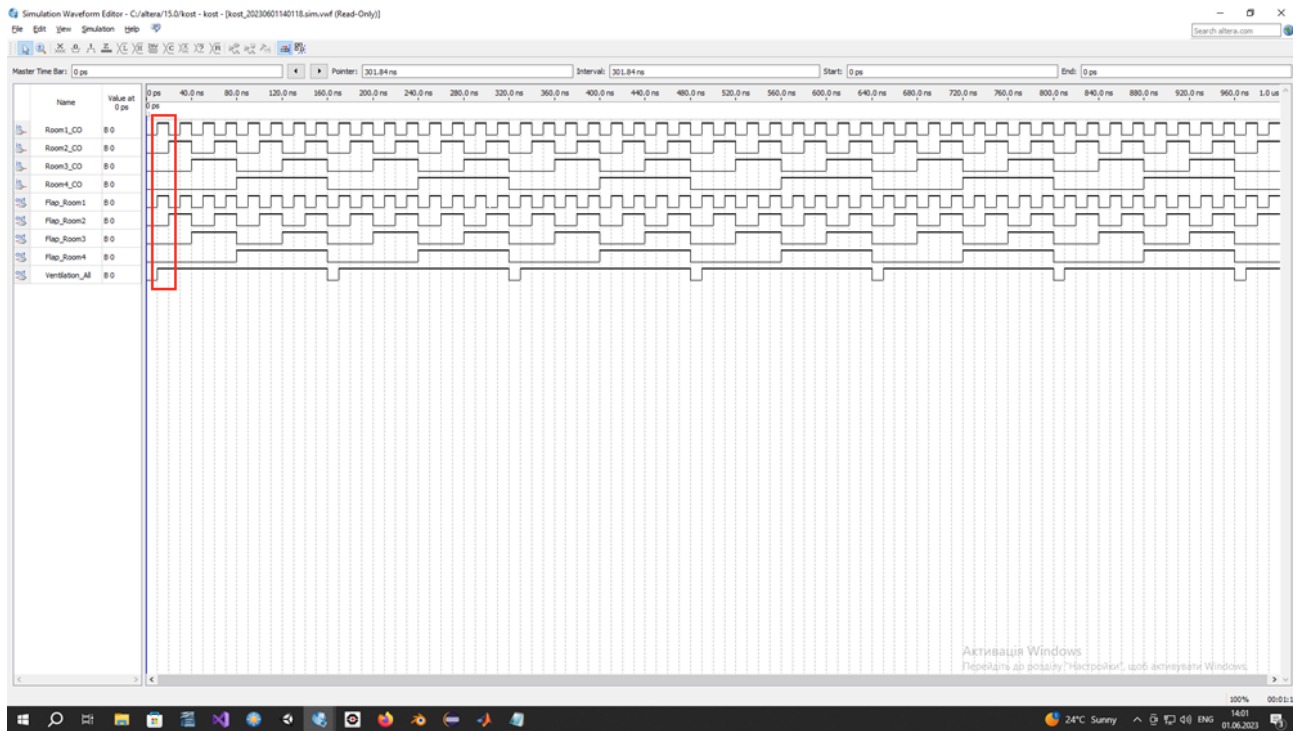


Рисунок 3.3 – Моделювання спрацювання датчика у першій кімнаті

На рисунку 3.4 видно, що спрацювали датчики вуглекислого газу у першій, другій та третій кімнаті та відповідно у цих кімнатах відкрилися заслінки та увімкнулася система вентиляції.

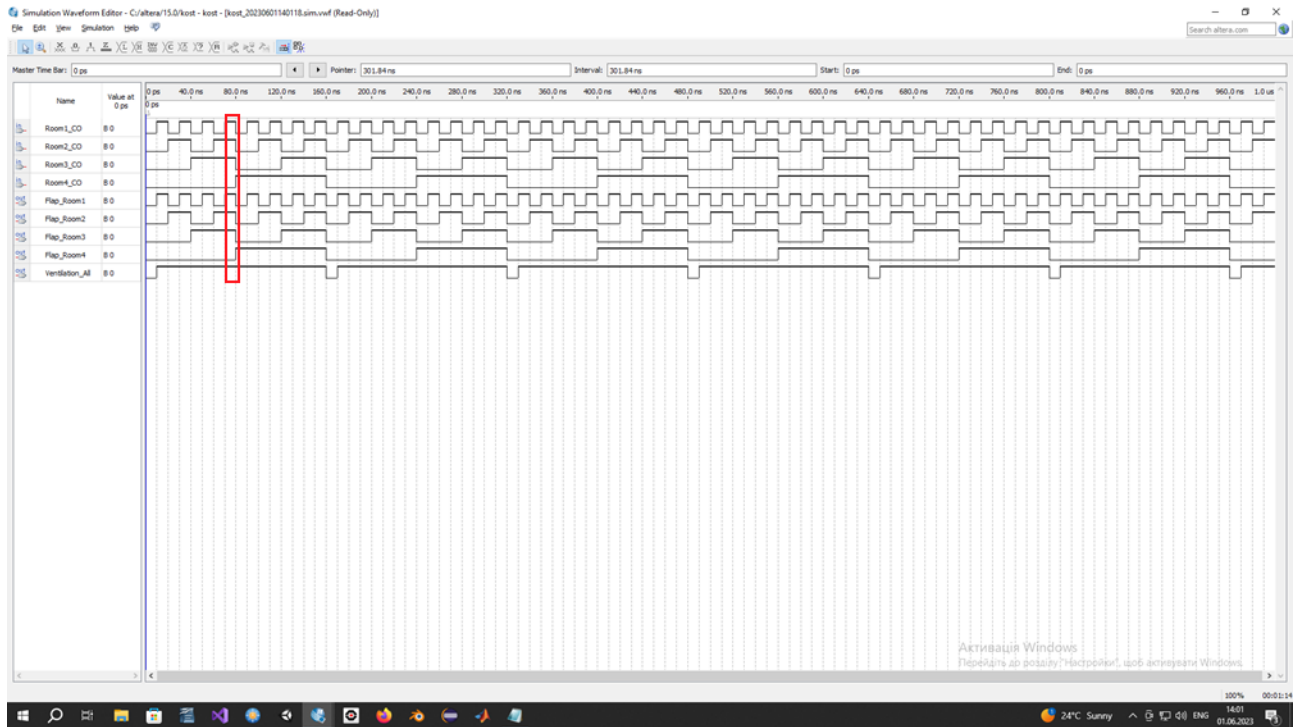


Рисунок 3.4 – Спрацювання датчиків у 1,2 та 3 кімнатах

Результати моделювання та аналізу коду підтверджують його правильність та ефективність. Для подальшого використання коду у фізичній схемі на платформі Altera 5, необхідно призначити виводи схеми відповідним змінним коду. Цей процес зображеною на рисунку 3.5.

Призначення виводів на пристрої Altera 5 відіграє важливу роль у забезпеченні зв'язку між вхідними та вихідними сигналами коду та фізичними контактами на платі. Цей крок є необхідним для успішної реалізації проекту та забезпечення його коректної роботи.

Коректне призначення виводів забезпечує зв'язок між вхідними та вихідними сигналами коду та фізичними контактами на пристрої Altera 5. Це важливий крок у реалізації проекту та забезпеченні його правильної роботи. Коректне призначення виводів дозволяє ефективно взаємодіяти з зовнішнім середовищем та забезпечити правильну передачу сигналів. Altera 5 може бути налаштована залежно від конкретних потреб проекту. Наприклад, виводи можуть бути призначені для підключення до датчиків забрудненості повітря, елементів системи вентиляції або інших пристроїв. Це дозволяє системі зчитувати дані з датчиків, керувати роботою вентиляційної системи та взаємодіяти з іншими пристроями.

Крім того, правильне призначення виводів забезпечує правильну передачу сигналів між платою Altera 5 та підключеними пристроями. Це дозволяє ефективно передавати та обробляти дані, що є важливим для правильної роботи системи моніторингу забрудненості повітря. Коректна передача сигналів забезпечує точність та надійність отриманих даних, що є критичним для правильного функціонування системи моніторингу.

Таким чином, коректне призначення виводів є важливим етапом в реалізації проекту системи моніторингу забрудненості повітря. Воно забезпечує зв'язок з зовнішнім середовищем, правильну передачу сигналів і взаємодію з підключеними пристроями, що є важливими для успішної та ефективної роботи системи.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

itatu:	From	To	Assignment Name	Value	Enabled	Entity
1		Room1_CO	Location	PIN_AF10	Yes	
2		Room2_CO	Location	PIN_AF9	Yes	
3		Room3_CO	Location	PIN_AC12	Yes	
4		Room4_CO	Location	PIN_AB12	Yes	
5		Flap_Room1	Location	PIN_V18	Yes	
6		Flap_Room2	Location	PIN_V17	Yes	
7		Flap_Room3	Location	PIN_W16	Yes	
8		Flap_Room4	Location	PIN_V16	Yes	
9		Ventilation_All	Location	PIN_Y21	Yes	
10		g[0]	Location	PIN_AE26	Yes	
11		g[1]	Location	PIN_AE27	Yes	
12		g[2]	Location	PIN_AE28	Yes	
13		g[3]	Location	PIN_AG27	Yes	
14		g[4]	Location	PIN_AF28	Yes	
15		g[5]	Location	PIN_AG28	Yes	
16		g[6]	Location	PIN_AH28	Yes	
17		n[0]	Location	PIN_V25	Yes	
18		n[1]	Location	PIN_AA28	Yes	
19		n[2]	Location	PIN_Y27	Yes	
20		n[3]	Location	PIN_AB27	Yes	
21		n[4]	Location	PIN_AB26	Yes	
22		n[5]	Location	PIN_AA26	Yes	
23		n[6]	Location	PIN_AA25	Yes	
24		t[0]	Location	PIN_AJ29	Yes	
25		t[1]	Location	PIN_AH29	Yes	
26		t[2]	Location	PIN_AH30	Yes	
27		t[3]	Location	PIN_AG30	Yes	
28		t[4]	Location	PIN_AF29	Yes	
29		t[5]	Location	PIN_AF30	Yes	
30		t[6]	Location	PIN_AD27	Yes	
31		v[0]	Location	PIN_AD26	Yes	
32		v[1]	Location	PIN_AC27	Yes	
33		v[2]	Location	PIN_AD25	Yes	
34		v[3]	Location	PIN_AC25	Yes	
35		v[4]	Location	PIN_AB28	Yes	
36		v[5]	Location	PIN_AB25	Yes	
37		v[6]	Location	PIN_AB22	Yes	
38		w[0]	Location	PIN_AB23	Yes	
39		w[1]	Location	PIN_AE29	Yes	
40		w[2]	Location	PIN_AD29	Yes	
41		w[3]	Location	PIN_AC28	Yes	
42		w[4]	Location	PIN_AD30	Yes	
43		w[5]	Location	PIN_AC29	Yes	
44		w[6]	Location	PIN_AC30	Yes	
45	<<new>>	<<new>>	<<new>>			

Рисунок 3.5 – Призначення виводів схеми

Після завершення призначення виводів необхідно обрати плату у Programmer для подальшого програмування. Цей процес здійснюється шляхом натискання кнопки "Hardware Setup" і "Add Device", як показано на рисунку 3.6.

Кнопка "Hardware Setup" відкриває вікно налаштувань апаратного забезпечення, де можна вказати параметри підключення до плати Altera 5. Після цього, натискання кнопки "Add Device" дозволяє додати плату Altera 5 до списку доступних пристроїв для програмування. Під час цього процесу можна вибрати відповідну модель плати та встановити необхідні параметри, які відповідають конкретній платі, що використовується.

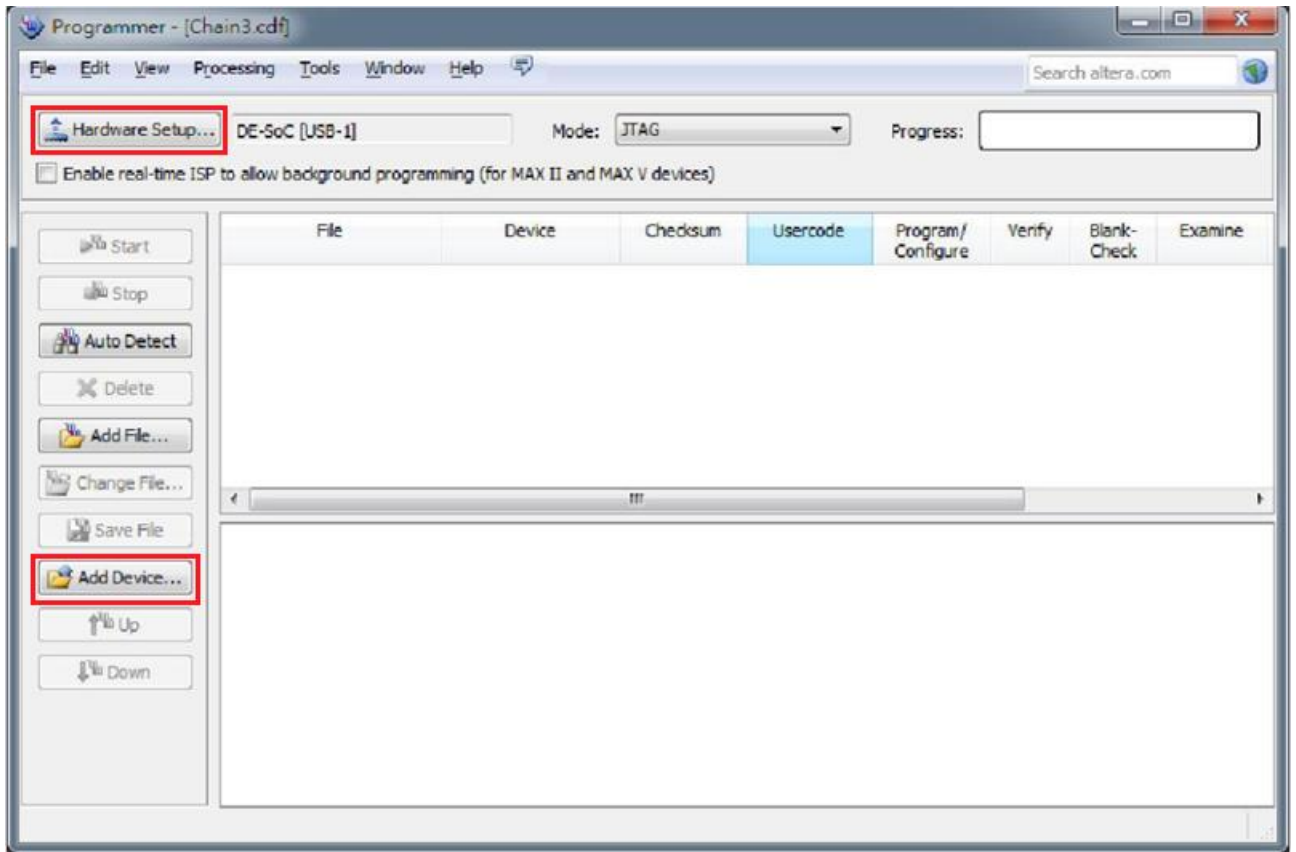


Рисунок 3.6 – Вибір плати для програмування

Тепер потрібно підключити плату до комп'ютера, вибрати правильну плату та конфігурацію. Після чого вибрати файл програми для завантаження на плату, як показано на рисунку 3.7.

Після вибору файлу і перед початком завантаження коду на плату, необхідно натиснути кнопку "Start" для запуску процесу завантаження. Під час цього процесу програматор відображатиме стан прогресу, що дозволяє візуально відстежувати хід завантаження. На рисунку 3.8 можна побачити ілюстрацію успішного завершення процесу без помилок. Успішне завершення означає, що програмний код успішно був перенесений на плату Altera 5 і готовий до виконання на цій платформі.

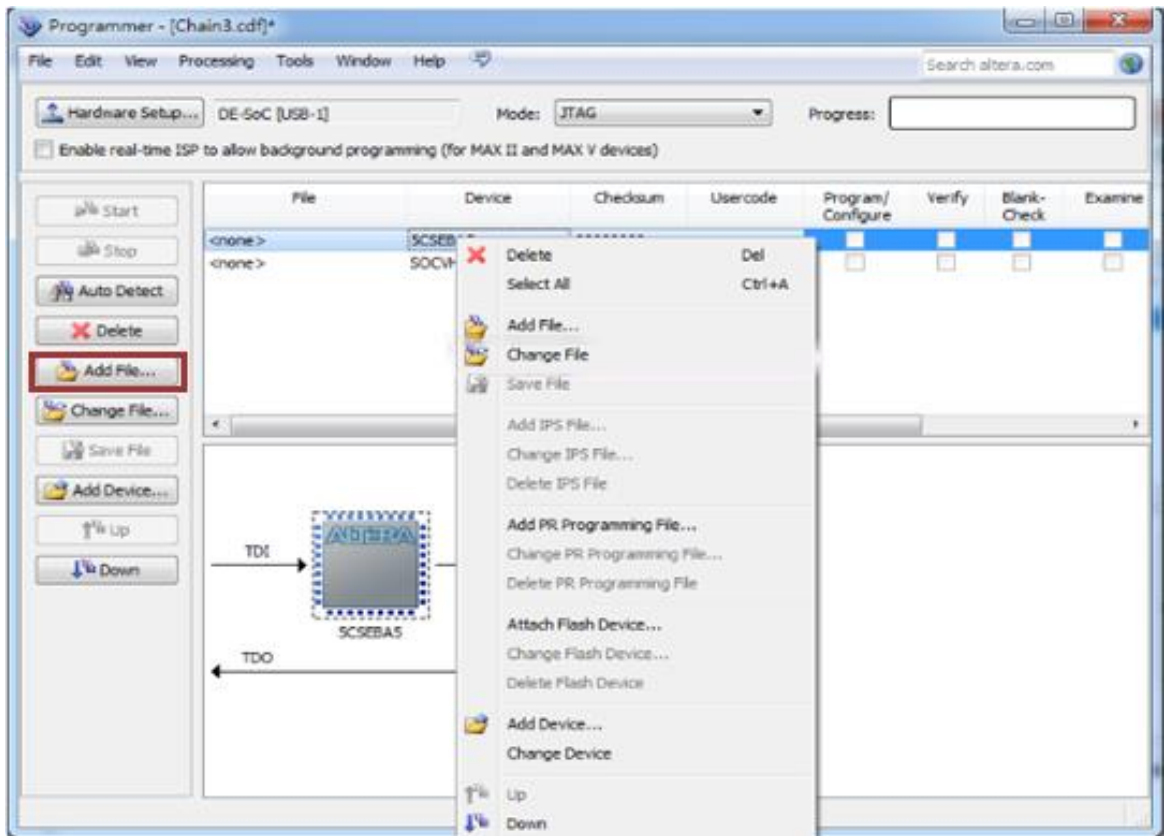


Рисунок 3.7 – Вибір файла програми для завантаження

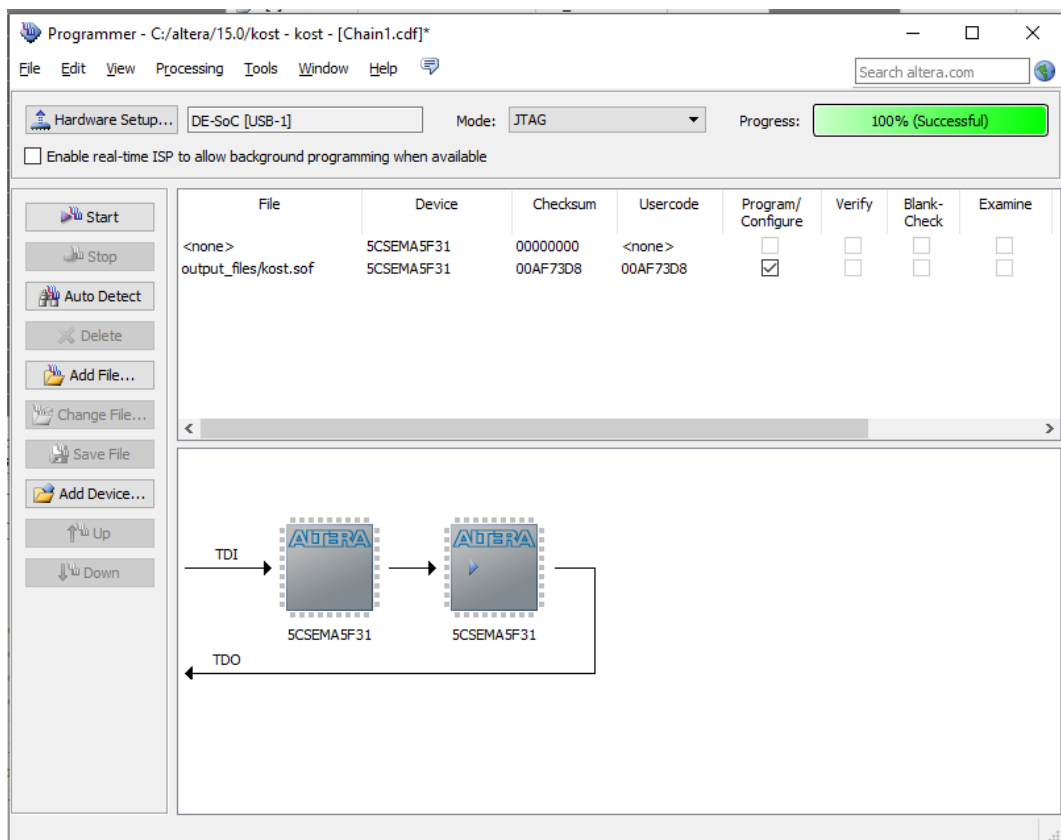


Рисунок 3.8 – Результат успішного завершення завантаження коду на плату

Після завантаження коду на плату, змодельовано спрацювання датчиків у четвертій і другій кімнаті. На рисунку 3.9 зображено, що спрацювала система вентиляції та відкрилися заслінки у відповідних кімнатах.

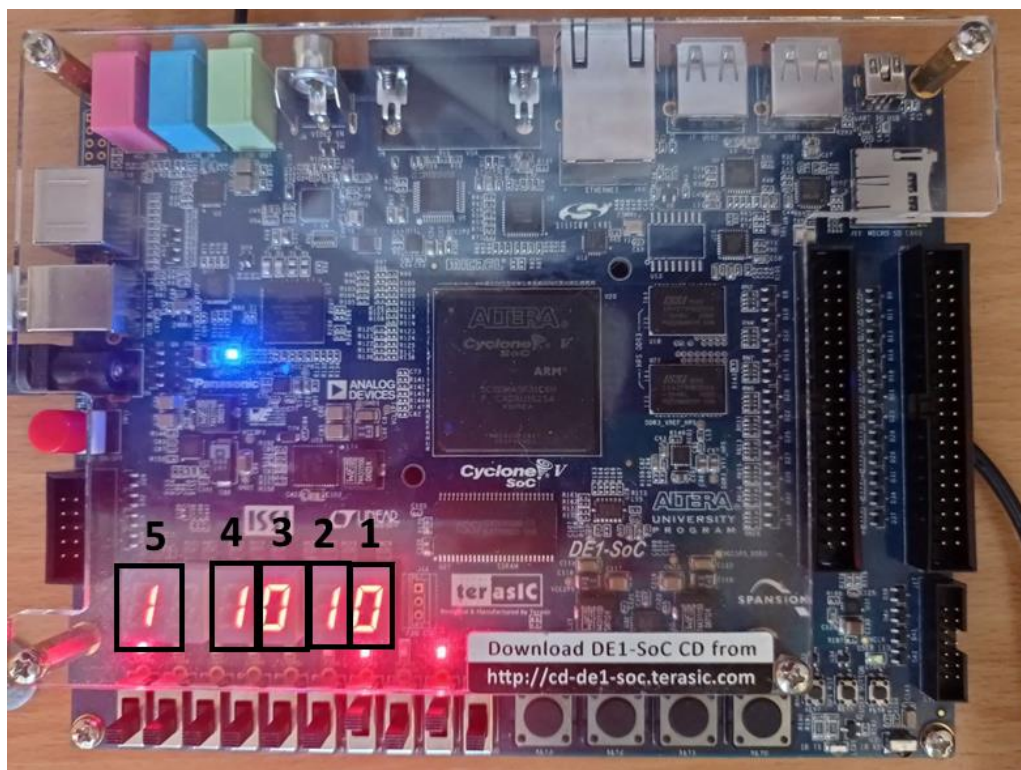


Рисунок 3.9 – Результат роботи програми, що завантажена на плату, де 1 – положення заслінки у першій кімнаті (причому, «1» - відкрита заслінка, «0» - закрыта), 2 – положення заслінки у другій кімнаті, 3 – положення заслінки у третій кімнаті, 4 – положення заслінки у четвертій кімнаті, 5 – ввімкнення системи вентиляції («1» - ввімкнена, «0» - вимкнена)

Змодельуємо спрацювання датчиків у всіх кімнатах. На рисунку 3.10 наведено рисунок, на якому видно що відбулось спрацювання системи вентиляції та відкрились заслінки в усіх кімнатах.

Для перевірки працездатності системи, змодельуємо ще декілька станів. Підвищимо рівень вуглекислого газу у першій, другій та третій кімнаті і побачимо, що спрацювала система вентиляції та відкрилися заслінки у цих кімнатах (рис. 3.11, а). Тепер збільшимо рівень у першій та другій кімнаті, відповідно відкрилися заслінки та увімкнулася система вентиляції (рис. 3.11, б).

										Арк.
										53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Для закріплення тестування підвищимо рівень вуглекислого газу у першій кімнаті. Спрацювала заслінка та ввімкнулася система вентиляції, як показано на рисунку 3.11, в.

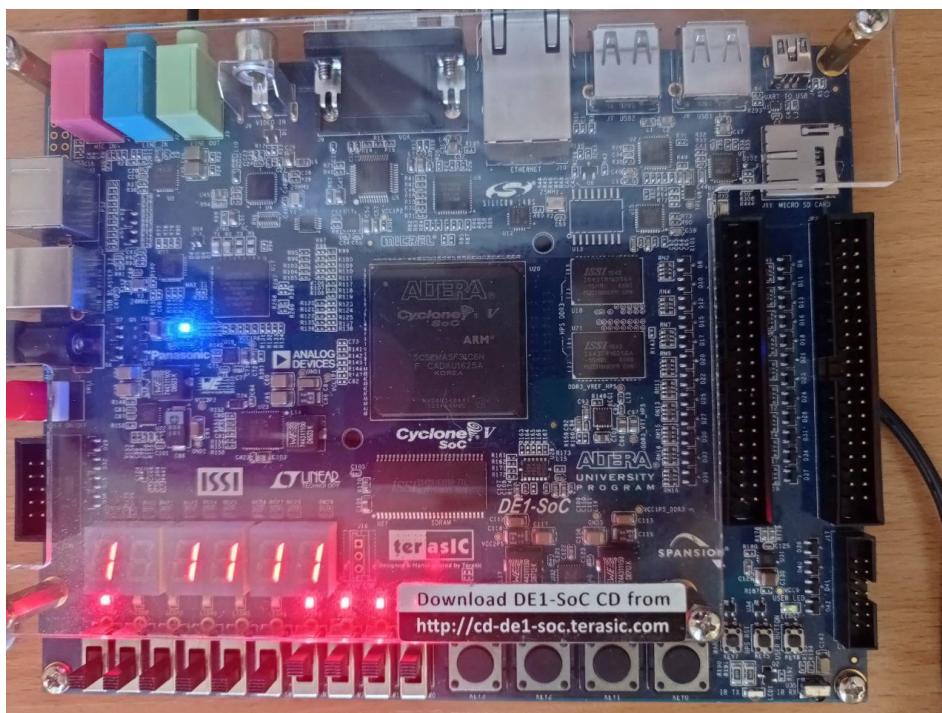
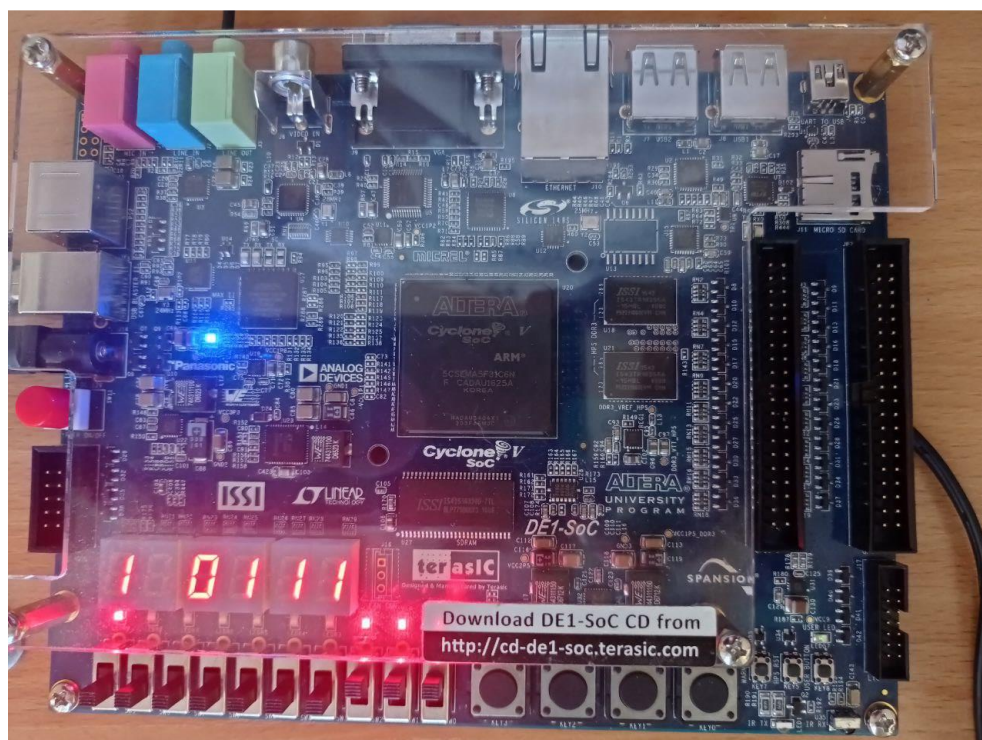
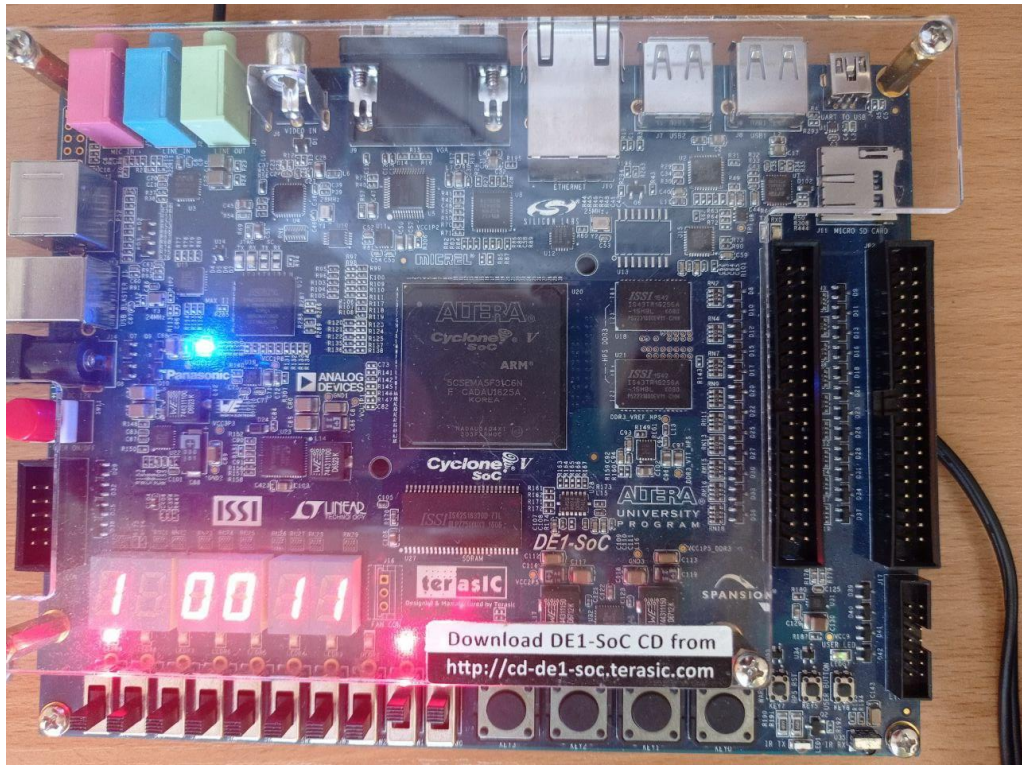


Рисунок 3.10 – Спрацювання усіх заслінок та системи вентиляції

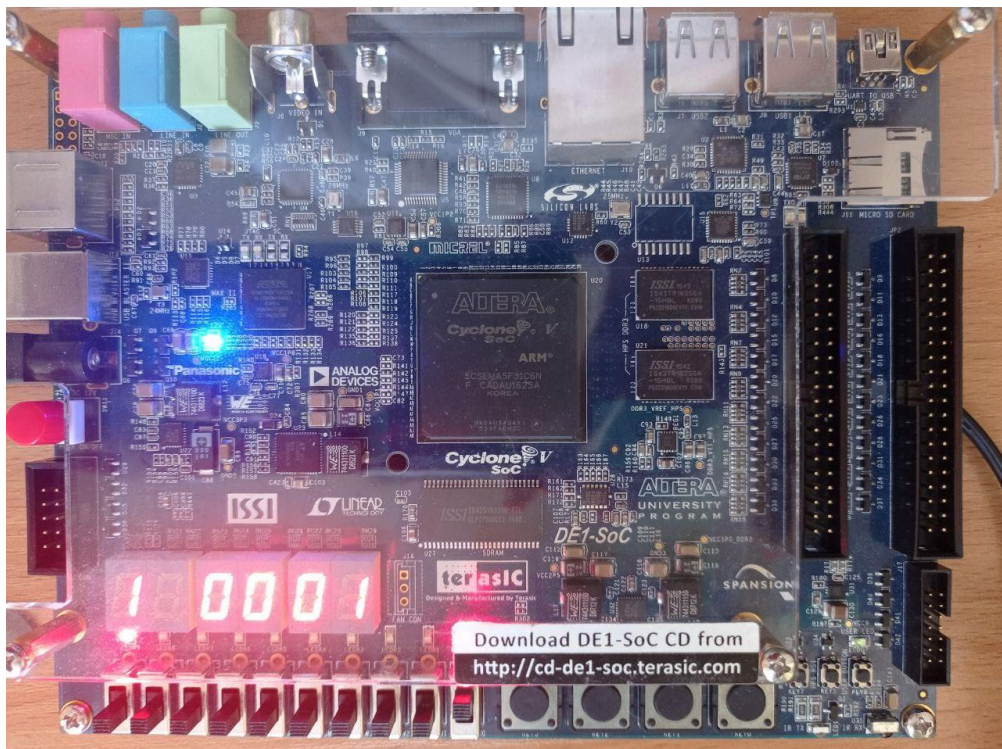


a)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



б)



в)

Рисунок 3.11 – Моделювання декількох можливих станів системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.3 Висновки

В третьому розділі була проведена програмно-апаратна реалізація кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні. Було створено апаратну модель програмного забезпечення, яка включає в себе вибраний датчик вуглекислого газу, мікроконтролер та реле. Крім того, для програмування системи використано мову VHDL.

У реалізації було враховано вимоги ДСТУ щодо створення комфортних умов мікроклімату. Також, система здатна вимірювати рівень вуглекислого газу у приміщенні.

Апаратна модель була описана і реалізована на базі плати ALTERA Cyclone V 5CSEMA5F, яка забезпечує гнучкість та можливості програмуваності.

У результаті виконання даного розділу було створено програмно-апаратний засіб, який може бути використаний для моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні з урахуванням вимог ДСТУ та здатністю вимірювати рівень вуглекислого газу. Дана система є важливим кроком у забезпеченні здорового та комфортного середовища для проживання та праці.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи було розробити та впровадити кіберфізичну систему моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні.

У першому розділі кваліфікаційної роботи було детально розглянуто проблему забруднення повітря і його вплив на здоров'я людей. Проведений аналіз літературних джерел дозволив з'ясувати, що низька якість повітря є серйозною проблемою, яка має негативний вплив на людське здоров'я та навколишнє середовище.

Було досліджено основні джерела забруднення повітря, зокрема викиди промислових підприємств, транспортних засобів та побутових джерел. Було встановлено, що ці джерела випускають у повітря шкідливі речовини, такі як вуглекислий газ (CO₂) хімічні сполуки та інші забруднюючі речовини. Ці речовини можуть мати шкідливий вплив на організм людини, спричиняючи різноманітні захворювання дихальної системи, серцево-судинної системи та інші захворювання.

Також було розглянуто показники якості повітря, зокрема вміст вуглекислого газу (CO₂). Вуглекислий газ є основним показником вмісту CO₂ в повітрі і є одним із головних газових забрудників.

Було проаналізовано та порівняно переваги та недоліки декількох систем моніторингу рівня забруднення повітря в приміщеннях, зокрема: Awaair, PurpleAir, Netatmo Healthy Home Coach, Foobot, та визначено їх ефективність у вирішенні проблем з якістю повітря.

Для досягнення мети були поставлені та виконані наступні задачі:

- дослідити існуючі технічні рішення, виявити їх переваги та недоліки;
- розробити алгоритм функціонування кіберфізичної системи моніторингу рівня забруднення у приміщенні;
- розробити програмно-апаратну реалізацію кіберфізичної системи моніторингу рівня забруднення у приміщенні;
- провести її тестування та зробити відповідні висновки.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

У другому розділі кваліфікаційної роботи було проведено детальне дослідження та аналіз різних аспектів кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні. Було розглянуто класифікацію та порівняння різних типів датчиків, їх призначення та область використання. Також було розроблено структурну схему системи та описано принципи її дії.

Аналіз різних типів датчиків дав змогу визначити їх переваги та недоліки, а також встановити їхню відповідність конкретним вимогам моніторингу забрудненості повітря. При розробці структурної схеми було враховано взаємозв'язок між датчиками, системою вентиляції та системою управління. Це дозволяє системі ефективно реагувати на зміни рівня забрудненості повітря та забезпечувати оптимальні умови для користувачів приміщення.

В третьому розділі була проведена програмно-апаратна реалізація кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні. Було створено апаратну модель програмного забезпечення, яка включає в себе вибраний датчик вуглекислого газу, мікроконтролер та реле. Крім того, для програмування системи використано мову VHDL.

У реалізації даної системи були враховані вимоги ДСТУ щодо створення комфортних умов мікроклімату в приміщенні. Це означає, що система спроектована таким чином, щоб забезпечити оптимальну температуру, вологість та рівень CO₂ для забезпечення здорового та комфортного середовища для проживання або праці.

Апаратна модель системи була описана і реалізована на базі плати ALTERA Cyclone V 5CSEMA5F, що володіє гнучкістю та можливостями програмуваності. Ця плата дозволяє легко налаштовувати і контролювати роботу системи, а також забезпечує високу надійність та швидкодію обробки даних.

Створений програмно-апаратний засіб може бути використаний для моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні, враховуючи вимоги ДСТУ та здатність вимірювати рівень вуглекислого газу. Ця система є важливим кроком у забезпеченні здорового та комфортного середовища для проживання та

праці, оскільки вона дозволяє автоматично контролювати рівень CO₂ та активувати систему вентиляції при потребі.

Застосування такої системи моніторингу забрудненості повітря у приміщенні є важливим з погляду здоров'я і благополуччя людей. Вона сприяє створенню комфортних умов проживання та праці, а також допомагає підвищити свідомість громадськості щодо важливості збереження природного середовища та зменшення забруднення повітря.

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 42.28-2:1999. Санітарні норми мікроклімату. [Чинний від 1999-01-01]. Вид. офіц. Київ, 1999. 32 с. (Інформація та документація).
2. Жук Ю.В., Кучерявенко О.С. Кіберфізичні системи: огляд, принципи та виклики. 15-те вид. Харків, 2018.
3. Кіберфізична система. URL: <https://www.wik.uk-ua.nina.az/%D0%9A%D1%96%D0%B1%D0%B5%D1%80%D1%84%D1%96%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0.html> (дата звернення: 13.05.2023).
4. What are cyber-physical systems? URL: <https://www.rmit.edu.au/news/c4de/what-are-cyber-physical-systems#:~:text=Cyber%2Dphysical%20systems%20generally%20combine,communication%2C%20control%20or%20computing3> (дата звернення: 16.05.2023).
5. Air flow monitors. URL: https://www.spluss.de/en/air-quality-and-flow/?gclid=CjwKCAjw-IWkBhBTEiwA2exyO_KC5GLg2vIDTmsqlZFOd9Jma-FQHcGINTZVucsMMcTdvuwFRhCjOhoCH9QQAyD_BwE (дата звернення: 16.05.2023).
6. Мельник А. О. Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування. Київ : Магнолія 2006, 2020. 238 с.
7. Cyber-physical systems for environmental monitoring. URL: <https://ts2.space/en/the-potential-of-cyber-physical-systems-for-environmental-monitoring-and-management/> (дата звернення: 18.05.2023).
8. Cyber-physical system for real time urban air quality monitoring. URL: https://www.researchgate.net/publication/345718173_MegaSense_Cyber-Physical_System_for_Real-time_Urban_Air_Quality_Monitoring (дата звернення: 23.05.2023).
9. Gerlach G., Oelbner W. Carbon Dioxide Sensing: Fundamentals, Principles, and Applications. 6th ed. Los Angeles, 2019. 422 p.
10. Ambient air monitoring. URL: <https://www.ortelium.com/modules?gclid=CjwKCAjw->

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

20. Cyber-Physical Systems / C. Brecher et al. Taylor & Francis Group, 2020. 570 p.
21. Suryn W. Software quality engineering. A practitioner's approach / Suryn W. Publisher: Wiley-IEEE Computer Society Pr, 2014. 208 p.
22. Гнатчук Є.Р., Кустовський Р.С. Кіберфізична система діагностування стану здоров'я. *АПКН-2021* : тези доповіді конференції, ХНУ. 2021.
23. Мельник А. О. Кіберфізичні системи: багаторівнева організація та проектування. Київ : Магнолія 2006, 2020. 238 с.
24. Gummadi R. Methodology for structured VHDL model development : thesis. 1995. URL: <http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-03172010-020739/> (date of access: 02.06.2023).
25. Yick J., Biswanath M., Dipak, G. Wireless sensor network survey: *Comput. Netw*, 2018, 52, 2292–2330. Системи моніторингу якості повітря. URL: <http://chemengine.kpi.ua/article/view/254161> (дата звернення: 04.06.2023).
26. Martinez B., Monton M., Vilajosana I., and Prades J. D. The Power of Models. *Modeling Power Consumption for IoT Devices*. vol. 15, no. 10, pp. 5777–5789, Oct 2015.
27. Martseniuk V.P. Pro model kiber-fizychnoi systemy z atakamy stanu ta vymiriuvan na osnovi stokhastychnykh riznytsevykhrivnian. *Zakhyst informatsii*, 2019, Tom 21. № 1. С. 5–12.
28. IEEE, Standard VHDL Language Reference Manual. Standard 1076-1993, New York, NY: IEEE, 1993.
29. Horvath I., Gerritsen B.H.M. Cyber-Physical Systems. *Concepts, technologies and implementation principles, Proceedings of TMCE 2012* / Eds. by I. Horvath, Z. Rusak, A. Albers, M. Behrendt, 2012. P. 19-36.
30. Jianjun S. et al. The analysis of traffic control Cyber-physical systems. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2013. T. 96, С. 2487-2496
31. Meitus V. Yu., Morozova H. I, Taran L. Yu., Kozlova V. P., Maidaniuk N. V. Kiberfizychni systemy zh osnova intelektualizatsii "Rozumnykh" pidpriumstv. *Upravlyayuschie sistemyi i mashinyi*, 2019, №4, S.14-26.

					КВРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

32. ПЛМ ПЛС. Курс лекцій. URL: <http://www.studfiles.ua/preview/5863387/> (дата звернення: 15.05.2023).
33. DE1-SoC: Мануал користувача. URL: https://courses.cs.washington.edu/courses/cse467/15wi/docs/DE1_SoC_User_Manual.pdf (дата звернення 09.05.2021).
34. Romankevich, A.M., Romankevich, V.A. Diagnosis of multiprocessor systems under failure of more than half processors. *Autom Remote Control*, 2017, № 78. С. 1614–1618.
35. What is Cyber Physical System? URL: <https://matics.live/glossary/cyber-physical-system/> (дата звернення: 01.06.2023).
36. Donath U., Schwarz P. VHDL – Teil 2: Anwendungsaspekte (VHDL – Part 2: Application Aspects). *Automatisierungstechnik*, 2002, Vol. 50, no. 10/2002. URL: <https://doi.org/10.1524/auto.2002.50.10.a25> (date of access: 01.06.2023).
37. Hildebrandt P. W. Air Pollution Monitoring. *HortScience*, 1970, Vol. 5, no. 4. P. 243–244. URL: <https://doi.org/10.21273/hortsci.5.4.243> (date of access: 01.06.2023).
38. Shi L. Analysis and design of secure cyber-physical systems. *Control Theory and Technology*. 2014. Vol. 12, no. 4. P. 413–414. URL: <https://doi.org/10.1007/s11768-014-4187-7> (date of access: 01.06.2023).
39. Belabbas M. A., Chen X. Optimal sensor design for secure cyber-physical systems. *IFAC-PapersOnLine*, 2019, Vol. 52, no. 20. P. 387–390. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.186> (date of access: 01.06.2023).
40. Applied Cyber-Physical Systems / S. C. Suh et al. Springer London, Limited, 2013. 253 p.
41. Cyber-physical systems: A secure perspective. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7138763> (дата звернення 01.06.2023).

					КьРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Додаток А
Програмний код

```
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
entity kost is
    port (
        Room1_CO: in std_logic;
        Room2_CO: in std_logic;
        Room3_CO: in std_logic;
        Room4_CO: in std_logic;

        Ventilation_All: out std_logic;

        Flap_Room1: out std_logic;
        Flap_Room2: out std_logic;
        Flap_Room3: out std_logic;
        Flap_Room4: out std_logic;
        v: out BIT_vector (0 to 6);
        w: out BIT_vector (0 to 6);
        t: out BIT_vector (0 to 6);
        g: out BIT_vector (0 to 6);
        n: out BIT_vector (0 to 6)
    );
end entity kost;

architecture behavior of kost is
begin
    process (Room1_CO)
begin
```

					КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

if (Room1_CO = '1' or Room2_CO = '1' or Room3_CO = '1' or Room4_CO = '1') then

Ventilation_All<= '1';

else

Ventilation_All<= '0';

end if;

if Room1_CO = '1' then

Flap_Room1<='1';

else

Flap_Room1<='0';

end if;

if Room2_CO = '1' then

Flap_Room2<='1';

else

Flap_Room2<='0';

end if;

if Room3_CO = '1' then

Flap_Room3<='1';

else

Flap_Room3<='0';

end if;

if Room4_CO = '1' then

Flap_Room4<='1';

					КВРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

else
    Flap_Room4<='0';
end if;

if Room1_CO = '1' then v <="1001111";
    else v<="0000001";
    end if;

if Room2_CO = '1' then w <="1001111"

else w<="0000001";
end if;

if Room3_CO = '1' then t <="1001111";

else t<="0000001";
end if;

if Room4_CO = '1' then g <="1001111";

else g<="0000001";
end if;

if (Room1_CO = '1' or Room2_CO = '1' or Room3_CO = '1'
or Room4_CO = '1') then n <="1001111";
    else n<="0000001";

end if;

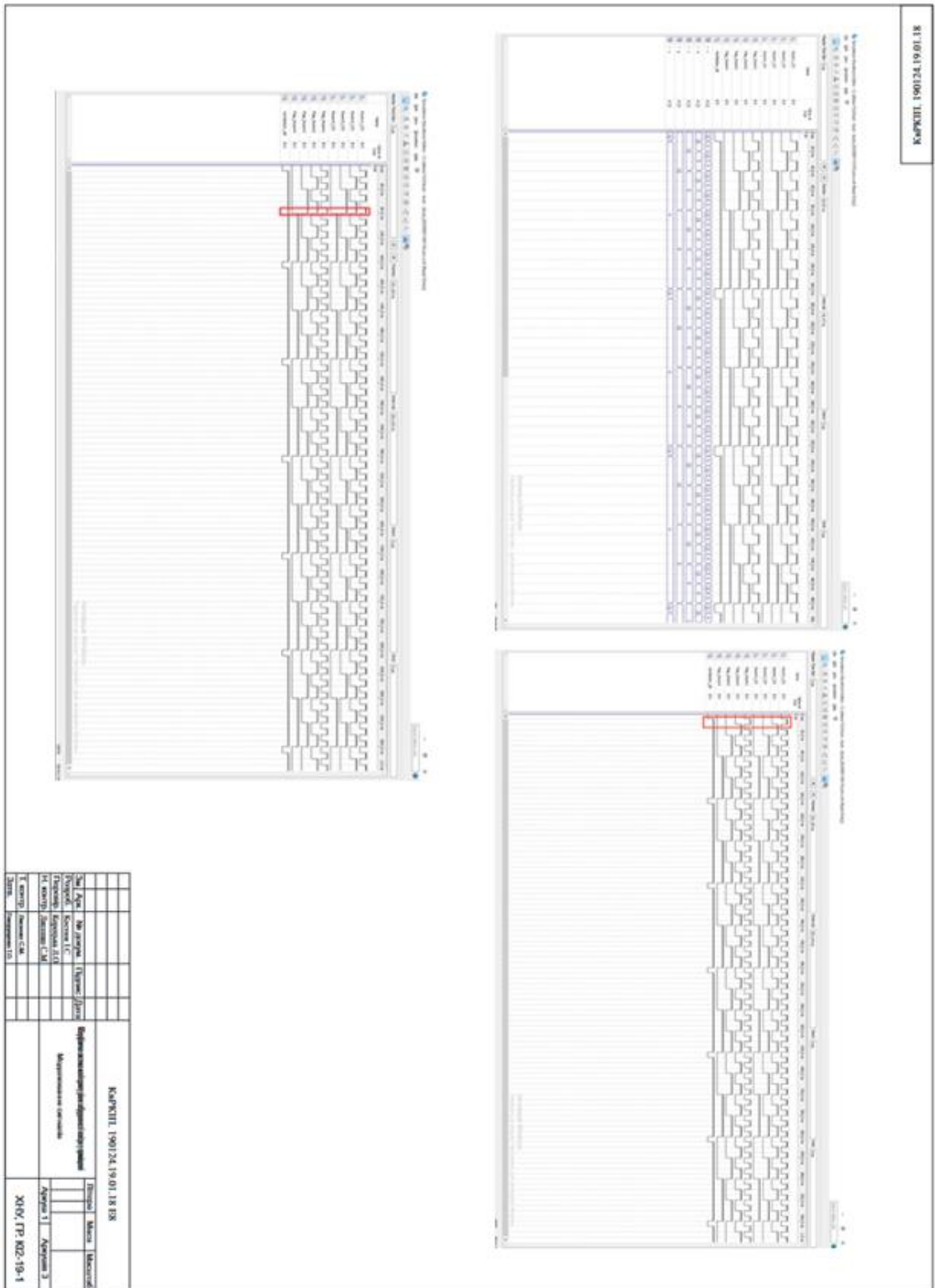
end process;
end architecture behavior;

```

					КВРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Додаток Б

Копія креслення «Моделювання сигналів»



КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ	Відомості про документ			Дата	Місяць	Квартал	Лист
Модельовані сигнали				Архив 1	Архив 2	Архив 3	Архив 4
№ документа	Код документа	Назва документа	Дата документа	№ архиву	Назва архиву	Дата архиву	№ документа в архиві

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

КвРКІ. 190124.19.01.18 ПЗ

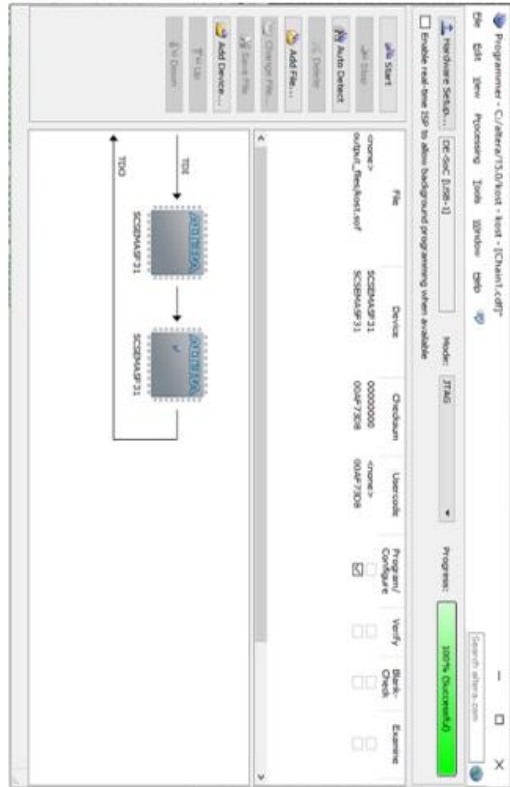
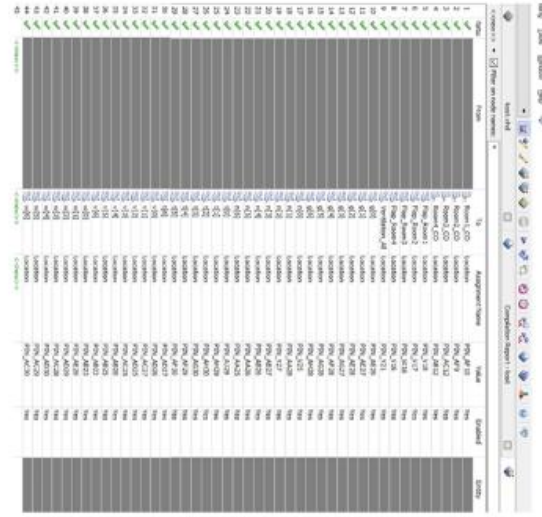
Арк.

67

Додаток Г

Копія креслення «Завантаження коду на плату»

КвРКП.190124.19.01.18



№ докум.	КвРКП.190124.19.01.18.Е38	Вид	Меню	Масштаб
Категорія	Інформаційно-технологічні системи	Статус	Активна	Датум 1
Тема	Завантаження коду на плату	Датум 2	Датум 3	
Зам.	Інженер Т.О.	ХНУ, ГР. КР-19-1		

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Костюк Ігор Сергійович

Тема: Кіберфізична система моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні на мові VHDL.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню.
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі кваліфікаційної роботи було детально розглянуто проблему забруднення повітря і його вплив на здоров'я людей. Проведений аналіз літературних джерел дозволив з'ясувати, що низька якість повітря є серйозною проблемою, яка має негативний вплив на людське здоров'я та навколишнє середовище. У другому розділі кваліфікаційної роботи було проведено детальне дослідження та аналіз різних аспектів кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні. Було розглянуто класифікацію та порівняння різних типів датчиків, їх призначення та область використання. Також було розроблено структурну схему системи та описано принципи її дії. В третьому розділі була проведена програмно-апаратна реалізація кіберфізичної системи моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні. Було створено апаратну модель програмного забезпечення, яка включає в себе вибраний датчик вуглекислого газу, мікроконтролер та реле. Крім того, для програмування системи використано мову VHDL.
4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага моделюванню схеми системи в середовищі Quartus II.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

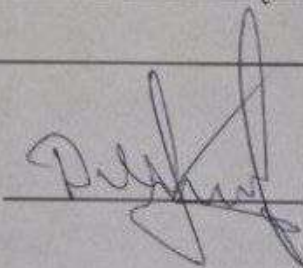
7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: немає

9. Оцінка дипломної роботи: 3,75 (добре/С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) Макаришин
Денис Анатолійович, доцент К.Т.Н кафедра
АКІТгаР

"08" 06 2023 р.

 (підпис)

РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ

КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Кіберфізична система моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні

Автор: Костюк Ігор Сергійович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Корецька Л.О., к.т.н., доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформлені посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано послідовності чотирьохрозрядних двійкових кодів, які є вхідними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатися як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 2.55% і адресується до 233 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КПС

Л. О. Корецька

С. М. Лисенко

Т. О. Говорушенко

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 1.0%

Словники перевірки: en_US, ru_RU, ua_UA. Помилки в документах: 7%

ID: 115099 Назва: БКР Кіберфізична система моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні Додано в БД: 2023-06-07 Автора: І. С. Костюк Керівники: Л.О. Корецька Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	73461	581	2311 (3%)	37 (6%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

Ім'я користувача:
Кафедра КІ

ID перевірки:
1015487245

Дата перевірки:
07.06.2023 17:21:07 EEST

Тип перевірки:
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:
07.06.2023 17:21:33 EEST

ID користувача:
100005591

Назва документа: Костюк_Кіберфізична система моніторингу рівня забрудненості повітря у приміщенні

Кількість сторінок: 64 Кількість слів: 10571 Кількість символів: 84202 Розмір файлу: 4.03 MB ID файлу: 1015144280

2.55% Схожість

Найбільша схожість: 0.91% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1008433323)

2.26% Джерела з Інтернету 128 Сторінка 66

2.07% Джерела з Бібліотеки 105 Сторінка 67

0% Цитат

Цитати 1 Сторінка 68

Посилання 1 Сторінка 68

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Завідувачу кафедри КІСП
д-ру техн.наук, проф. Говорушенко Т. О.

Костюка І.С.

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-19-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

08.06.2023

дата



підпис