

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою  
«Розумний будинок»  
Назва теми

КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконав: студент IV курсу, група KI2-19-2 СВ Козлюк С.В.  
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник [Підпис] К.Ю. Бобровнікова  
Підпис, дата Ініціали, прізвище

Нормоконтролер [Підпис] С.М. Лисенко  
Підпис, дата Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем [Підпис] Т.О. Говоруценко  
Підпис Ініціали, прізвище

« 6 » 06 2023 р.

Хмельницький 2023

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 2023 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Козлюку Сергію Володимировичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок»

Керівник проекту (роботи) Бобровнікова К.Ю., к.т.н., доцент

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

Затверджена наказом ректора університету від 01.03.2023 р. № 5

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2023 р.

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

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

Дослідження та аналіз предметної області

Дослідження та аналіз апаратних ресурсів та програмного забезпечення

Дослідження та програмно-апаратна реалізація підсистеми розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок»

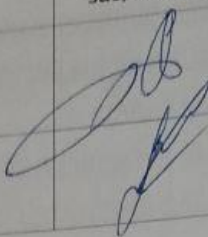
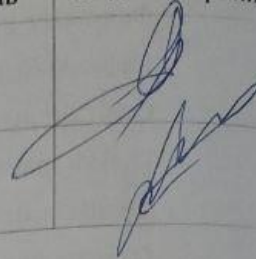
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Схема апаратних з'єднань

Схема електрична принципова

Блок-схема алгоритму роботи програми

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		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КПС		

7. Дата видачі завдання « 01 » 03 2023 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	20.02.2023	
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.03.2023	
3	Робота над розділом 1 – дослідження та аналіз предметної області	10.03.2023	
4	Робота над розділом 2 – дослідження та аналіз апаратних ресурсів та програмного забезпечення	20.04.2023	
5	Робота над розділом 3 – дослідження та програмно-апаратна реалізація підсистеми розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок»	30.04.2023	
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	20.05.2023	
7	Попередній захист ВКР	26.05.2023	
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2023 року	

Студент

Керівник проекту (роботи)

  
Підпис

С.В. Козлюк  
Ініціали, прізвище

К.Ю. Бобровнікова

Ініціали, прізвище

№	Ф	Позначення	Найменування	К	№	П
р	о			л	з	и
я	р			-		м
д	р			л		і
к	м			и		т
а	а			с		к
	т			т		а
				і		
				в		
			<u>Текстові документи</u>			
1		КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Пояснювальна записка	60		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КвРКІ 190219.06.04.41 Е8	Схеми апаратних з'єднань	1		
3		КвРКІ 190219.06.04.41 Е8	Схема електрична принципова	1		
4		КвРКІ 190219.06.04.41 Е8	Блок-схема алгоритму роботи програми	1		
КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ						
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Літера	Аркуш
Розробив		Козлов С.В.	<i>С.В. Козлов</i>		Н	1
Перевір.		Горюхов Е.Ю.	<i>Е.Ю. Горюхов</i>			1
Н.контр.		Лисенко С.М.	<i>С.М. Лисенко</i>		ХНУ, КІ2-19-2	
Затв.		Говоруненко	<i>Г.В. Говоруненко</i>	06.06		

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: Підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок»

Автор роботи: Козлюк Сергій Володимирович.

Керівник роботи: Бобровнікова Кіра Юліївна.

Пояснювальна записка: 60 с., 23 рис., 4 дод., 6 табл., 60 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.


КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, РОЗУМНИЙ БУДИНОК, РОЗПІЗНАВАННЯ РУХІВ, РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТІВ, ARDUINO, МІКРОСХЕМА, ДАВАЧ.

Метою кваліфікаційної роботи є спрощення керування кіберфізичною системою «Розумний будинок» за допомогою підсистеми розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

Об'єктом дослідження є процес розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

Предметом дослідження є підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

Практична цінність роботи полягає в проєктуванні та реалізації підсистеми розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

  
Підпис студента

05.06.2023

Дата

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	6
1.1 Аналіз області розпізнавання рухів та жестів.....	6
1.2 Концепція розпізнавання рухів та жестів.....	8
1.3 Способи передачі даних між складовими кіберфізичної системи «розумний будинок».....	11
1.4 Порівняльний аналіз переваг та недоліків відомих систем розпізнавання жестів.....	16
1.5 Методологічні підходи до вирішення задачі розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «розумний будинок».....	19
1.6 Висновки.....	20
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ АПАРАТНИХ СКЛАДОВИХ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	21
2.1 Обґрунтування вибору апаратних складових.....	21
2.2 Середовище розроблення програмного забезпечення.....	37
2.3 Висновки.....	39
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ КІБЕРФІЗИЧНОЮ СИСТЕМОЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК».....	40
3.1 Встановлення апаратних з'єднань.....	40
3.2 Програмна реалізація для виявлення рухів руки.....	49
3.3 Висновок.....	56
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	59
Додаток А. Схема апаратних з'єднань.....	64
Додаток Б. Схема електрична принципова.....	65

КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ								
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Козлюк С.В.				н	2	60
Перевір.		Бобровникова К.Ю.						
Н.контр.		Лисенко С.М.						
Затвер.		Говорушенко Ю.		06.06				
Підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок»					ХНУ, КІ2-19-2			

Додаток В. Блок-схема алгоритму роботи програми.....	66
Додаток Г. Лістинг коду .....	67

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Розпізнавання жестів – це технологія введення даних жестами в реальному часі, що реалізується за допомогою давач руху. Жестами можуть вважатися будь-які рухи чи зміна становища тіла.

В ідеалі, розпізнавання жестів дозволить людині спілкуватися та взаємодіяти з машинами природно, без будь-яких механічних посередників. Використовуючи давачі, які виявляють рух тіла, технологія розпізнавання жестів дозволяє керувати такими пристроями, як телевізори, комп'ютери та відеоігри, в першу чергу за допомогою руху руки або пальця. За допомогою цієї технології можна перемикати телевізійні канали, регулювати гучність і так далі.

Розпізнавання жестів дозволяє пристроям бути більш доступними для людей з обмеженими фізичними можливостями та робить взаємодію більш природною в іграх або віртуальному світі 3D.

Системи, які можуть розпізнавати жести, покладаються на алгоритми. Розрізняють два різні алгоритмічні підходи у розпізнаванні жестів: на основі 3D і на основі зовнішнього вигляду.

Найпопулярніший метод використовує 3D-інформацію від основних частин тіла з метою отримання кількох важливих параметрів, наприклад таких як положення долоні. На відміну від цього системи на основі зовнішнього вигляду використовують для розпізнавання зображення або відео.

Крім технічних проблем реалізації технології розпізнавання жестів існують також соціальні проблеми. Жести мають бути простими, інтуїтивними та універсально прийнятними. Крім того, вхідні системи повинні мати можливість розрізняти нюанси в рухах.

Метою кваліфікаційної роботи є спрощення керування кіберфізичною системою «Розумний будинок» за допомогою підсистеми розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

Об'єктом дослідження є процес розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Предметом дослідження є підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

Практична цінність роботи полягає в реалізації підсистеми розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

# 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Аналіз області розпізнавання рухів та жестів

Розпізнавання рухів людини на основі зору – це системний підхід до розуміння й аналізу рухів людини у вмісті, знятому камерою. Він складається з таких областей, як біомеханіка, машинний зір, обробка зображень, штучний інтелект і розпізнавання образів. Це складна міждисциплінарна галузь із застосуванням величезної соціальної, комерційної та освітньої вигоди. Широкий спектр застосувань вимагає розпізнавання руху людини. Програми включають спорт, медичний моніторинг, зберігання та пошук відео на основі вмісту, інтерфейс людина-машина, відеоконференції, мистецтво та розваги та робототехніку. Розглянемо деякі програми, щоб підкреслити потенційний вплив розпізнавання рухів людини

*Інтелектуальний моніторинг.* У сучасних системах моніторингу відеоконтент безперервно відтворюється за допомогою штучної обробки інформації. З поширенням камер неможливо стежити за всім цілодобово. Як правило, контент переглядається після невдачі аналізу інциденту. Таким чином, служби безпеки мають великий попит на інтелектуальні системи спостереження. Розумні системи спостереження можуть аналізувати події в Інтернеті та надавати відповідні повідомлення за допомогою комп'ютеризованого аналізу руху та поведінки. Інтелектуальний моніторинг потрібен для контролю доступу, дистанційної ідентифікації персоналу, статистики персоналу та аналізу завантаженості в спеціальних зонах, таких як військові зони, виявлення ненормальної поведінки в торгових центрах, на залізничних вокзалах, лікарнях, державних будівлях, комерційних місцях і школах. Сьогодні концепція розумного дому привертає увагу спільноти комп'ютерного зору для покращення якості життя мешканців.

*Біометрична поведінка.* Сьогодні в якості біометричного показника прийнято використовувати модель ходи людини. Основний фактор полягає в

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

тому, що, на відміну від інших біометричних даних, розпізнавання ходи не потребує взаємодії з суб'єктом.

Розпізнавання рухів і поз людини має важливе значення для створення більш плавної природної взаємодії з комп'ютерами та іншими електронними пристроями. Це має багатообіцяюче застосування в таких сферах, як ігри, переклад мови жестів, дистанційне керування тощо.

*Робототехніка.* Для керування людиноподібними роботами аналіз рухів людини має вирішальне значення, оскільки дозволяє роботам імітувати рухи людини у віртуальному та доповненому середовищі.

Розпізнавання рухів людини використовується в медицині для дослідження та вивчення ортопедії, неврології, проблем опорно-рухового апарату, постави та фітнесу. Це також корисно для створення розумних допоміжних засобів для людей з обмеженими можливостями та людей похилого віку.

*Спорт і фізичні вправи.* Виявлення руху корисно в спорті для оцінки спортивних рухів і створення зручних і ефективних алгоритмів тренувань. У віддалених місцях або за допомогою професіонала розроблено середовище для реабілітаційних заходів із системою зворотного зв'язку. Було запропоновано механізм відстеження фізичної активності людей похилого віку. Ці системи, безсумнівно, будуть корисними для людей похилого віку та пацієнтів.

*Мистецтво та розваги.* Розпізнавання рухів можна використовувати для аналізу, вивчення та вдосконалення танцювальних кроків у таких стилях, як сальса та бхаратнатьям.

Багато додатків по-різному представляють і розпізнають рухи людини. Оскільки "аналіз рухів людини" – досить широке поняття, програма сама вибирає, скільки частин тіла і як довго має тривати кожен рух. На відміну від складних видів діяльності або додатків, таких як спорт і танці, взаємодія між людиною і комп'ютером часто відбувається виключно за допомогою жестів рук.

Рухи людини концептуально поділяються на жести, дії, активності, взаємодії та групові дії залежно від їхньої складності. Три методи репрезентації – це модель зображення, тривимірна кінематична або паличкова фігура та

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

двовимірною кінематичною або паличковою фігурою. Людина представлена такими характеристиками, як кількість суглобів, їхні ступені свободи, довжина кінцівок тощо в ініціалізації людини за допомогою кінематичного методу. На відміну від цього, в моделі зображення людина представлена як саме зображення, а доповнення витягуються у вигляді форми або області і зберігаються. Виходячи з представлення, розпізнавання можна описати як серію рухів. Основні дії використовують одношарову послідовну або просторову стратегію. Для складних дій необхідні багатшарові стратегії. Незважаючи на те, що аналіз людських рухів і комп'ютерний зір значно просунулися вперед, вони все ще далекі від того, щоб стати стандартним обладнанням. Важливо мати справу з такими проблемами, як оклюзія, тіні, блискавки та внутрішньокласові варіації.

## 1.2 Концепція розпізнавання рухів та жестів

Жести користувача розпізнаються системою за допомогою процесу, який називається розпізнаванням жестів. У процесі розпізнавання одночасно враховується статичне положення (поза) та імпульсивні жести. Для цілей розпізнавання облич, розшифровки поведінки людини та розпізнавання жестів останнім часом було проведено значну кількість досліджень у галузі комп'ютерного зору. Три найпоширеніші точки зору на інтерактивні системи розпізнавання – це виявлення, відстеження та розпізнавання. Першим етапом роботи систем розпізнавання рухів є виявлення рук і сегментація відповідних областей зображення. Перед відстеженням і розпізнаванням сегментація важлива, оскільки вона витягує відповідну інформацію з фонового зображення.

*Етап збору даних або зображення жестів.* Система розпізнавання жестів починається з камери, спрямованої на певну тривимірну зону в автомобілі, знімаючи кадр за кадром положення рук і рухи. Система освітлює територію за допомогою інфрачервоних світлодіодів або лазерів для отримання чіткого зображення, навіть якщо природного світла недостатньо. Це етап збору вхідних даних, на якому записуються та класифікуються жести рук, тіла чи обличчя. Камера передає дані зображення в поєднанні з даними з пристрою вимірювання

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

глибини (часто інфрачервоного давача) на комп'ютер, щоб зафіксувати динамічний жест у трьох вимірах.

*Етап попередньої обробки зображення жестів.* На цьому етапі використовуються такі методи, як виявлення країв, фільтрація та нормалізація, щоб зафіксувати основні характеристики жестів. Він адаптує жест введення до моделі, що використовується для розпізнавання жестів. Програмне забезпечення для розпізнавання жестів порівнює отримані дані зображення з бібліотекою жестів, щоб знайти збіг.

*Етап відстеження зображення.* Відстеження зображення слідує за попередньою обробкою зображення жестів, де давачі фіксують орієнтацію, а також положення об'єкта, який виконує жести. Програмне забезпечення зіставляє розпізнаний жест із відповідною командою. Це може бути досягнуто за допомогою одного або кількох трекерів, таких як магнітний, оптичний, акустичний, інерційний або механічний.

*Етап розпізнавання.* Нарешті, але не менш важливий, настає етап розпізнавання, який часто вважається завершальним етапом управління жестами в системах VR. Після успішного виділення ознак після відстеження зображення, комп'ютер або підтверджує команду, бажану користувачем, або просто виконує команду, пов'язану з цим конкретним жестом де ідентифіковані особливості жесту зберігаються в системі за допомогою складних нейронних мереж або дерев рішень, оголошується команда або значення жесту. Жест офіційно розпізнається, і класифікатор може приєднати кожен вхід тестового руху до свого класу жестів.

При побудові системи розпізнавання жестів необхідна якісна камера з достатньою світлочутливістю і роздільною здатністю матриці, а часто таких камер потрібно кілька. Вам також знадобиться високопродуктивна система для обробки потокового HD-відео. Все це може суттєво вплинути на кінцеву вартість обладнання та уникнути масового виробництва та масового впровадження таких систем. Побудова ефективної системи розпізнавання вимагає впровадження алгоритмів машинного зору, обробки та оптимізації потоку інформації.

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, технології динамічного та статичного розпізнавання жестів ще не досягли достатнього рівня з точки зору якості розпізнавання, швидкості та поєднання необхідних обчислювальних і апаратних ресурсів. Сьогодні актуальним завданням є розробка та вдосконалення алгоритмів і методів розпізнавання жестів, які можна інтегрувати в ефективні системи взаємодії людини з комп'ютером.

Першим кроком у будь-якій системі розпізнавання є збір даних (оскільки дані можуть використовуватися для інформації про колір), тому рекомендується комп'ютерне бачення.

Комп'ютерне бачення – це використання комп'ютерних інструментів для автоматичного захоплення й обробки зображень нерухомих і рухомих об'єктів. Як правило, система комп'ютерного бачення складається з фото або відеокамери та комп'ютера, на якому запуснені програми обробки та аналізу зображень. Якщо програмне забезпечення для обробки зображень розташоване безпосередньо в камері, таку камеру називають «розумною камерою». Програмне забезпечення також може працювати на віддаленому комп'ютері чи комп'ютері або в хмарі за моделлю SaaS (програмне забезпечення як послуга).

Існує безліч алгоритмів для розпізнавання жестів, наприклад, локалізація жестів, яка витягує пікселі відтінку шкіри із зображення. Інформацію про відтінок шкіри можна отримати за кольором обличчя. Результати дослідження були незадовільними, оскільки всі тестові дані мали тон, який можна порівняти з тоном шкіри. Класифікатори для долоні, зап'ястя, кисті тощо також включені в стандартні каскади Хаара, однак вони працюють значно гірше, ніж відповідний класифікатор для обличчя. Слід пам'ятати, що каскади Хаара надзвичайно чутливі до кута огляду зображення і не можуть бути використані для класифікації частин тіла у всіх положеннях. Слід зазначити, що існує безліч методів оцінки рухів на зображенні, а жестова мова – це, по суті, рух.

Результати використання методу кольорової гістограми. Існує декілька підмножин кольорів, що не перетинаються, які складають весь набір і покривають все зображення. Створюється гістограма зображення, яка відображає відсоток

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

кожної підмножини кольорів у колірній гамі зображення. Для їх порівняння вводиться поняття відстані між гистограмами.

Яскравість кожного кольору використовується для обчислення інтенсивності кожного кольору при розділенні відтінків RGB. Результат, який охоплює діапазон від 0 до 255, вписується в один з 16 діапазонів, кожен з яких має діапазон потенційних значень.

Для визначення відстані між гистограмами додаються диференціальні модулі відповідних елементів гистограми. Цей підхід можна вдосконалити, обчислюючи відстань за допомогою елементарного порівняння гистограм, яке враховує сусідні елементи. Для чорно-білих фотографій ця методика працює добре.

Система комп'ютерного зору включає такі компоненти, як освітлення об'єктів (не завжди потрібне) і оптика (лінзи та об'єктиви), сенсорна матриця для проєкції зображення та система обробки зображень, отримана з матриці.

При необхідності, наприклад у приміщенні, де світло можна контролювати, частина об'єкта, що перевіряється, може бути освітлена так, щоб камера бачила необхідні параметри об'єкта.

Оптична система проєктує отримане зображення на матрицю давача у видимій або невидимій для людського ока спектральній формі. Матриця давача камери перетворює зображення в цифрове зображення, яке потім надсилається на процесор для аналізу. У більшості випадків системи комп'ютерного бачення розраховані на роботу при природному освітленні. Крім того, системи комп'ютерного бачення можуть працювати в областях, невидимих для людського ока.

### 1.3 Способи передачі даних між складовими кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Кіберфізична система «Розумний будинок» зазвичай містить різні складові, такі як давачі, контролери, пристрої зв'язку, мережі тощо. Для передачі даних між

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

цими складовими можна використовувати різні способи залежно від вимог до швидкості, надійності та інші фактори.

Існує кілька способів передачі даних між складовими кіберфізичної системи «Розумний будинок». Основні з них:

1. Бездротові мережі (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Z-Wave і т.д.): вони забезпечують безпроводний обмін даними між різними пристроями, що підключені до мережі.

2. Кабельні з'єднання: використовуються для передачі даних між пристроями, що підключені за допомогою кабелів, наприклад, Ethernet, USB і т.д..

3. Локальні мережі (LAN): використовуються для з'єднання різних пристроїв, що підключені до одного маршрутизатора або комутатора..

Схема роботи автоматизованої системи «Розумний будинок» зображена на рисунку 1.1.

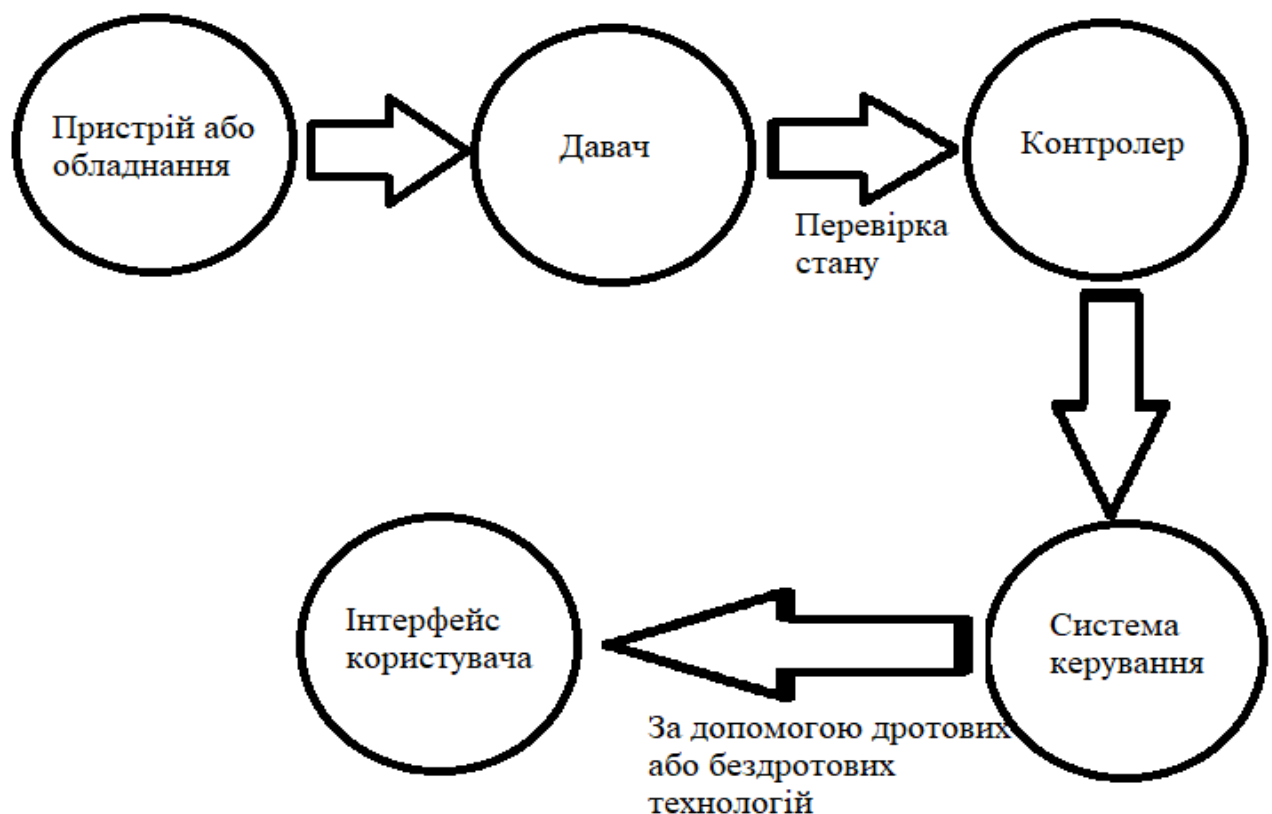


Рисунок 1.1 – Схема передачі даних між складовими кіберфізичної системи «Розумний будинок»

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

У кіберфізичній системі «Розумний будинок» можуть використовуватись різні типи бездротового зв'язку для передачі даних між різними пристроями і системами в будинку. Деякі з найбільш поширених типів бездротового зв'язку включають:

1. Wi-Fi – це стандартний протокол бездротового зв'язку, який використовується для з'єднання різних пристроїв з Інтернетом через маршрутизатор. У кіберфізичній системі «Розумний будинок» Wi-Fi може використовуватись для з'єднання комп'ютерів, телефонів, планшетів, телевізорів, мультимедійних центрів і т.д.

2. Bluetooth – це технологія бездротового зв'язку, яка використовується для з'єднання різних пристроїв з малим радіусом дії, таких як смартфони, навушники, колонки і т.д. У кіберфізичній системі «Розумний будинок» Bluetooth може використовуватись для з'єднання сенсорів, датчиків руху, відкривання вікон і дверей, а також для управління освітленням, системами опалення і кондиціонування повітря.

3. ZigBee – це стандарт бездротового зв'язку, який використовується для збору даних з різних сенсорів і датчиків в будинку, таких як температура, вологість, відкриття вікон і дверей, і т.д. У кіберфізичній системі «Розумний будинок» ZigBee може використовуватись для автоматичного управління системами опалення і кондиціонування повітря, освітленням, системами безпеки і т.д.

4. Z-Wave – це інший стандарт бездротового зв'язку, який використовується для збору даних з різних пристроїв в будинку, таких як датчики руху, вікон, дверей і т.д. У кіберфізичній системі «Розумний будинок» Z-Wave може використовуватись для управління системами безпеки, електронними замками, освітленням і т.д.

5. NFC – це технологія бездротового зв'язку, яка використовується для обміну даними між різними пристроями на надзвичайно коротких відстанях. У кіберфізичній системі «Розумний будинок» NFC може використовуватись для автоматичного включення пристроїв, якщо користувач підійшов до них зі своїм

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

смартфоном, а також для забезпечення безпеки, наприклад, для відкриття дверей і активації системи безпеки.

6. Infrared – це бездротовий зв'язок, який використовується для з'єднання пристроїв, які мають інфрачервоні порти. У кіберфізичній системі «Розумний будинок» інфрачервоний зв'язок може використовуватись для забезпечення взаємодії між різними системами, наприклад, між телевізором і системою домашнього кінотеатру.

Типи бездротового зв'язку в кіберфізичній системі зображені на рисунку 1.2.

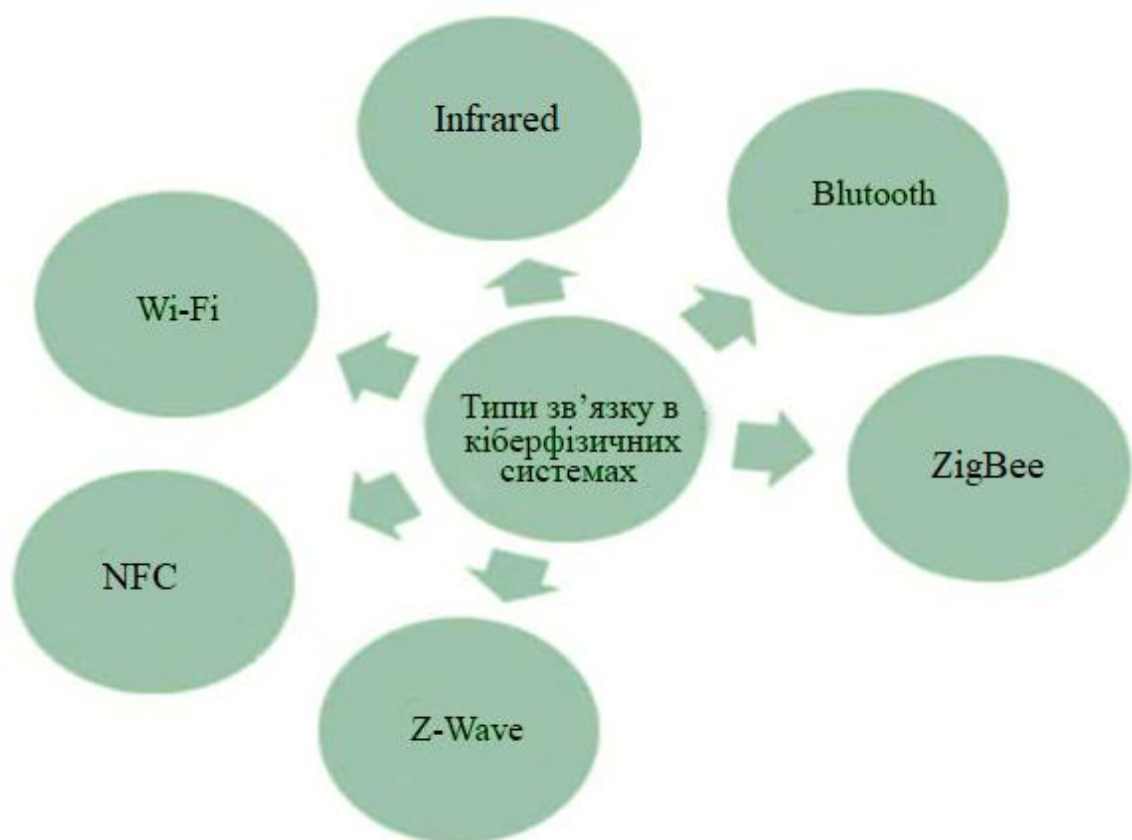


Рисунок 1.2 – Типи бездротового зв'язку в кіберфізичній системі «Розумний будинок»

У кіберфізичних системах використовують різні типи кабельних з'єднань для передачі даних та електроживлення. Деякі з найпоширеніших типів кабельних з'єднань включають:

1. Ethernet: це кабельне з'єднання, що використовується для передачі даних між комп'ютерами та іншими пристроями в мережі. Він зазвичай має вигляд прямокутного кабелю з RJ-45 роз'ємом.

2. DisplayPort: це з'єднання використовується для передачі відеосигналів високої якості між різними пристроями, такими як монітори, проектори і комп'ютери.

3. DVI: це з'єднання використовується для передачі відеосигналів високої якості між різними пристроями, такими як монітори, проектори і комп'ютери.

4. Thunderbolt: це з'єднання використовується для передачі даних, відео та аудіо між пристроями. Він підтримує швидкості передачі даних до 40 Гбіт/с і може підключати до шести пристроїв через один порт.

5. Fibre Channel: це з'єднання використовується для передачі даних між серверами та масивами даних. Воно підтримує високі швидкості передачі даних до 128 Гбіт/с і забезпечує стійкість до шумів і електромагнітних перешкод.

Це лише деякі з основних типів кабельних з'єднань, які використовуються в кіберфізичних системах.

Існують різні типи передачі даних на основі хмарно передачі, зокрема:

1. Передача даних за допомогою мережі інтернет речей (IoT): у цьому випадку, дані передаються безпосередньо з давача до хмарних сервісів, де вони зберігаються та обробляються. IoT забезпечує передачу даних в реальному часі, що дозволяє оперативно реагувати на зміни у середовищі.

2. Передача даних за допомогою технології "фог-комп'ютеринг" (fog computing): цей тип передачі даних забезпечує збереження та обробку даних на локальних пристроях, таких як пристрої IoT або мікрокомп'ютери. Fog computing забезпечує більш ефективну передачу даних та меншу затримку в порівнянні з хмарними обчисленнями.

3. Передача даних за допомогою гібридних систем: у цьому випадку, дані передаються через комбінацію хмарних обчислювальних центрів та локальних пристроїв. Цей тип передачі даних забезпечує більш гнучку та ефективну передачу даних, залежно від вимог конкретної задачі.

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4. Передача даних за допомогою блокчейн технологій: у цьому випадку, дані зберігаються в блокчейні, що забезпечує їх безпеку та надійність. Крім того, блокчейн технології дозволяють забезпечити прозорість та недубльованість даних.

5. Передача даних за допомогою децентралізованих систем збереження даних: у цьому випадку, дані зберігаються на різних комп'ютерах та серверах в різних частинах світу. Це забезпечує збереження даних у випадку відмови одного з серверів та зменшує ризик втрати даних.

Кожен з цих типів передачі даних має свої переваги та недоліки та може бути використаний залежно від вимог конкретної задачі та обмежень системи

#### 1.4 Порівняльний аналіз переваг та недоліків відомих систем розпізнавання жестів

На ринкові існує багато як вітчизняних так і закордонних комерційних компаній які займаються встановленням, налаштуванням та автоматизацією систем «Розумний будинок», що є дуже актуальним на сьогоднішній день. Для проведення порівняльного аналізу варто розглянути деякі з передових систем які включають в себе розпізнавання жестів, відстежування руху.

Можна сказати, що Orbido Security Kit[26] – це проміжне обладнання між класичною системою охорони приміщення і «Розумним будинком». Воно має просте і зрозуміле управління, прекрасні можливості для масштабування пристроями сторонніх виробників за рахунок універсального протоколу ZigBee. Однак з метою зробити цю систему більш доступною в плані покупки, тут використовуються досить примітивні датчики без захисту від злому і відключення, а камера розрахована тільки на роботу всередині приміщення, дане обладнання зображене на рисунку 1.3.

Orvibo – це недорогий комплект простого в експлуатації обладнання, головне завдання якого полягає в забезпеченні безпеки будинку. Тільки в другу

чергу ця система може служити базою для організації повноцінної системи «Розумний будинок».

Переваги:

- простота в установці і підключенні, контроль через додаток на смартфоні;
- автоматичне знаходження і підключення сенсорів до центральної системи;
- Wi-Fi зв'язок з телефоном, обдзвін до 10 номерів;
- цілком доступна вартість (від 150\$);
- широкий вибір пристроїв і можливість масштабування системи (близько 100 датчиків), причому інших виробників;
- наявність власної відеокамери;
- бездротовий протокол взаємодії між датчиком і контролером;
- вибір сценаріїв роботи з технікою будинку.



Рисунок 1.3 – Обладнання Orvibo [26]

Недоліки:

- дротове підключення до Інтернету;
- невелика зона дії сигналу (до 30 м);
- досить скромний набір пристроїв в базовій комплектації (тільки часткове охоплення багатокімнатної квартири або офісу).

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Amazon Alexa [27] – це голосовий помічник який включає в себе розпізнавання жестів, розроблений компанією Amazon. Він може бути використаний для керування різними пристроями в домі, такими як освітлення, термостати, замки на дверях, розетки, а також для здійснення різних функцій, таких як пошук інформації в Інтернеті, прогноз погоди, управління списками покупок та інше. Alexa працює на основі розпізнавання голосових команд, які вимовляє користувач, і може виконувати різні завдання відповідно до цих команд, дане обладнання зображене на рисунку 1.4.

Переваги:

- інтеграція з багатьма пристроями;
- голосове керування;
- розширені функції.

Недоліки:

- деякі функції можуть бути обмежені;
- приватність;
- залежність від хмарних послуг.



Рисунок 1.4 – Обладнання Amazon Alexa [27]

Отже, можна зробити висновок Amazon Alexa є потужним інструментом для керування побутовою технікою та виконання багатьох інших функцій.

Можна зробити висновок, що перед вибором системи які включають в себе розпізнавання жестів, варто розглянути всі його переваги та недоліки та переконатися, що він відповідає потребам та вимогам, які вам потрібні.

1.5 Методологічні підходи до вирішення задачі розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок»

Альтернативою відомої і дорогої підсистеми розпізнавання жестів може бути некомерційна система, головною перевагою якої є низька вартість обладнання. Звичайно, через зменшення витрат порівняно з комерційною продукцією надійність та якість обладнання знизиться, що також означає відсутність технічної підтримки та гарантій.

Для виконання дипломної роботи потрібні такі навички:

- розуміння алгоритму розпізнавання жестів;
- розуміння роботи та принципу застосування використовуваного обладнання;
- досконалі знання типів мікроконтролерів;
- базові знання в областях електротехніки та електроніки.

Підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою може бути побудована на базі апаратної-обчислювальної платформи Arduino. При створенні підсистем розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок» вибір цих мікроконтролерів головним чином обумовлений їх доступністю та низькою ціною.

Хоча не існує інструменту для управління операційною системою при використанні мікроконтролера Arduino, відсутність цього інструменту дозволяє швидко і точно запуснути завантажену програму та відформатувати її відразу після включення пристрою. Навіть після випадкового вимкнення мікроконтролера немає ризику пошкодити друковану плату та запущені програми. Для відновлення

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

роботи достатньо просто знову підключити мікроконтролер Arduino до джерела живлення.

## 1.6 Висновки

На основі вище проведених досліджень, було визначено основні принципи роботи та функції кіберфізичних систем «Розумний будинок», було визначено основні задачі, які повинна виконувати розроблювальна підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок», а саме:

- отримання точних даних при відслідковуванні руху руки;
- реєстрація відхилень отримуваних величин від заданих;
- реагування на отримані дані відповідним чином.

Реалізація вищенаведених задач дозволить розробити підсистему розпізнавання жестів, для допомоги в керуванні кіберфізичною системою «Розумний будинок».

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ АПАРАТНИХ СКЛАДОВИХ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

### 2.1 Обґрунтування вибору апаратних складових

В створеній підсистемі розпізнавання жестів цього проєкту, буде використовуватись мікросхема Arduino Nano R3, що зображена на рисунку 2.1.

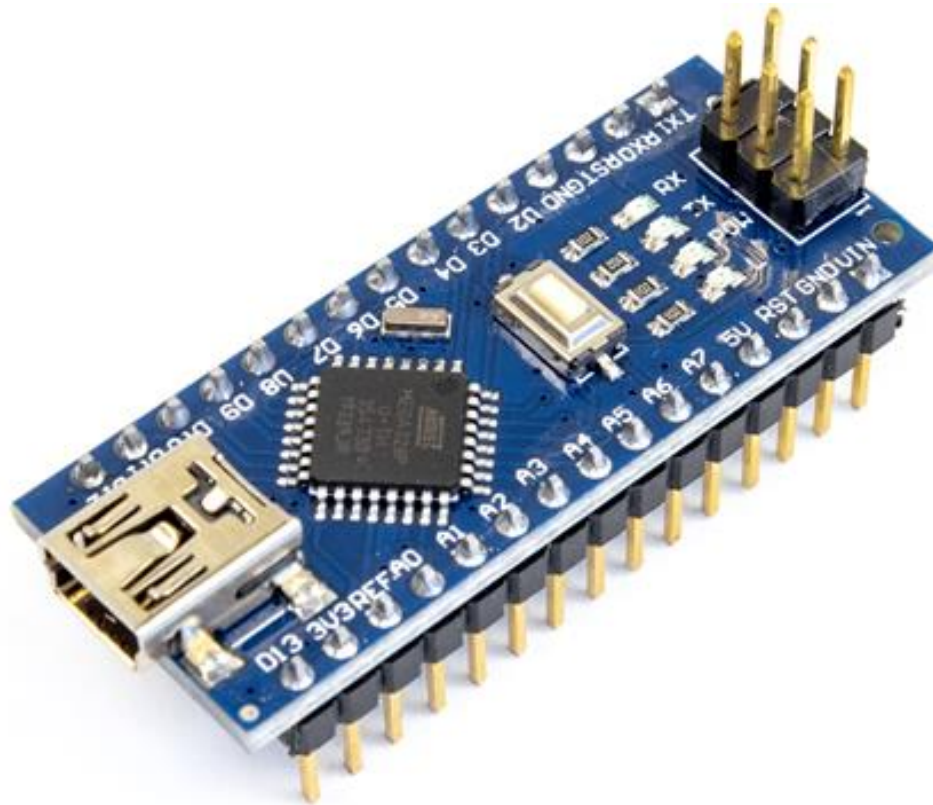


Рисунок 2.1 – Мікросхема Arduino Nano R3 [31]

Arduino Nano R3 – це повнофункціональний мініатюрний пристрій на базі мікроконтролера ATmega328 з вбудованим USB. Він маленька і зручний для макету. Ця мікросхема Arduino Nano R3 має все, що має мікросхема Arduino Diecimila/Duemilanove (електрично), з більшою кількістю контактів аналогового входу та вбудованою перемичкою +5V AREF. Arduino Nano R3 автоматично перемикається на джерело живлення з вищим потенціалом.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Також Arduino Nano R3 має можливості Arduino Boardino з меншою площею, тому користувачі мають більше місця на макетній платі. Arduino Nano R3 має розташування контактів, які добре працює з Mini або Basic Stamp (TX, RX, ATN, GND на одній вершині, живлення та заземлення на іншій). Arduino Nano R3 розробляється з вбудованим мікроконтролером ATmega328, який пропонує більше пам'яті для програмування та даних. В таблиці 2.1 наведено опис пінів мікросхеми Arduino Nano R3.

Таблиця 2.1 – Опис пінів мікросхеми Arduino Nano R3

№ з п	Назва піна	Номер піна	Опис функції
1	D0-D13	1-2, 5-16	Цифровий порт вводу/виводу від 0 до 13
2	RESET	3, 28	Скидання
3	GND	4, 29	Заземлення
4	3V3	17	Вихід +3.3В (від FTDI)
5	AREF	18	ADC
6	A0-A7	19-26	Аналогові вхідні порти від 0 до 7
7	+5V	27	Вихід +5В (від бортового стабілізатора) або +5В (вхід від зовнішнього джерела живлення)
8	VIN	30	Напруга живлення

Нижче наведено особливості плати Arduino Nano:

- автоматичне скидання під час завантаження програми;
- живлення синій світлодіод ОК;
- зелений (TX), червоний (RX) і помаранчевий (L) світлодіоди;
- автоматичне визначення/перемикання входу живлення;
- невеликий Mini-B USB для програмування та послідовного моніторингу;
- роз'єм ICSP для прямого завантаження програми;
- стандартний DIP із інтервалом 0,1 дюйма (зручний для макетної плати).

В таблиці 2.2 наведено технічні характеристики, які має мікросхема Arduino Nano R3

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики мікросхеми Arduino Nano R3

№ з п	Назва характеристики	Опис
1	Мікроконтролер	Atmel ATmega328
2	Робоча напруга (логічний рівень)	5 В
3	Вхідна напруга (рекомендована)	7-12 В
4	Вхідна напруга (обмеження)	6-20 В
5	Цифрові контакти вводу/виводу	14 (з яких 6 забезпечують ШІМ-вихід)
6	Аналогові вхідні контакти	8
7	Постійний струм на контакт вводу/виводу	40 мА
8	Флеш-пам'ять	32 КБ
9	SRAM	2 КБ
10	EEPROM	1 КБ
11	Тактова частота	16 МГц

Arduino Nano R3 можна живити через USB-роз'єм Mini-B, нерегульоване зовнішнє джерело живлення 6-20 В (вивід пін 30) або регульоване зовнішнє джерело живлення 5 В (вивід пін 27). Джерело живлення автоматично обирається за найвищою напругою.

Arduino Nano R3 є ідеальним вибором для проекту з кількох причин, які можна розглянути більш детально:

1. Функціональність: Arduino Nano R3 має достатню потужність та ресурси для виконання потрібних завдань у проекті. Він працює на базі мікроконтролера ATmega328P, який має достатньо швидкості та об'єм пам'яті для обробки даних з PIR-давач та керування світлодіодами. Крім того, Arduino Nano R3 має вбудовані

аналогові та цифрові входи-виходи, що робить його гнучким для підключення різних компонентів.

2. Зручність використання: Arduino Nano R3 має компактний розмір і має загальноприйнятні роз'єми, що спрощує його підключення до інших пристроїв та модулів. Він також повністю сумісний з Arduino IDE, що забезпечує зручну розробку і програмування проекту. Інтерфейс Arduino IDE є інтуїтивно зрозумілим та добре документованим, що дозволяє швидко розпочати роботу над проектом.

3. Розширюваність: Arduino Nano R3 має багато виходів та роз'ємів, що дозволяє легко підключати додаткові модулі та сенсори. Це дає можливість розширити функціональність проекту, наприклад, додати модуль бездротового зв'язку, датчик температури або інші зовнішні пристрої. Розширення можливостей проекту з допомогою додаткових модулів є легким завдяки підтримці Arduino-спільноти та доступним документаціям.

4. Надійність: Arduino Nano R3 є відомою та випробуваною платформою з високим рівнем надійності. Він підтримує стабільну роботу, має надійні компоненти і витримує довготривале використання. Arduino Nano R3 також має захист від короткого замикання та перевантаження, що забезпечує безпеку плати та підключених компонентів.

5. Доступність та ціна: Arduino Nano R3 є вигідним рішенням з економічної точки зору, він широко доступний продукт. Він може бути придбаний в багатьох магазинах електроніки та онлайн-ресурсах за прийнятну ціну, він має помірну ціну порівняно з іншими мікроконтролерами або платформами, що дозволяє зберегти бюджет проекту. При цьому, Arduino Nano R3 не компромітує якість та функціональність, що робить його привабливим вибором для різних розробок. Це робить його доступним для широкого кола розробників, студентів та ентузіастів.

6. Підтримка та спільнота: Arduino Nano R3 підтримується широкою спільнотою розробників, яка забезпечує підтримку, поради та обмін досвідом, також вона активно працює над розширенням можливостей і підтримки платформи. Це означає, що при виникненні питань або проблем можна легко

знайти відповіді та рішення шляхом консультації з іншими користувачами або шляхом використання доступної документації та форумів, і можна розраховувати на постійне оновлення бібліотек, нові функції та виправлення помилок, що забезпечує стабільну роботу проекту і спрощує розробку.

7. Популярність: Arduino Nano R3 є однією з найпопулярніших плат Arduino, що означає, що він має велику базу користувачів та використовується в багатьох проектах. Це сприяє обміну знаннями, розробці спільнотних бібліотек та розширень, що полегшує роботу над проектом.

8. Гнучкість: Arduino Nano R3 дозволяє реалізувати широкий спектр функціональності, необхідної для проекту. Завдяки багатому набору цифрових та аналогових входів-виходів, можна підключити різноманітні сенсори, актуатори та інші пристрої. Це дає можливість розширити функціональність проекту, додавши, наприклад, LCD-дисплей для відображення інформації або бездротовий модуль для зв'язку з іншими пристроями.

9. Інтеграція з існуючими проектами: Arduino Nano R3 є сумісним з іншими платформами Arduino. Це означає, що код, розроблений для інших плат Arduino, може бути легко перенесений на Arduino Nano R3. Така сумісність дозволяє використовувати існуючі бібліотеки, приклади коду та розробки з інших проектів Arduino, що дозволяє прискорити процес розробки і забезпечити сумісність з іншими пристроями або системами, що вже використовують Arduino.

10. Енергоефективність: Arduino Nano R3 має низьке споживання енергії, що дозволяє ефективно використовувати його у проектах, які працюють від батарей або джерел з обмеженим живленням. Можна використовувати спеціальні режими сну та управління енергоефективністю для збереження енергії та продовження часу автономної роботи пристрою.

Завдяки компактному розміру, Arduino Nano R3 може бути легко впроваджений в будь-який прототип або пристрій з обмеженим простором. Він також має надійну роботу і витримує довготривале використання, що робить його ідеальним вибором для проектів, які вимагають стабільної роботи протягом тривалого часу.

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Крім того, Arduino Nano R3 є популярною платформою з активною спільнотою розробників, що означає, що можна знайти багато ресурсів, прикладів коду, порад та підтримки для вирішення будь-яких питань або проблем, які можуть виникнути під час розробки проекту.

На рисунку 2.2 зображено призначення контактів Arduino Nano R3.

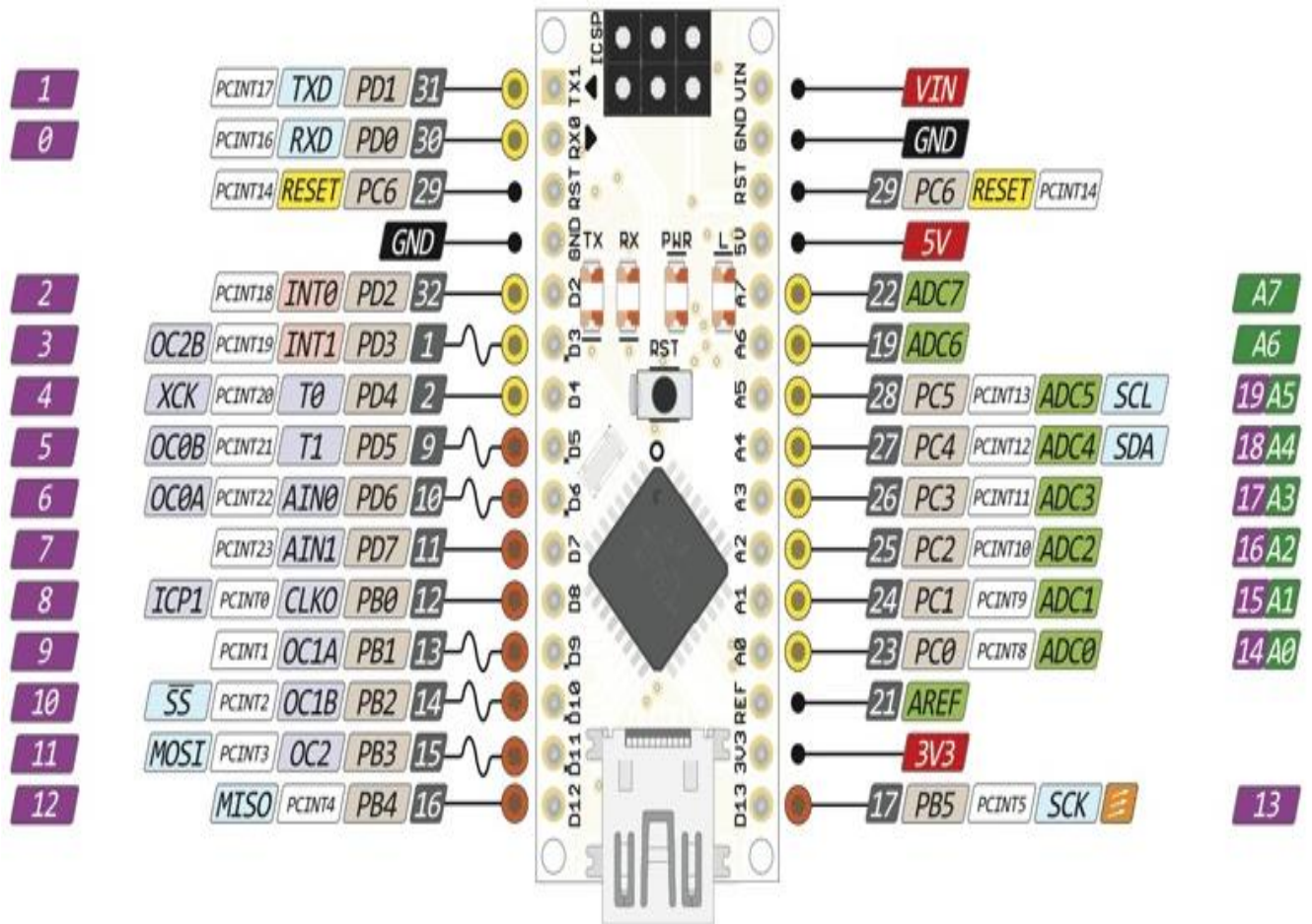


Рисунок 2.2 – Призначення контактів Arduino Nano R3.

Продовжуючи обґрунтування використання Arduino Nano R3 у проекті, можна звернути увагу на наступні аспекти:

11. Відкритий характер: Arduino Nano R3 є частиною Arduino-екосистеми, яка базується на відкритому програмному забезпеченні та апаратних рішеннях. Це означає, що код та схеми пристрою є відкритими для громадськості, що сприяє обміну знаннями, співпраці та спільній розробці проектів.

12. Розширюваність: Arduino Nano R3 має можливість підключення різних розширень та шилдів (shields), що розширюють його функціональність. Наприклад, можна підключити Ethernet-шилд для забезпечення мережевого з'єднання або сенсорний шилд для отримання даних з додаткових сенсорів. Це дає можливість легко розширити можливості проекту без необхідності в складній розпайці або паянні.

Таким чином, використання Arduino Nano R3 у проекті обґрунтовано його функціональністю, зручністю використання, розширюваністю, надійністю, доступністю та підтримкою спільноти. Він дозволяє ефективно реалізувати функціональність проекту і спрощує роботу розробників, забезпечуючи надійну та стабільну платформу для розробки. Він забезпечує необхідні можливості та ресурс для успішної реалізації проекту, забезпечуючи зчитування даних з датчиків. Arduino Nano R3 забезпечує зручну розробку програмного коду за допомогою Arduino IDE і має широкий вибір доступних бібліотек та розширень для спрощення роботи з різними компонентами.

Також в цьому проекті буде використовуватися монохромний OLED-дисплей, що зображений на рисунку 2.3, який має стандартний інтерфейс SH1106 SPI і роздільну здатність 128×64 пікселів. Технологія OLED, яка використовується в цьому дисплеї, забезпечує високу контрастність, чудові кути огляду та низьке енергоспоживання порівняно з традиційними РК-дисплеями. Модуль також дуже простий у використанні, має простий чотирипровідний інтерфейс SPI та вбудовану мікросхему контролера, яка керує всіма функціями керування дисплеєм.

Цей невеликий модуль складається з OLED 128×64 (органічний світлодіод) і всієї електроніки, необхідної для керування ним через SPI за допомогою стандартного інтерфейсу SH1106. Світлодіоди можна окремо вмикати або вимикати для відображення монохромної графіки та тексту. Незважаючи на компактний розмір, OLED-дисплей має гарну контрастність, оскільки кожен піксель світиться окремо, а неосвічені пікселі можуть бути дуже темними.

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

SH1106 – це однокристальний CMOS OLED/PLED драйвер з контролером для органічних/полімерних світлодіодних матричних графічних дисплеїв. SH1106 складається з 128 сегментів, 64 спільних елементів, які можуть підтримувати максимальну роздільну здатність дисплея 128×64.

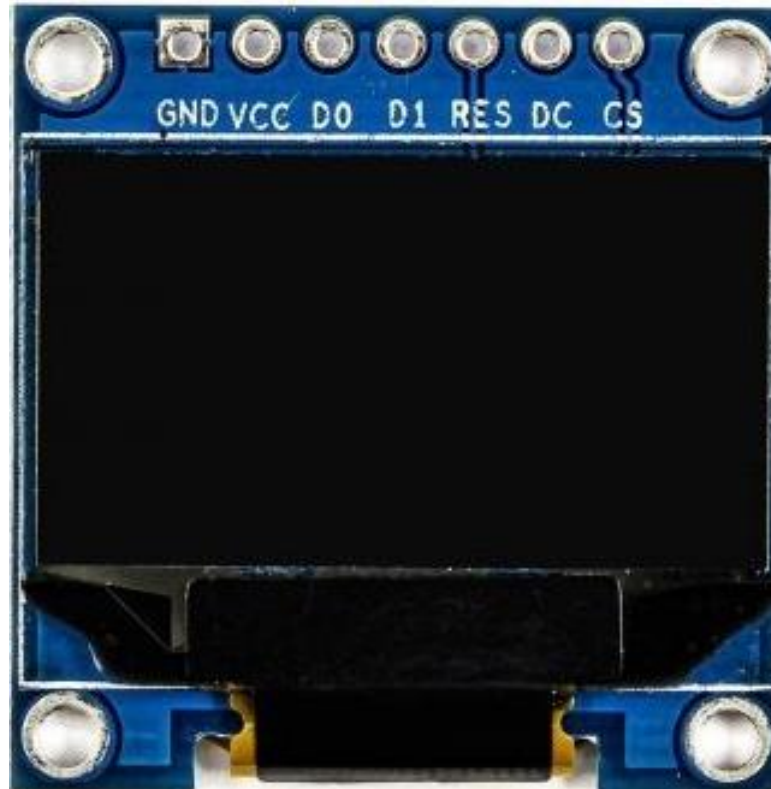


Рисунок 2.3 – OLED-дисплей SPI 128X64 [33]

Він призначений для OLED-панелей типу Common Cathode. SH1106 вбудовується з контролером контрастності, генератором оперативної пам'яті дисплея та ефективним, що зменшує кількість зовнішніх компонентів та енергоспоживання. SH1106 підходить для широкого спектру компактних портативних застосувань, таких як додатковий дисплей мобільного телефону, калькулятор, MP3-плеєр тощо.

Він сумісний з різними мікросхемами, включаючи Arduino, Raspberry Pi і STM32. Що важливо він сумісний з мікросхемою Arduino Nano R3, яка буде використовуватися в цьому проекті.

Цей дисплейний модуль має сім контактів на ряду наскрізних отворів із кроком 0,1 дюйма, які працюють зі стандартними роз'ємами 0,1 дюйма. Модуль

живиться через контакти GND і VCC, а також вбудований регулятор, який дозволяє йому працювати з напругою живлення VCC від 3,1 В до 5,5 В. Решта контактів не підтримують напругу 5 В, тому при підключенні до систем з напругою 5 В потрібні стабілізатори рівня або дільники напруги. В таблиці 2.3 приведено які технічні характеристики має OLED-дисплей SPI 128X64.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики OLED-дисплей SPI 128X64

№ з п	Назва характеристики	Опис
1	Колір пікселів	Білий
2	Роздільна здатність	128x64 пікселів
3	Крок пікселя	0,23 мм (110 DPI)
4	Напруга живлення	Від 3,1 В до 5,5 В на VCC
5	Живлення	40 мА з увімкненими всіма пікселями (споживаний струм залежить від того, яка частина дисплея освітлена)
6	Чотири монтажні отвори	Призначені для гвинтів

В таблиці 2.4 наведено опис пінів OLED-дисплея.

Таблиця 2.4 – Опис пінів OLED-дисплея

№ з п	Назва піна	Опис функції
1	GND	Заземлення
2	VCC	Напруга живлення від 3,1 В до 5,5 В
3	D0	Тактова частота
4	D1	Дані
5	RES	Скидання дисплея
6	DC	Вибір даних/команди
7	CS	Вибір SPI-чіпа

Інтегральна мікросхема драйвера/контролера на цьому екрані OLED це SH1106, налаштований на роботу в режимі «4-провідного SPI». Чотири керуючі входи D0, D1, DC і CS використовуються в нормальній роботі, а п'ятий контакт RES, можна використовувати для скидання дисплея.

Особливості конфігурація системи OLED-дисплея наведено нижче:

- передавач: пристрій, який надсилає дані на шину;
- приймач: пристрій, який приймає дані з шини;
- ведучий: пристрій, який ініціює передачу, генерує тактові сигнали і завершує передачу;
- підлеглий: пристрій, до якого звертається ведучий;
- мультиведучий: більше одного ведучого може намагатися керувати шиною одночасно, не пошкоджуючи при цьому повідомлення;
- арбітраж: процедура, яка гарантує, що якщо більше одного ведучого одночасно намагається керувати шиною, то тільки одному з них дозволено це зробити і повідомлення не буде пошкоджено;
- синхронізація: процедура синхронізації тактових сигналів двох або більше пристроїв.

Вибір саме OLED-дисплею для використання в проекті може бути обґрунтовано наступними причинами:

1. Висока якість зображення: OLED-дисплей забезпечує високу якість зображення та високий контраст. Це дозволяє зручно відображати інформацію про рух та жести на дисплеї, що полегшує сприйняття користувачем.

2. Низьке споживання енергії: OLED-дисплей споживає менше енергії порівняно з іншими типами дисплеїв, такими як LCD. Це особливо важливо для проектів, які працюють від батарей або джерел з обмеженим живленням, оскільки це дозволяє продовжити час автономної роботи пристрою.

3. Гнучкість відображення: OLED-дисплеї мають гнучкі властивості, що дозволяють використовувати їх у різних формах та конфігураціях. Це дає можливість впроваджувати дисплей в проекті з урахуванням дизайну та розміщення.

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4. Широкі кути огляду: OLED-дисплеї мають широкі кути огляду, що дозволяє забезпечити чітку інформацію для користувачів, навіть при перегляді з різних кутів або під різними освітленими умовами.

5. Легкість управління: OLED-дисплеї можуть бути легко керовані через мікроконтролер, такий як Arduino Nano R3. Для відображення інформації на дисплеї можна використовувати спеціальні бібліотеки та простий код, що спрощує процес розробки.

6. Гнучкість управління: OLED-дисплей може бути легко програмований та керований за допомогою Arduino Nano R3. Існують спеціальні бібліотеки та приклади коду, які спрощують розробку програмного забезпечення для відображення інформації на дисплеї. Це дає можливість налаштувати відображення руху та жестів згідно з потребами проекту.

7. Кольоровий варіант: Оскільки OLED-дисплеї здатні відтворювати колір, вони дозволяють відображати інформацію у більш привабливий та зрозумілий спосіб. Завдяки цьому можна передавати більше деталей та ефективніше комунікувати з користувачем.

8. Можливість відображення тексту та графіки: OLED-дисплеї підтримують відображення тексту та графічних елементів. Це дозволяє відтворювати важливу інформацію, наприклад, статус руху або жестів, у зручному та зрозумілому форматі.

9. Надійність та довговічність: OLED-дисплеї мають добру стійкість до впливу зовнішніх факторів, таких як вібрації, удари, та температурні зміни. Вони також характеризуються довгим терміном служби, що робить їх надійними для використання в різних умовах та проектах з вимогами до довговічності.

10. Простота підключення: OLED-дисплеї можуть бути легко підключені до Arduino Nano R3 за допомогою декількох проводів або за допомогою інтерфейсу, такого як I2C або SPI. Це спрощує процес підключення та інтеграції дисплею в проєкті.

11. Висока сумісність: OLED-дисплеї підтримують широкий спектр бібліотек та драйверів, що забезпечують сумісність з різними платформами та

мікроконтролерами, включаючи Arduino Nano R3. Це робить їх універсальними та легкими в інтеграції з іншими компонентами проекту.

12. Гнучкість інтерфейсу: OLED-дисплеї підтримують різні інтерфейси, такі як I2C, SPI і UART, що дозволяє вибрати найбільш зручний інтерфейс для підключення до Arduino Nano R3. Це дозволяє забезпечити гнучкість і сумісність з іншими пристроями та модулями, які можуть використовуватися в проекті.

Враховуючи всі ці фактори, використання OLED-дисплею в проекті є обґрунтованим через його гнучкість управління, розміри, високу яскравість, легкості управління та ефективності взаємодії з користувачем, зручне використання у вбудованих системах та широкий спектр застосувань, що задовольняє вимоги проекту та надає потрібні можливості відображення і взаємодії з користувачем.

Також в цьому проекті може бути використаний TPA81 8-піксельний інфрачервоний датчик Devantech, який зображений на рисунку 2.4.

Розглянемо інфрачервоний 8-піксельний датчик TPA81. Цей датчик може вимірювати 8 суміжних пікселів одночасно в спектрі 2 мкм – 22 мкм, дозволяючи йому виявляти інфрачервоне випромінювання від людей, полум'я чи інших джерел. Поєднуючи 8 пікселів у масив, інфрачервоний датчик TPA81 здатний одночасно зчитувати 8 суміжних показників температури в діапазоні 2 мкм – 22 мкм, що відповідає інфрачервоному випромінюванню від джерел низької температури, таких як люди, кавові кухлі або полум'я. Він може виявляти полум'я свічки або тіло людини на відстані 2 метрів і передавати дані в градусах Цельсія через інтерфейс I2C. На датчик не впливає навколишнє освітлення. Датчик також видає показання температури навколишнього середовища на додаток до 8 інфрачервоних показань.

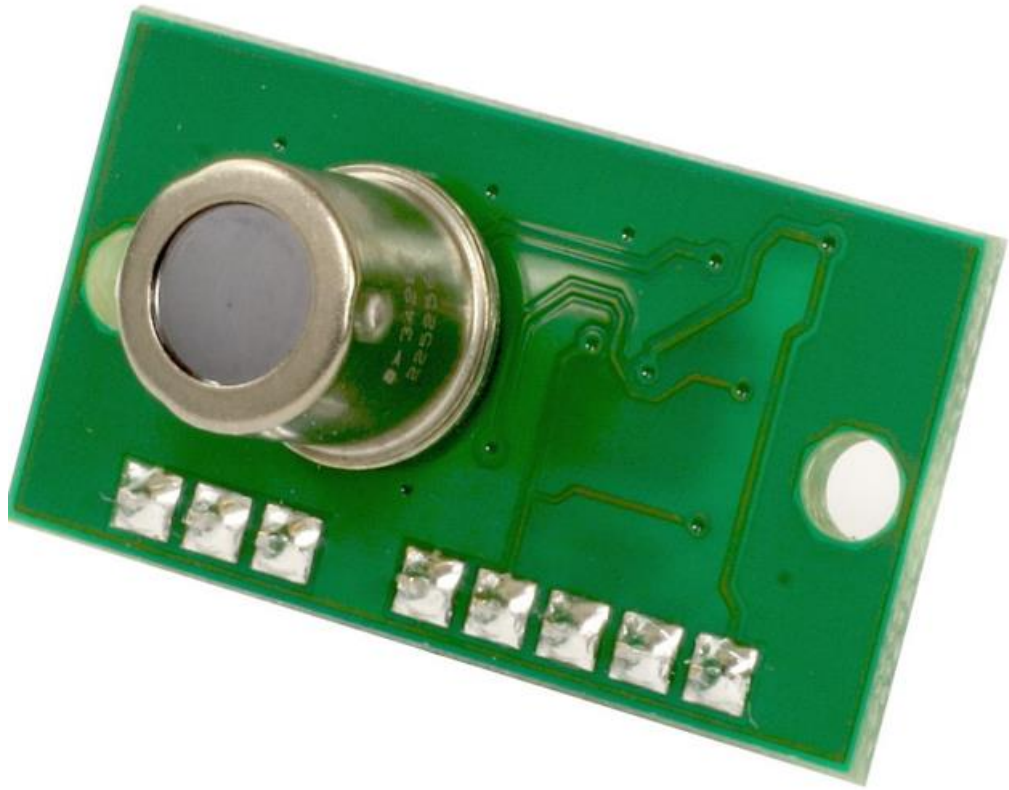


Рисунок 2.4 – TRA81 8-піксельний інфрачервоний давач [32]

В таблиці 2.5 наведено особливості давача TRA81.

Таблиця 2.5 – Особливості давача TRA81

№ з п	Особливість	Опис
1	Напруга	5v
2	Температурний діапазон	Від 4°C до 100°C
3	Точність	+/-2°C +/-2% від 10°C до 100°C +/-3°C від 4°C до 10°C
4	Поле зору	41° x 6° (8 пікселів приблизно 5° x 6°)
5	Виходи	Інтерфейс I2C. 1 зчитування навколишнього середовища, 8 температур пікселів
6	Сервоуправління	32 кроки обертання на 180°
7	Розміри	31 мм x 8 мм

Піроелектричні давачі, які зазвичай використовуються в охоронній сигналізації та для ввімкнення зовнішнього освітлення, виявляють інфрачервоне

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

випромінювання в тому самому діапазоні хвиль. Однак ці піроелектричні давачі можуть виявляти лише зміну рівня тепла – отже, вони є детекторами руху. Хоча вони корисні в робототехніці, їх застосування обмежене, оскільки вони не можуть виявляти та вимірювати температуру статичного джерела тепла. Іншим типом давачів є матриця термобатарей. Вони використовуються в безконтактних інфрачервоних термометрах. Вони мають дуже широкий кут виявлення або поле зору близько  $100^\circ$  і потребують або кожуху, або лінзи, або, як правило, обох, щоб отримати більш корисний кут огляду близько  $12^\circ$ . Деякі з них мають вбудований об'єктив. Зовсім недавно давачі з масивом термобатарей, стали доступними вбудована електроніка та кремнієва лінза. Це тип, який використовується в ТРА81. Він має масив із восьми термобатарей, розташованих в рядок. ТРА81 може вимірювати температуру в 8 сусідніх точках одночасно. ТРА81 також може керувати сервоприводом для панорамування модуля та створення теплового зображення. ТРА81 може виявляти полум'я свічки або людину на відстані 2 метрів і на нього не впливає навколишнє освітлення.

Відгук ТРА81 зазвичай становить від 2 мкм до 22 мкм і зображений на рисунку 2.5.

Для обґрунтування чому саме цей інфрачервоний давач ТРА81 буде використаний в проекті потрібно врахувати його характеристики та особливості, які відповідають вимогам проекту, також розглянемо декілька фактів, які можуть підтримати використання даного давача:

1. Детекція руху: Давач ТРА81 призначений для детекції руху, що є важливою функцією у проекті. Він може виявляти рух людини або інших об'єктів в області його дії, що дозволяє реагувати на рухові події та виконувати відповідні дії.

2. Широкий кут охоплення: Давач ТРА81 має широкий кут охоплення, що дозволяє виявляти рух у великій області. Це особливо корисно для проекту, де необхідно виявляти рух у широкому просторі або дотримуватись повного покриття області дії.

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3. Висока чутливість: Давач ТРА81 має високу чутливість до руху, що дозволяє точно виявляти малі зміни в інфрачервоному випромінюванні. Це забезпечує надійну роботу давача і дозволяє точно реагувати на рух.

4. Надійність та стабільність: Давач ТРА81 відомий своєю надійністю та стабільністю роботи. Він має добре випробувану конструкцію та високу якість виготовлення, що забезпечує стабільну та надійну роботу в різних умовах.

5. Надійність у різних умовах: Давач ТРА81 має високу стійкість до впливу зовнішнього середовища, такого як температура, вологість і світло. Це робить його придатним для використання в різних умовах і забезпечує стабільну роботу навіть при зміні умов експлуатації.

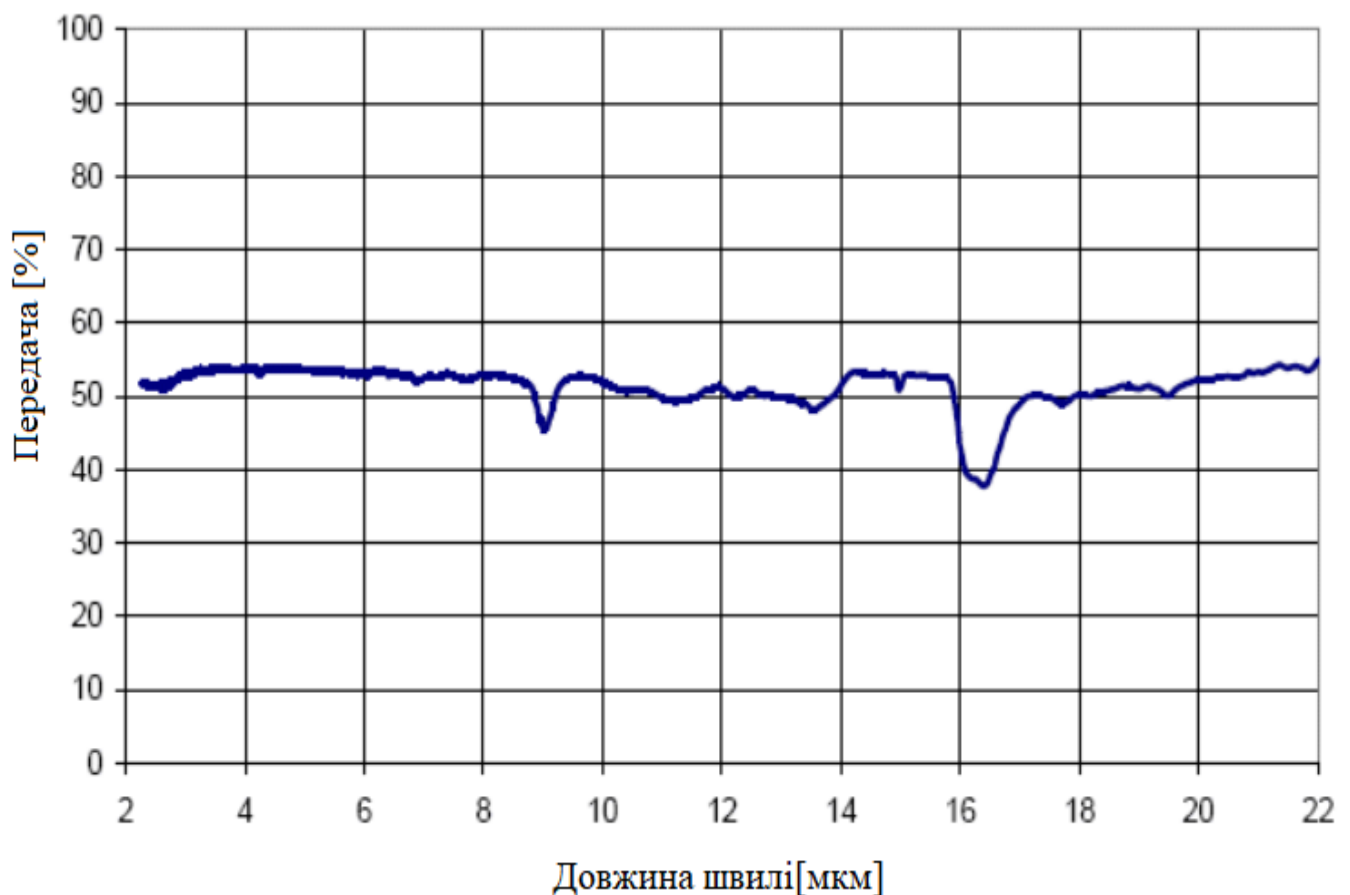


Рисунок 2.5 – Спектральний відгук давача ТРА81 [39]

6. Вартість: Давач ТРА81 має вигідне співвідношення ціни та якості. Він пропонує надійність та функціональні можливості за доступну ціну, що робить його привабливим варіантом для проектів з обмеженим бюджетом.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

7. Сумісність з Arduino: Давач ТРА81 спеціально розроблений для використання з платформами Arduino, включаючи Arduino Nano R3, яку використовується в даному проекті. Це означає, що давач має сумісний інтерфейс та взаємодіє безпроблемно з Arduino, що спрощує його підключення та програмування.

8. Простота використання: Давач ТРА81 має простий протокол комунікації, що дозволяє легко інтегрувати його в проект. Він простий у використанні, не вимагає складних налаштувань або програмування, що робить його доступним для початківців у галузі мікроконтролерів. Давач ТРА81 виготовлений з високоякісних матеріалів і має добре сконструйовану корпусну конструкцію. Це гарантує його надійність і довговічність, забезпечуючи безперебійну роботу упродовж тривалого часу. Давач ТРА81 може бути використаний в різних проектах, що вимагають детекції руху. Він може бути застосований у системах безпеки, автоматизації будинку, інтерактивних проектах та багатьох інших сферах. Це робить його універсальним і гнучким рішенням для різних потреб. Давач ТРА81 має вбудований фільтр сигналу, який допомагає уникнути ложних спрацювань. Це особливо корисно в проектах, де важливо точно виявляти рух та уникати непотрібних спрацювань давачів.

9. Доступність: Давач ТРА81 є доступним компонентом, який можна придбати у багатьох онлайн магазинах. Його легко знайти і придбати, що забезпечує зручність і доступність для реалізації проекту. Він має велику дальність детекції, що дозволяє виявляти рух на великій відстані. Це корисно, якщо проект потребує виявлення далекого руху або охоплення широкої зони спостереження. Давач ТРА81 працює безконтактно, що означає, що він не потребує фізичного контакту з об'єктом для виявлення руху. Це дозволяє його використання в проектах, де необхідно уникати або обмежити фізичний контакт з об'єктами. Він має компактний розмір, що робить його зручним для використання в проектах з обмеженим простором або там, де важлива мінімалістична конструкція.

10. Низька споживання енергії: Давач ТРА81 відомий своєю низькою споживання енергії. Це особливо важливо, якщо проект працює від батареї або має обмежену потужність джерела живлення. Завдяки низькому споживанню енергії давач ТРА81 може ефективно використовуватися в енергоефективних або мобільних проектах.

Загалом, використання давача ТРА81 у проекті обґрунтоване через його здатність виявляти рух, широкий кут охоплення, високу чутливість, надійність, стабільність та легкість у використанні, низьке споживання енергії, інтегрований фільтр сигналу, велику дальність детекції, відсутність контакту для спрацювання, компактний розмір та доступність додаткового функціоналу. Ці фактори роблять давач ТРА81 ефективним та зручним вибором для виявлення руху в рамках даного проекту.

Підсумовуючи усе вищесказане, можна сформулювати перелік апаратних складових, які потрібні для розробки підсистеми розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок»:

- 1) Arduino Nano R3;
- 2) OLED-дисплей SPI 128X64;
- 3) ТРА81 8-піксельний інфрачервоний давач;
- 4) макетна плата;
- 5) дроти-перемички.

## 2.2 Середовище розроблення програмного забезпечення

Код для проекту може бути написаний у різних середовищах розроблення програмного забезпечення, це все залежить від вподобань та потреб до проектів.

Розглянемо декілька з них:

1. Arduino IDE – це середовище розроблення програмного забезпечення Arduino, доступне безкоштовно для завантаження з веб-сайту Arduino. Воно має простий інтерфейс та широкі можливості для програмування Arduino-платформ, це кросплатформна програма, доступна для операційної системи Windows, також

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 37
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

вона має вбудовані бібліотеки, які забезпечують багато типових операцій введення/виведення. В Arduino IDE можна програмувати на таких мовах програмування як C і C++. Його основна мета – писати та завантажувати програми в чіпи, сумісні з Arduino IDE, можливо, з використанням сторонніх ядер.

2. PlatformIO – це розширене середовище розроблення програмного забезпечення, яке підтримує не тільки Arduino, але й інші платформи мікроконтролерів. PlatformIO пропонує розширені можливості управління залежностями, бібліотеками та іншими аспектами проекту.

3. Visual Studio Code з розширенням Arduino – це популярне середовище розроблення програмного забезпечення, яке можна розширити додатком Arduino Extension для Visual Studio Code. Воно надає зручний редактор коду, можливості налаштування та дебагінгу для Arduino-проектів.

Оскільки в дипломному проекті буде використовуватися мікросхема, яку ми визначили вище а саме мікросхема Arduino Nano R3, то код буде написано у середовищі розроблення програмного забезпечення Arduino IDE. Arduino IDE спрощує розробку проекту, надаючи зручне середовище для програмування платформи Arduino та забезпечуючи необхідні інструменти для написання, збирання та завантаження програмного коду.

У проекті Arduino IDE буде використовуватися для написання, збирання та завантаження програмного коду на Arduino Nano R3.

Також, для реалізації даного проекту потрібно буде підключити бібліотеку інфрачервоного давача TPA81 і бібліотеку OLED-дисплею, до середовище розроблення програмного забезпечення Arduino IDE.

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## 2.3 Висновки

В даному розділі був проведений аналіз наявного апаратного забезпечення, були визначені його особливості та характеристики, також було описано чому саме ці апаратні ресурси найбільше підходить для створення підсистеми розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок». Що до програмного забезпечення, код буде написанно в середовищі розробки Arduino IDE. Також був складений перелік обладнання, необхідного дня виконання даного проекту.

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

### 3 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПІДСИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ЖЕСТІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ КІБЕРФІЗИЧНОЮ СИСТЕМОЮ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

#### 3.1 Встановлення апаратних з'єднань

Реалізація даного проекту базується на використанні Arduino Nano R3 мікроконтролера та давача руху ТРА81. Основна ідея проекту полягає у виявленні руху за допомогою давача ТРА81 і відображенні результатів на OLED-дисплеї, у нашому випадку збільшення/зменшення гучності.

Для здійснення усіх з'єднань та повного апаратного підключення проекту, необхідно провести фізичне підключення компонентів між собою:

1. Потрібно підключити інфрачервоний давач ТРА81 до Arduino Nano R3, щоб отримувати сигнал про виявлення руху. Давач ТРА81 має певні піни, які необхідно підключити до відповідних входів/виходів Arduino Nano R3. Це включає в себе підключення живлення, заземлення, піни виявлення руху та інші необхідні з'єднання. Щоб підключити цей давач до мікросхеми Arduino Nano R3, потрібно з'єднати порт SDA на інфрачервоному давачі ТРА81, який відповідає за передачу даних між Arduino Nano і ТРА81 з портом позначеним на Arduino Nano як пін А4 та порт SCL на інфрачервоному давачі ТРА81, який відповідає за синхронізацію передачі даних між давачем і мікросхемою з портом позначеним на Arduino Nano як пін А5, порти інфрачервоного давача ТРА81 5V та GND підключаються відповідно до портів 5V та GND на Arduino Nano R3.

2. Необхідно підключити OLED-дисплей до Arduino Nano R3 для відображення результатів виявлення руху. На OLED-дисплеї порт DC підключається до порту D8 на Arduino Nano R3, порт RES до D9, порт CS до D10, порт D1 або MOSI до D11, порт D0 або SCK до D13, порти на OLED-дисплеї 5V та GND підключаються відповідно до портів 5V та GND на Arduino Nano R3.

Всі підключення відбуваються на макетній платі, яка зображена на рисунку 3.1. За допомогою дротів-перемичок, які зображені на рисунку 3.2,

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

компоненти підключаються між собою. Фінальний результат зображений на рисунку 3.7.

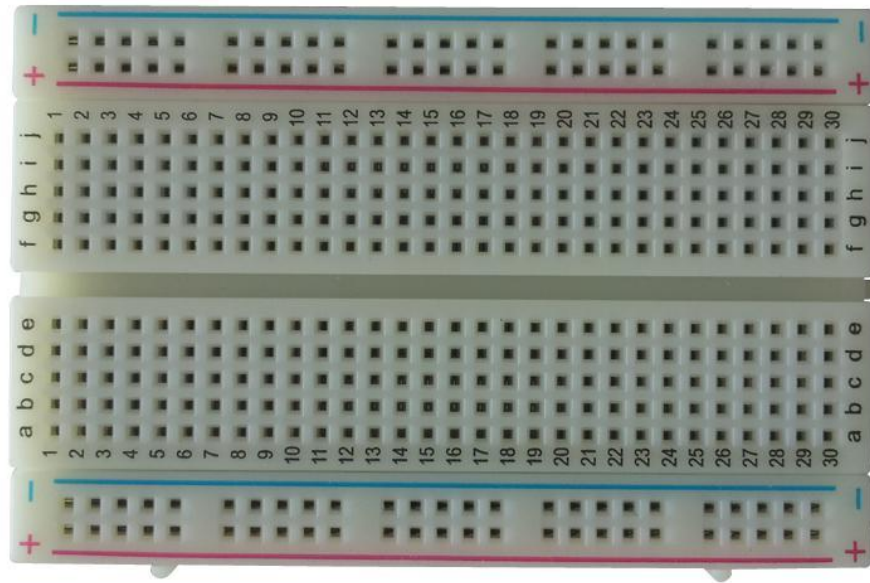


Рисунок 3.1 – Макетна плата



Рисунок 3.2 – Дроти-перемички

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

За допомогою середовища розроблення програмного забезпечення Arduino IDE, яке зображено на рисунку 3.3, потрібно налаштувати мікросхему Arduino Nano R3 для роботи з датчиком ТРА81 та OLED-дисплеєм.

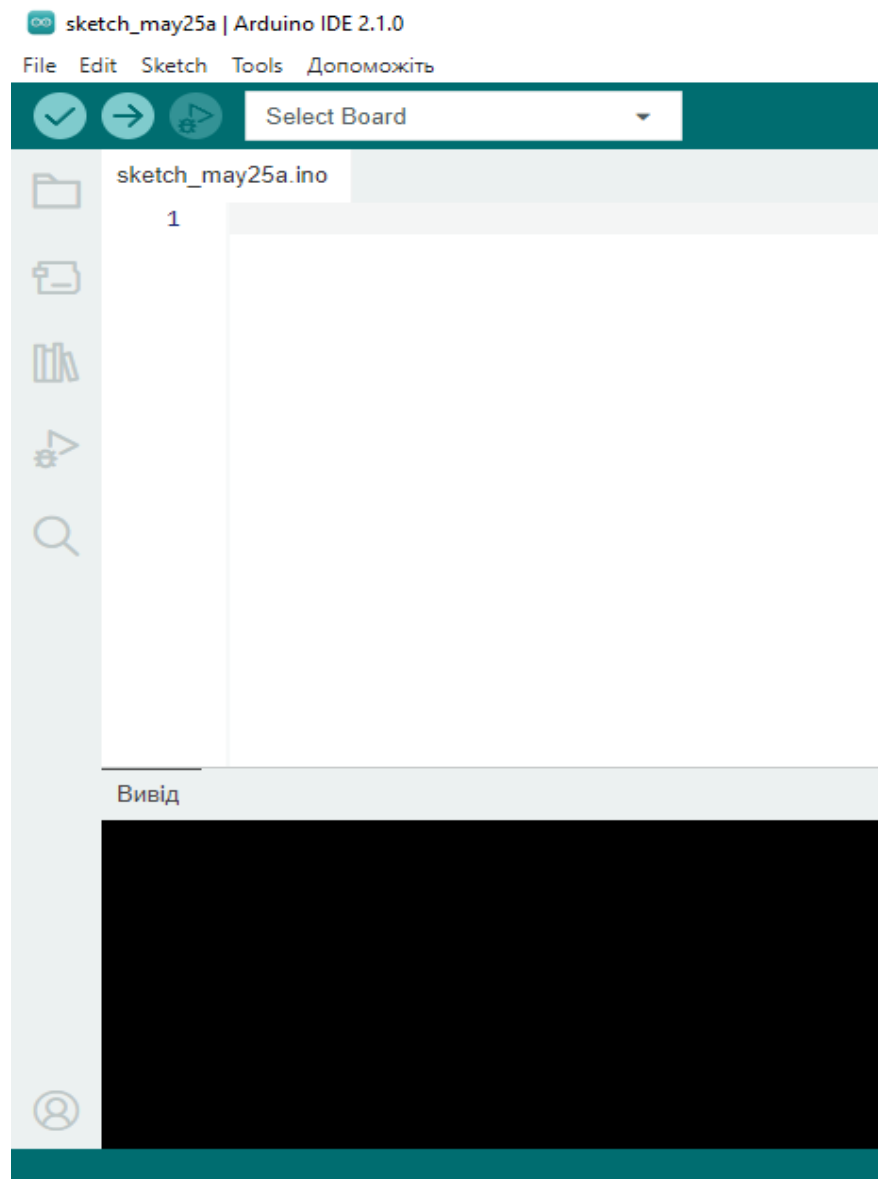


Рисунок 3.3 – Середовище розробки Arduino IDE

Спочатку необхідно вибрати плату, зображено на рисунку 3.4, яка використовується у проекті, це дає два ефекти: встановлення параметрів (наприклад, швидкість процесора та швидкість передачі даних), які використовуються під час компіляції та завантаження ескізів, і встановлення параметрів файлу та запобіжника, які використовуються командою завантажувача запису. Далі необхідно встановити бібліотеки для роботи з датчиком ТРА81 та

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

OLED-дисплеєм тому, що бібліотеки надають додаткову функціональність для використання в ескізах, наприклад, робота з обладнанням або маніпулювання даними.

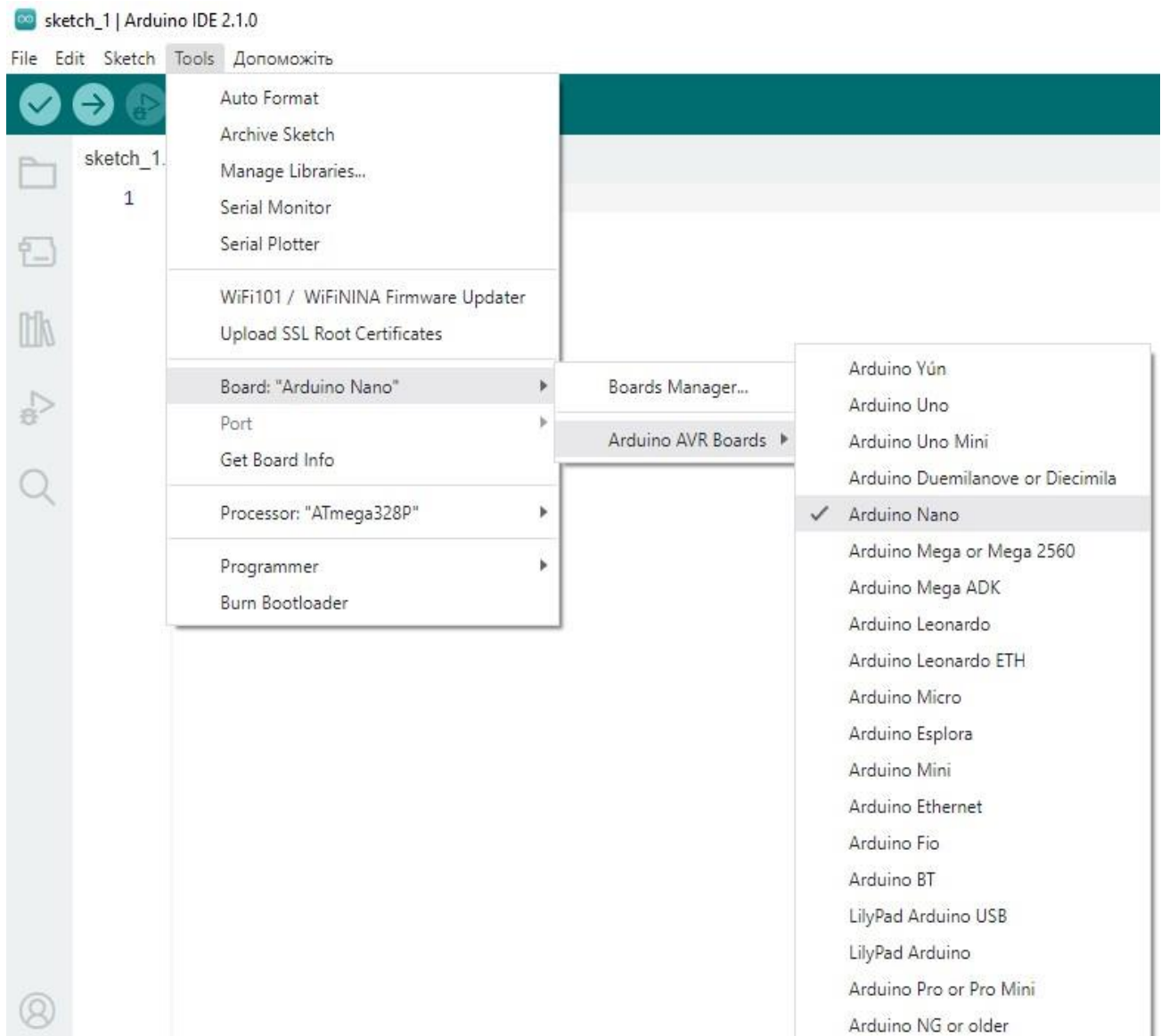


Рисунок 3.4 – Вибираємо плату

Щоб використати бібліотеку в ескізі, потрібно вибрати її в меню «Ескіз» далі «Імпортувати бібліотеку». Тому необхідно завантажити бібліотеку для давача ТРА81 і встановлюємо її в Arduino IDE, це зображено на рисунку 3.5.

Також потрібно завантажити бібліотеку для OLED-дисплея і встановити її в Arduino IDE, це зображено на рисунку 3.6. Оскільки бібліотеки завантажуються на дошку разом із ескізом, вони збільшують обсяг місця, який він займає. Якщо

ескіз більше не потребує бібліотеки, можна просто видалити його оператори `#include` у верхній частині коду.

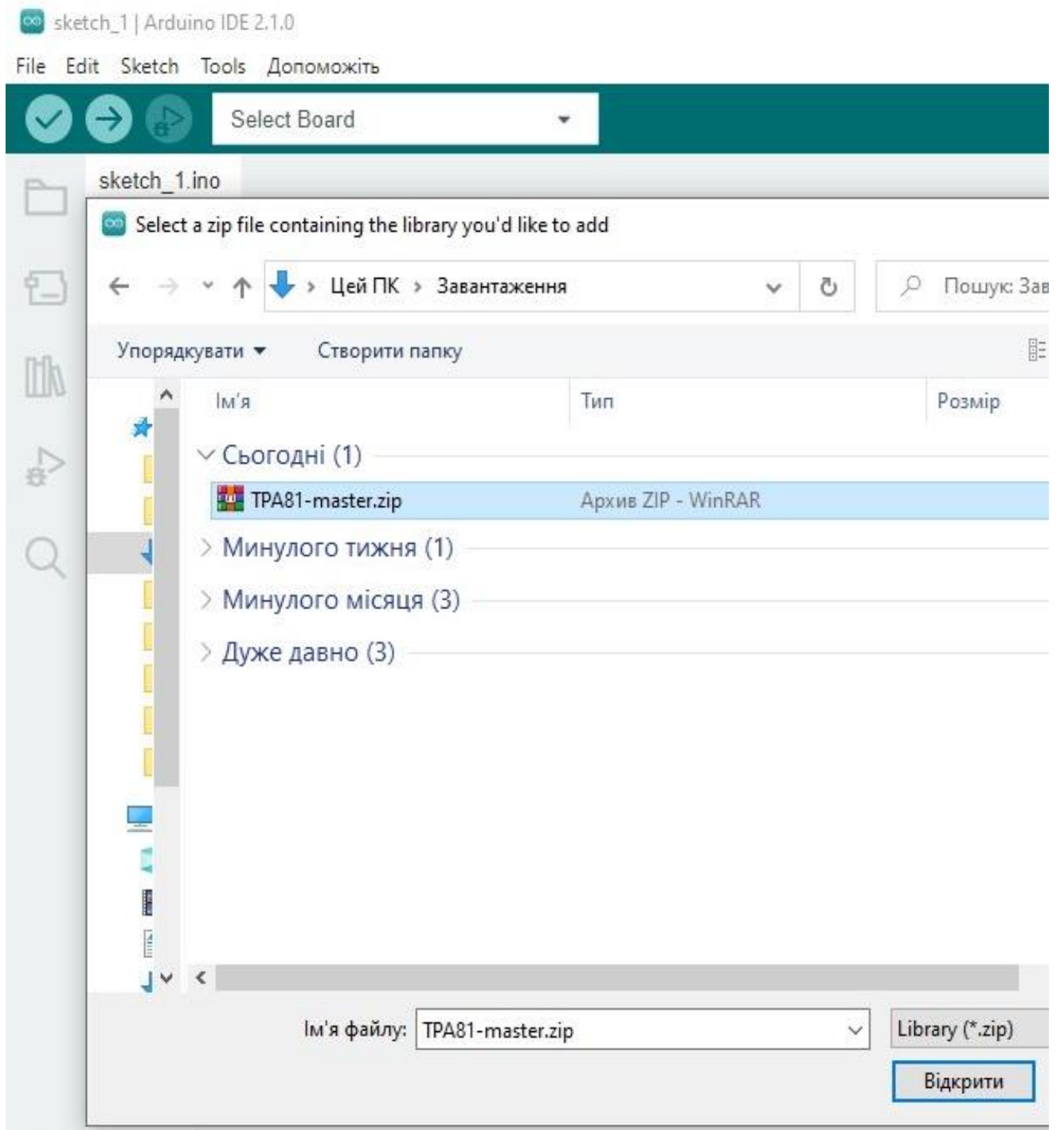


Рисунок 3.5 – Завантаження бібліотеки для датчика TPA81 в Arduino IDE

Arduino IDE дозволяє керувати ескізами з кількома файлами (кожен з яких відображається на окремій вкладці). Це можуть бути звичайні файли коду Arduino

(без видимого розширення), файли C (розширення .c), файли C++ (.cpp) або файли заголовків (.h).

Перед компіляцією ескізу всі звичайні файли коду Arduino ескізу (.ino, .pde) об'єднуються в один файл у порядку, у якому відображаються вкладки. Інші типи файлів залишаються без змін.

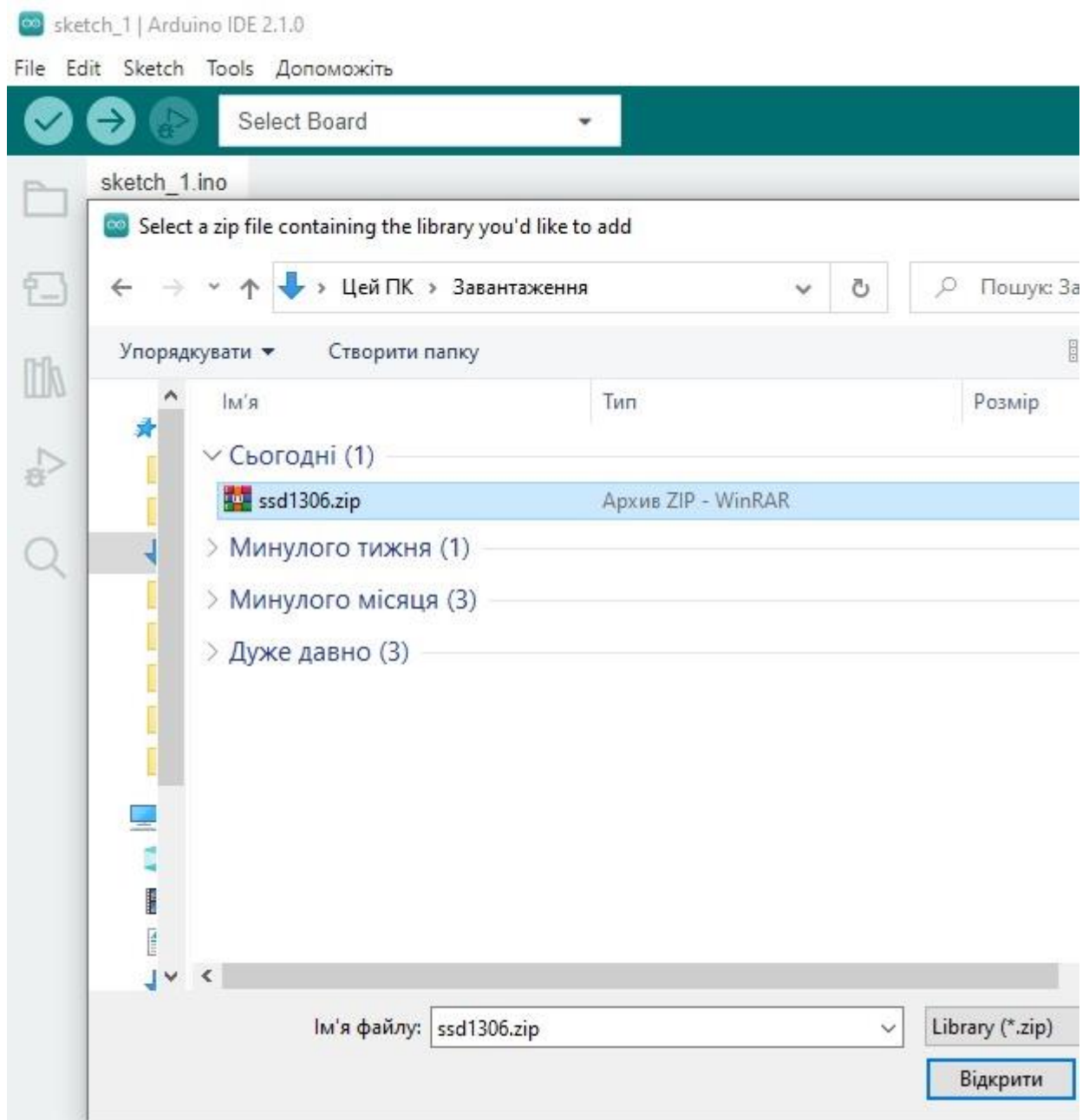


Рисунок 3.6 – Завантаження бібліотеки для OLED-дисплея в Arduino IDE

Для того, щоб намалювати схему апаратних підключення компонентів та електричну принципову схему, буде використано Fritzing.

Fritzing – це вільне та відкрите програмне забезпечення, призначене для створення схем електричних кола, розробки плат РСВ (Printed Circuit Board) та візуалізації прототипів проектів з використанням різних електронних компонентів.

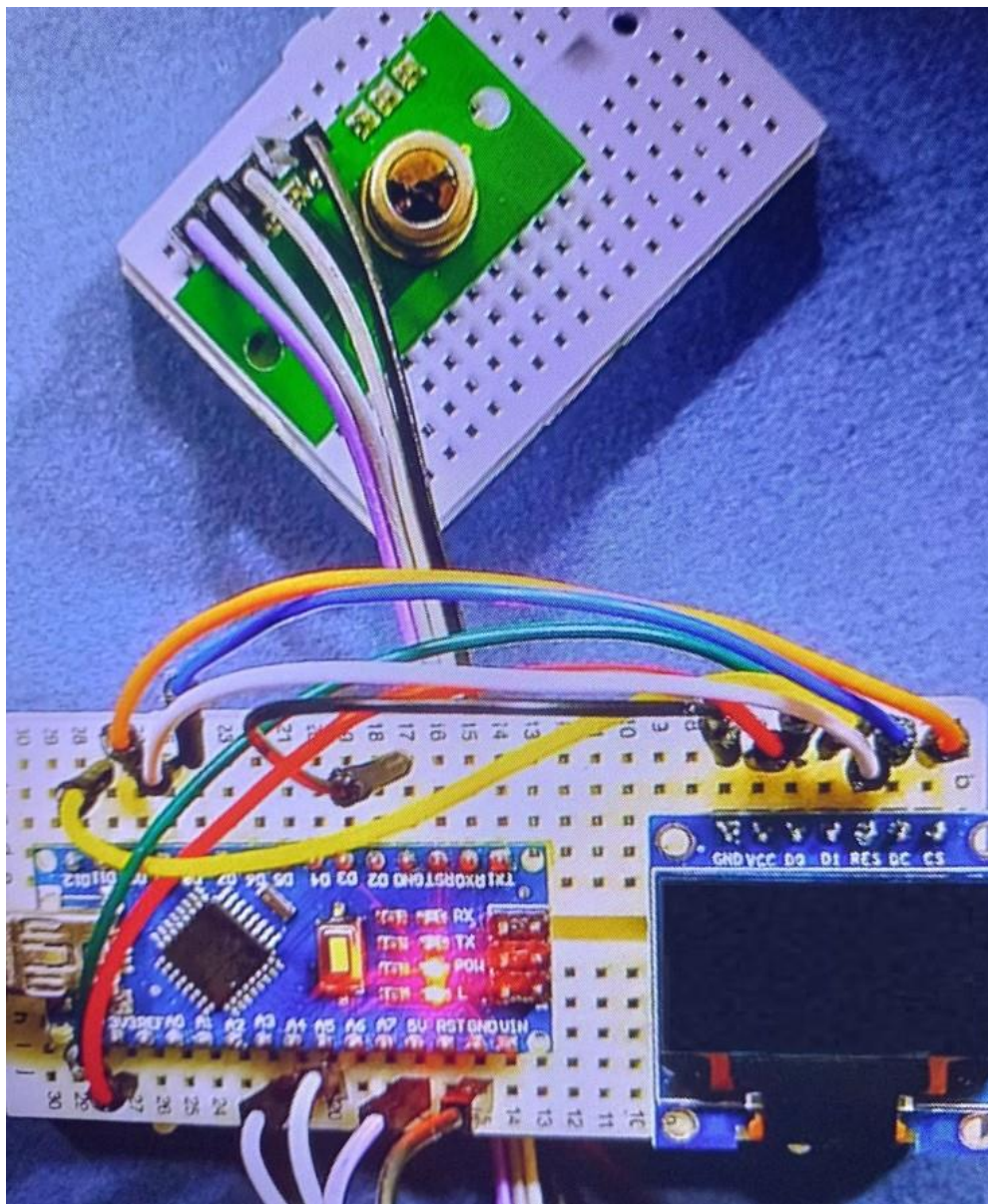


Рисунок 3.7 – Апаратні з'єднання проекту

Fritzing дозволяє імпортувати та експортувати файли у різних форматах, що спрощує співпрацю та обмін проектами з іншими користувачами. Він також надає бібліотеки з великою кількістю електронних компонентів.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Fritzing є корисним інструментом для розробки прототипів проектів, створення схем та дизайну РСВ. Він допомагає візуалізувати та комунікувати електронні проекти, що спрощує їх розробку та реалізацію. В середовищі Fritzing інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і візуальний підхід до проектування схем Fritzing, це робить його особливо корисним для використання в проекті.

На рисунку 3.8 зображено як виглядає середовище Fritzing при запуску.

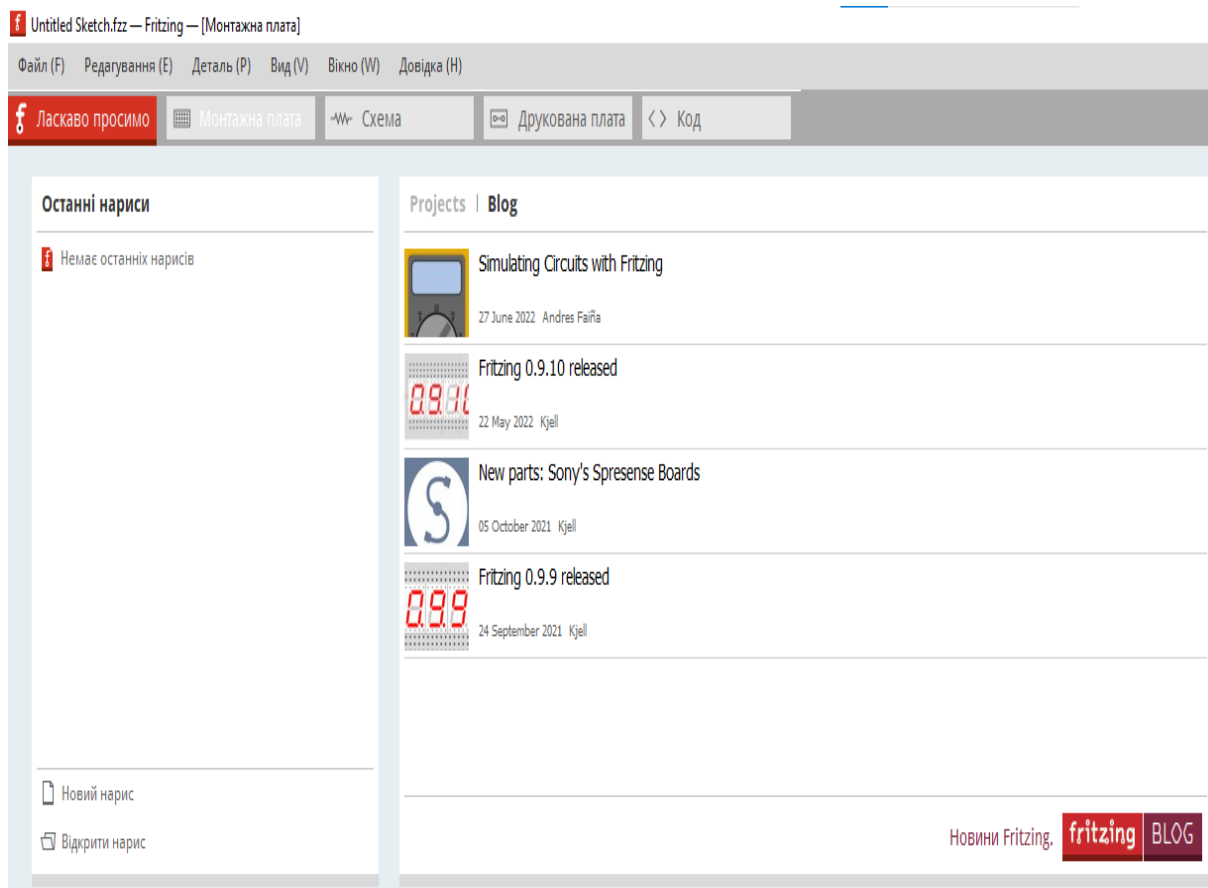


Рисунок 3.8 – Fritzing

Апаратне забезпечення яким є середовищі Fritzing, з відкритим вихідним кодом також допомагає полегшити проблему драйверів пристроїв для спільноти вільного програмного забезпечення з відкритим кодом. Що дозволяє добавляти деталі, яких немає у середовищі Fritzing.

Необхідно завантажити бібліотеку для OLED-дисплея SPI 128X64, у Fritzing. На рисунку 3.9 зображена схема апаратних з'єднань.

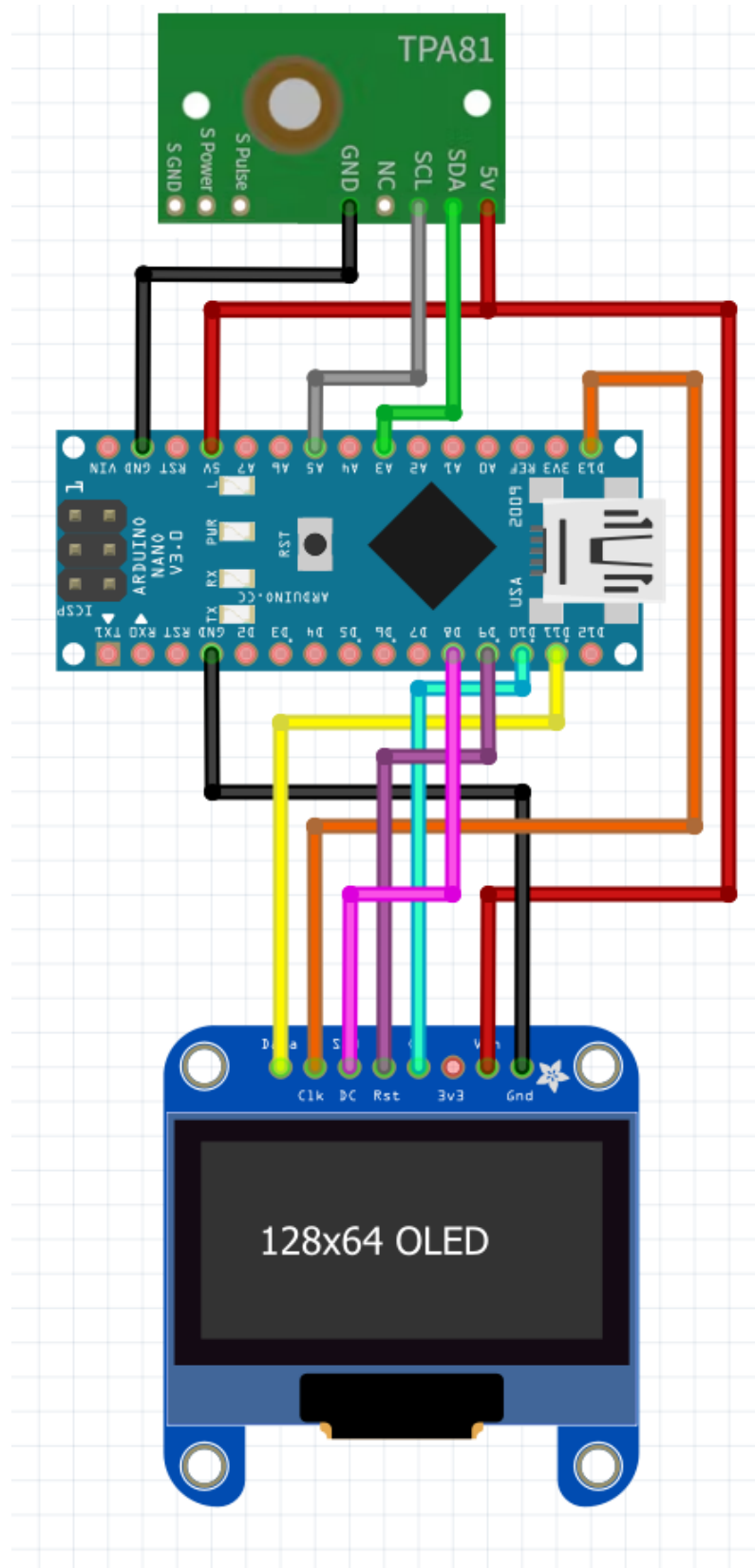


Рисунок 3.9 – Схема підключення компонентів

На рисунку 3.10 зображена схема електрична-принципова.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

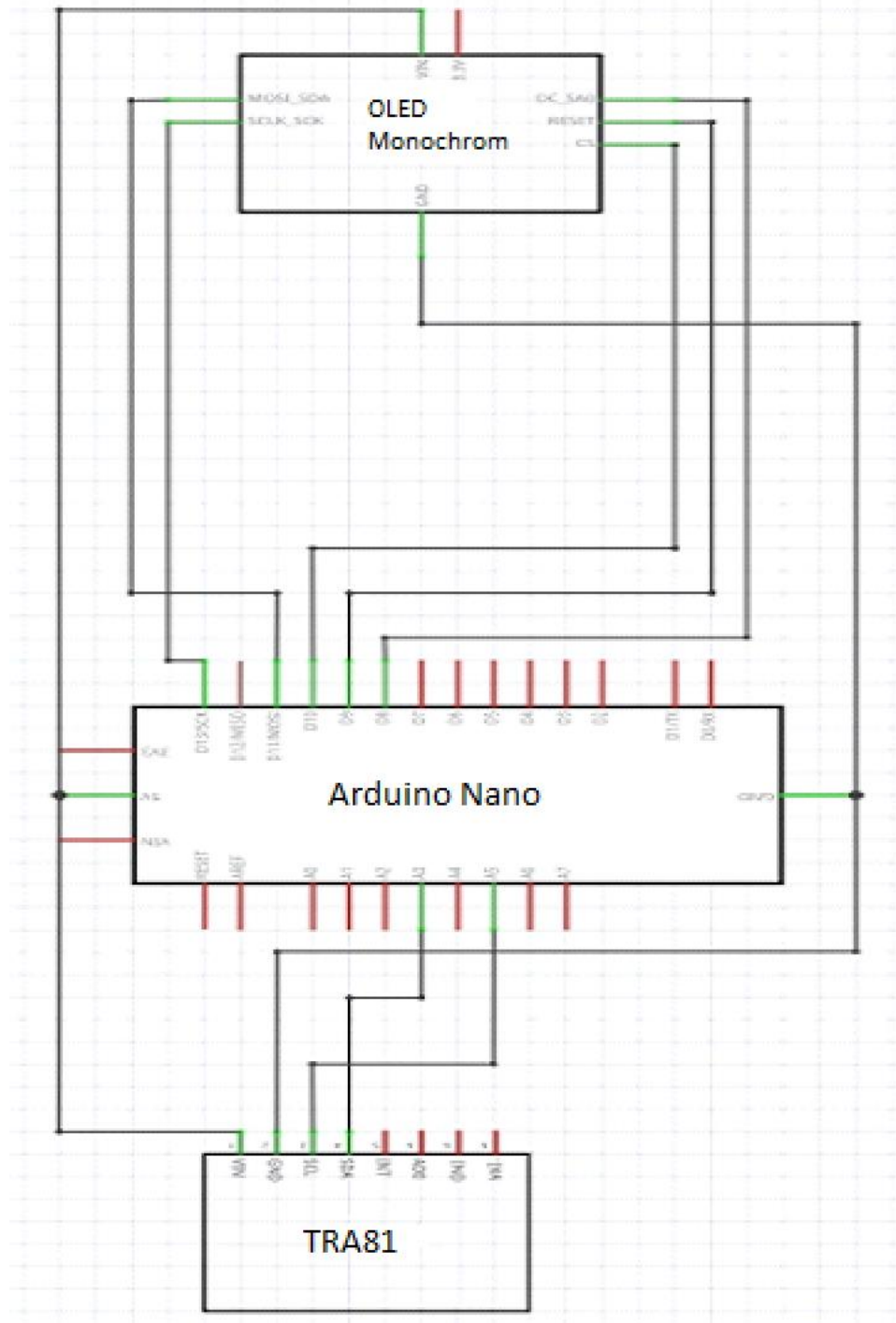


Рисунок 3.10 – Схема електрична принципова

### 3.2 Програмна реалізація для виявлення рухів руки

У даному проєкті використовується два файли для програмування датчика TRA81 та програмування OLED-дисплея SPI 128X64, файл «sketch\_1» і файл «sketch\_2».

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Код який знаходиться у файлі «sketch\_1», використовується щоб визначити температуру інфрачервоного випромінювання руки. Щоб визначити жест рукою, ми повинні знати температуру інфрачервоного випромінювання руки та встановити її як зсув.

Код який знаходиться у файлі «sketch\_2» використовується, щоб визначити жест рукою.

В таблиці 3.1, наведено опис основних функцій.

Таблиця 3.1 – Опис основних функцій ПЗ

№ з п	Назва	Опис
1	Wire.begin();	Функція яка потрібна, щоб запустити бібліотеку Wire, яка потрібна, щоб використання бібліотеки ТРА81.
2	Serial.print(tpa.getAmbient())	Функція для передачі даних з індикатора температури інфрачервоного випромінювання
3	Serial.print(tpa.getPoint(i))	Функція для передачі даних всіх температурних точок інфрачервоного випромінювання
4	for (int i = 1; i <= 8; i++)	Цикл
5	if (tpa.getPoint(i)>29	Функція виконує певну умову, яка задана в дужках
6	Serial.print("# ")	Функція для передачі даних, замість числа температури інфрачервоне випромінювання руки, передає на ту позицію знаку "#"
7	Serial.print(". ")	Функція для передачі даних, замість числа температури інфрачервоне випромінювання руки, передає на ту позицію знаку "."

Код наведений нижче, з першого файлу «sketch\_1».

Перш за все необхідно підключити бібліотеки:

```
#include "Wire.h"
```

```
#include "TPA81.h"
```

Далі створити новий екземпляр датчика TPA81:

```
TPA81 tpa;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  Wire.begin();
```

```
}
```

В кодї наведеному нижче, виводиться індикатор та всі температурні точки інфрачервоного випромінювання.

```
void loop() {
```

```
  Serial.print(tpa.getAmbient());
```

```
  Serial.print(" ");
```

```
  for (int i = 1; i <= 8; i++)
```

```
  {
```

```
    Serial.print(tpa.getPoint(i));
```

```
    Serial.print(" "); }
```

```
  Serial.println(" ");
```

```
  delay(100);
```

```
}
```

Далі поклавши руку перед датчиком TPA81, можна побачити результат який показаний на рисунку 3.11, перше число в кожному рядку відповідає загальній температурі інфрачервоному випромінюванню руки перед датчиком.

Код з другого файлу «sketch\_2».

Перш за все, потрібно підключили бібліотеки:

```
#include "Wire.h"
```

```
#include "TPA81.h"
```

Далі необхідно створити новий екземпляр датчика TPA81:

```
TPA81 tpa;
```

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
}

```

В кодї наведеному нижче, виводиться індикатор інфрачервоного випромінювання:

```

void loop() {
  Serial.print(tpa.getAmbient());
  Serial.print(" ");
}

```

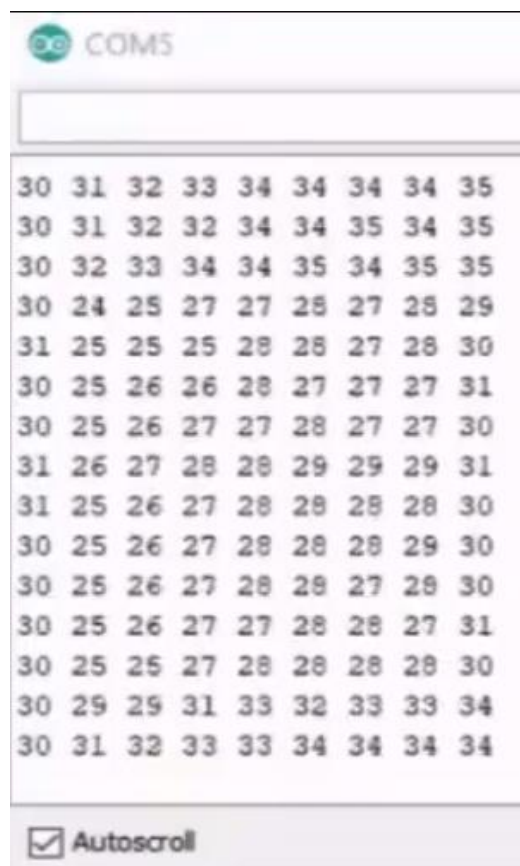


Рисунок 3.11 – Інфрачервоне випромінювання руки перед давачем ТРА81

Далі необхідно виставити 29 градусів, як температуру зсуву:

```

for (int i = 1; i <= 8; i++) {
  if (tpa.getPoint(i)>29)
    Serial.print("# ");
  else Serial.print(". ");
}

```

```

}
Serial.println(" ");
delay(100);
}

```

Можна побачити рух руки перед ТРА81 на рисунку 3.12, цифри було замінено на знак "#", якщо інфрачервоне випромінювання вище 29 градусів і на знак ".", якщо нижче.

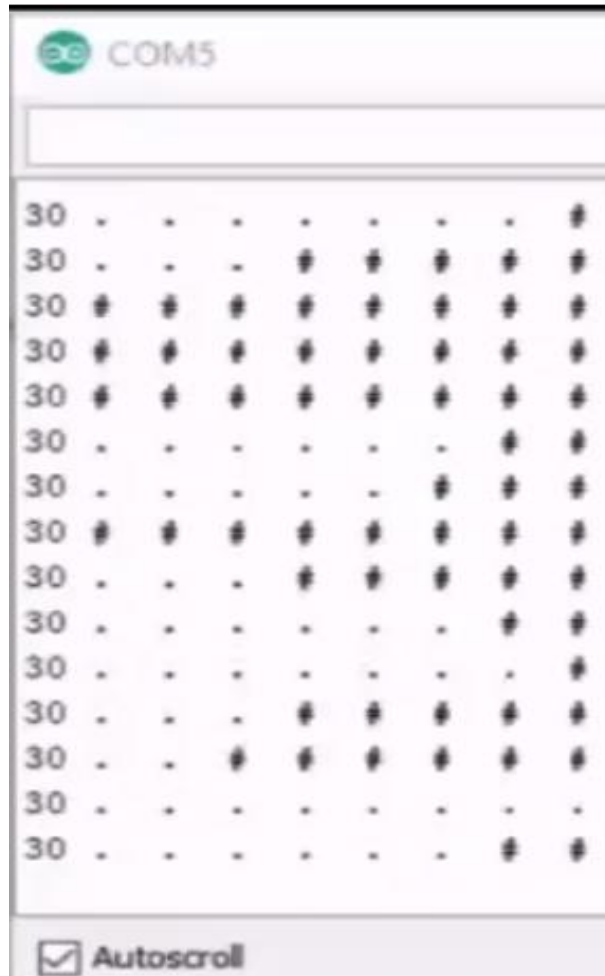


Рисунок 3.12 – Рух руки перед датчиком ТРА81

Нижче наведена частина коду, який потрібен для виявлення простих жестів, в дипломному проекті це збільшення або зменшення гучності на OLED-дисплеї:

Перш за все, потрібно підключити бібліотеки:

```

#include "Wire.h"
#include "TRA81.h"

```

```
#include "ssd1306.h"
```

```
#include "DHT.h"
```

Необхідно створити новий екземпляр датчика ТРА81 і визначити розмір дисплею та підключення пінів:

```
TPA81 tpa;
```

```
#define VCCSTATE SSD1306_SWITCHCAPVCC
```

```
#define WIDTH 128
```

```
#define HEIGHT 64
```

```
#define PAGES 8
```

```
#define VCCSTATE SSD1306_SWITCHCAPVCC
```

```
#define OLED_RST 9
```

```
#define OLED_DC 8
```

```
#define OLED_CS 10
```

```
#define SPI_MOSI 11
```

```
#define SPI_SCK 13
```

```
uint8_t OLED_buf[WIDTH * HEIGHT / 8];
```

В кодї нижче визначаються типи даних та прапор очікування:

```
int gesture[8][20];
```

```
int tgesture[8];
```

```
int sum=0;
```

```
int gcount;
```

```
int sflag;
```

```
int gcount;
```

```
int c;
```

```
int ex;
```

```
int vol=5;
```

Визначаємо швидкість читання та довжиною хвили:

```
for (int y = 0; y <= 7; y++) {
```

```
sum += gesture[y][gcount];
```

```
delay(5);}
```

					КВРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

```

Serial.println(" ");
delay(50);
gcount++;
Serial.print("sum : ");
Serial.println(sum);
Serial.print("lentgh of gesture : ");
Serial.println(gcount);
Зчитуємо пікселі та передаємо дані:
if (sflag==1 && sum!=8){
Serial.println("start gesture");
gcount=0;
c=0;
sum=0;
while (sum<8)
{
sum=0;
for (int i = 0; i <= 7; i++)
{
Serial.print("#");
Serial.print(" ");
gesture[i][0]=1;}
else{
Serial.print(".");
Serial.print(" ");
gesture[i][0]=0;}
}

```

На рисунку 3.14, зображено блок-схему алгоритму роботи програми.



Рисунок 3.14 – Блок-схема алгоритму роботи програми

### 3.3 Висновок

В даному розділі роботи було реалізовано:

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

1) фізичне підключення датчика ТРА81 та OLED-дисплея до Arduino Nano R3;

2) написання коду за допомогою середовища розроблення програмного забезпечення Arduino IDE.

3) підсистему розпізнавання жестів на базі мікросхеми Arduino Nano R3, з використанням 8-піксельного інфрачервоного датчика а також OLED-дисплея.

Розроблена підсистема розпізнавання жестів, може бути застосована як складова частина кіберфізичної системи «Розумний будинок».

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

В результаті дипломного проектування було реалізована підсистема розпізнавання жестів на платформі Arduino, для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

В першому розділі кваліфікаційної роботи було здійснено аналіз області розпізнавання рухів та жестів. Було здійснено аналіз переваг та недоліків відомих систем розпізнавання жестів. Визначено основні принципи роботи та функції, які повинна виконувати підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

В другому розділі був проведений аналіз наявних апаратних складових, описано їх характеристики, також було описано особливості чому самі такі апаратні складові обрано для створення підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

В третьому розділі було розроблено підсистему розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

Дипломна робота спрямована на розробку підсистема розпізнавання жестів, яка може бути інтегрована в систему розумного будинку, дана реалізація може бути покращена.

Практична цінність роботи полягає в спроектованій та реалізованій підсистемі розпізнавання жестів на платформі Arduino, яка може бути застосована як складова частина в кіберфізичній системі «Розумний будинок».

					КвРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Jared D. Building Arduino for the Internet of Things. New York City: Apress, 2018. 285 p.
2. Shovic J. Raspberry Pi IoT Projects: Prototyping Experiments for Makers. New York City: Apress, 2019. 233 p.
3. Lea P. Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security. Birmingham: Packt Publishing, 2018. 524p.
4. Solanki V., Garcia Diaz V., Davim J. P. Handbook of IoT and Big Data. Florida: CRC Press, 2019. 356 p.
5. Hassan Q. F., Madani S. A. Internet of Things: Challenges, Advances, and Applications. Florida: CRC Press, 2019. 436 p.
6. Geddes M. Arduino Project Handbook. San Francisco: No Starch Press, 2019. 272 p.
7. Geddes M. Arduino Project Handbook, Volume 1: 25 Simple Electronics Projects for Beginners. San Francisco: No Starch Press, 2019. 272 p.
8. Turner R. Arduino Programming: The Ultimate Intermediate Guide to Learn Arduino Programming Step by Step. Amazon Digital Services LLC – KDP Print US, 2019. 337 p.
9. Hughes M. J. Arduino: A Technical Reference: A Handbook for Technicians, Engineers, and Makers. Sebastopol, California: O'Reilly Media, 2019. 638 p.
10. Knight S. Arduino for Beginners: Step-By-Step Guide to Arduino (Arduino Hardware & Software). Amazon Digital Services LLC – KDP Print US, 2018. 140 p.
11. Bhattacharjee S. Practical Industrial Internet of Things Security. Birmingham, United Kingdom: Packt Publishing Ltd, 2018. 324 p.
12. Arduino Leonardo. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Leonardo> (дата звернення: 17.04.2023).

					КВРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

13. Arduino Nano R3 Technical Details. URL: <http://static6.arrow.com/aropdfconversion/97b354c3cd11851042ebd1fd252fbd6b6def5a73/adafruit2877arduinouno.pdf> (дата звернення: 17.04.2023).

14. Arduino programming notebook. URL: <http://engineering.nyu.edu/gk12/amps-cbri/pdf/ArduinoBooks/Arduino%20Programming%20Notebook.pdf> (дата звернення: 17.05.2023).

15. MiMi Smart. URL: [https://www.smarthouse.ua/ua/upravlenie\\_osvecsheniem.html](https://www.smarthouse.ua/ua/upravlenie_osvecsheniem.html) (дата звернення: 21.04.2023).

16. Smart House. URL: <http://hifidom.com.ua/statti/smarthome/distcontrol> (дата звернення: 21.04.2023).

17. Smart house. URL: <https://nachasi.com/tech/2018/06/25/smart-house-faq/> (дата звернення: 22.04.2023).

18. TinyCircuits. URL: <https://tinycircuits.com/> (дата звернення: 22.04.2023).

19. Smart Home With Arduino. URL: <https://www.instructables.com/Smart-home-with-arduino/> (дата звернення: 22.04.2023).

20. Arduino. URL: <https://www.arduino.cc> (дата звернення: 22.04.2023).

21. Building a system on Arduino. URL: <https://card-file.onaft.edu.ua/handle/123456789/10929> (дата звернення: 25.04.2023).

22. Programming. URL: [http://eprints.zu.edu.ua/25722\\_%20C.%20B..pdf](http://eprints.zu.edu.ua/25722_%20C.%20B..pdf) (дата звернення: 25.04.2023).

23. Remote control. URL: <https://victorborisov.livejournal.com/258966.html> (дата звернення: 25.04.2023).

24. Adafruit. URL: <https://learn.adafruit.com/adafruit-cc3000-wifi> (дата звернення: 25.04.2023).

25. Broad. URL: <https://broadlink.com.ua> (дата звернення: 26.04.2023).

26. Xiaomi. URL: <https://www.xiaomi.ua/mi-smart-home/> (дата звернення: 25.04.2023).

27. Ajax. URL: <https://ajax.systems.ua/> (дата звернення: 26.04.2023).

28. Fibaro. URL: <https://www.fibaro.com/ru/> (дата звернення: 01.05.2023).

					КВРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

29. Link Labs. URL: <https://www.link-labs.com/blog/thread-vs-zigbee-for-iot-engineers> (дата звернення: 01.05.2023).
30. Pololu. URL: <https://www.pololu.com/> (дата звернення: 05.05.2023).
31. Arduino Nano. URL: [https://www.twinschip.com/Arduino\\_Nano\\_V3.0](https://www.twinschip.com/Arduino_Nano_V3.0) (дата звернення: 05.05.2023).
32. Devantech TPA81. URL: <https://www.robotgear.com.au/Product.aspx/Discontinued/294-Devantech-TPA81-8x1-Thermopile-Array-Infrared-Sensor> (дата звернення: 05.05.2023).
33. OLED Display. URL: <https://www.robotgear.com.au/Product.aspx/Details/8855-Graphical-OLED-Display-128x64-1-3-White-SPI> (дата звернення: 05.05.2023).
34. Orvibo. URL: <https://www.orvibo.com/en/index.html> (дата звернення: 05.05.2023).
35. Amazon. URL: <https://www.amazon.com/> (дата звернення: 05.05.2023).
36. Fritzing. URL: <https://fritzing.org> (дата звернення: 05.05.2023).
37. Premium Female/Male Extension Jumper Wires. URL: <https://www.newark.com/adafruit/826/wire-gauge-28awg/dp/88W2802> (дата звернення: 05.05.2023).
38. MCBB400. URL: [https://www.newark.com/multicomp/mcbb400/breadboard-solderless-abs/dp/99W1759?COM=ref\\_hackster&CMP=Hackster-NA-project-7ca8bc-May-23](https://www.newark.com/multicomp/mcbb400/breadboard-solderless-abs/dp/99W1759?COM=ref_hackster&CMP=Hackster-NA-project-7ca8bc-May-23) (дата звернення: 05.05.2023).
39. TPA81 Thermopile Array Technical Specification. URL: <http://www.robot-electronics.co.uk/htm/tpa81tech.htm> (дата звернення: 06.05.2023).
40. Efficient Controller Auto-tuning. URL: <https://habrahabr.ru/company/coolrf/blog/235881/> (дата звернення: 10.05.2023).
41. Giernacki W., Horla D., Saska M. In-flight Efficient Controller Auto-tuning using a Pair of UAVs. *In 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2020. 1307 p.
42. Carroll S., Vitzilaios N. UAS Sensor Deployment and Retrieval to the Underside of Structures. *In 2021 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, 2021. 900 p.

					КВРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

43. Chandra S. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*. San Francisco: No Starch Press, 2018. 331 p.
44. Gong A., Verstraete D. *Performance testing and modeling of a brushless dc motor*. San Francisco: No Starch Press, 2018. 454 p.
45. Nikhil N., Shreyas S. M., Vyshnavi G., Yadav, S. Unmanned aerial vehicles (UAV) in disaster management applications. *In 2020 Third International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT)*, 2020. 148 p.
46. Parmar R. P. *Decryption and Design of a Multicopter Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Heavy Lift Agricultural Operations*. Agricultural Informatics: Automation Using the IoT and Machine Learning, 2021. 221 p.
47. Wu H., Li, H., Wei Z., Zhang N., Tao, X. Secrecy performance analysis of air-to-ground communication with UAV jitter and multiple random walking eavesdroppers. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2020. 584 p.
48. Gunawan T. S., Yahya W. A., Sulaeman E., Kartiwi M., Janin Z. *Development of control system for quadrotor unmanned aerial vehicle using LoRa wireless and GPS tracking*. San Francisco: No Starch Press, 2020. 681 p.
49. Kim K. S., Ha H. S., Lee J. C. *Transponder and Ground Station Systems for Drones*. *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, 2020. 215 p.
50. Liu Y., Liang W., Zhou Y. *GPS/INS Integrated Navigation with LSTM Neural Network*. *In 2021 4th International Conference on Intelligent Autonomous Systems (ICoIAS)*, 2021. 350 p.
51. Zhang S., Chen C., Sun Z., Sun T. *Development of a low-cost quadrotor UAV based on ADRC*. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 2019. 287 p.
52. Faisal I. A., *Review of accelerometer sensor and gyroscope sensor in IMU sensors on motion capture*. San Francisco: No Starch Press, 2019. 829 p.
53. Youn W., Choi H., Rhudy M. B. *Accelerometer faulttolerant model-aided state estimation*. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2020. 853 p.
54. Faisal I. A., Purboyo T. W. *Review of accelerometer sensor and gyroscope sensor in IMU sensors on motion capture*. San Francisco: No Starch Press, 2019. 829 p.

55. Ren Z., Fu W., Li Y., Yan B., Zhu S., Yan J. Enhanced attitude control of unmanned aerial vehicles based on virtual angular accelerometer. *IEEE Access*, 2019. 343 p.

56. Celis R., Cadarso L. An estimator for UAV ation based on accelerometers, and aerodynamic coefficients. *NAVIGATION, Journal of the Institute of Navigation*, 2018. 334 p.

57. D'Amato E., Scordamaglia V. UAV sensor FDI in duplex attitude estimation architectures using a set-based approach. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 2018. 275 p.

58. Paez S., Goebel K. A hybrid battery model for prognostics in small-size electric UAVs. *In Annual Conference of the PHM Society*, 2018. 157 p.

59. Vyshnavi G. *Arduino: A Technical Reference*. Sebastopol, California: O'Reilly Media, 2020. 348 p.

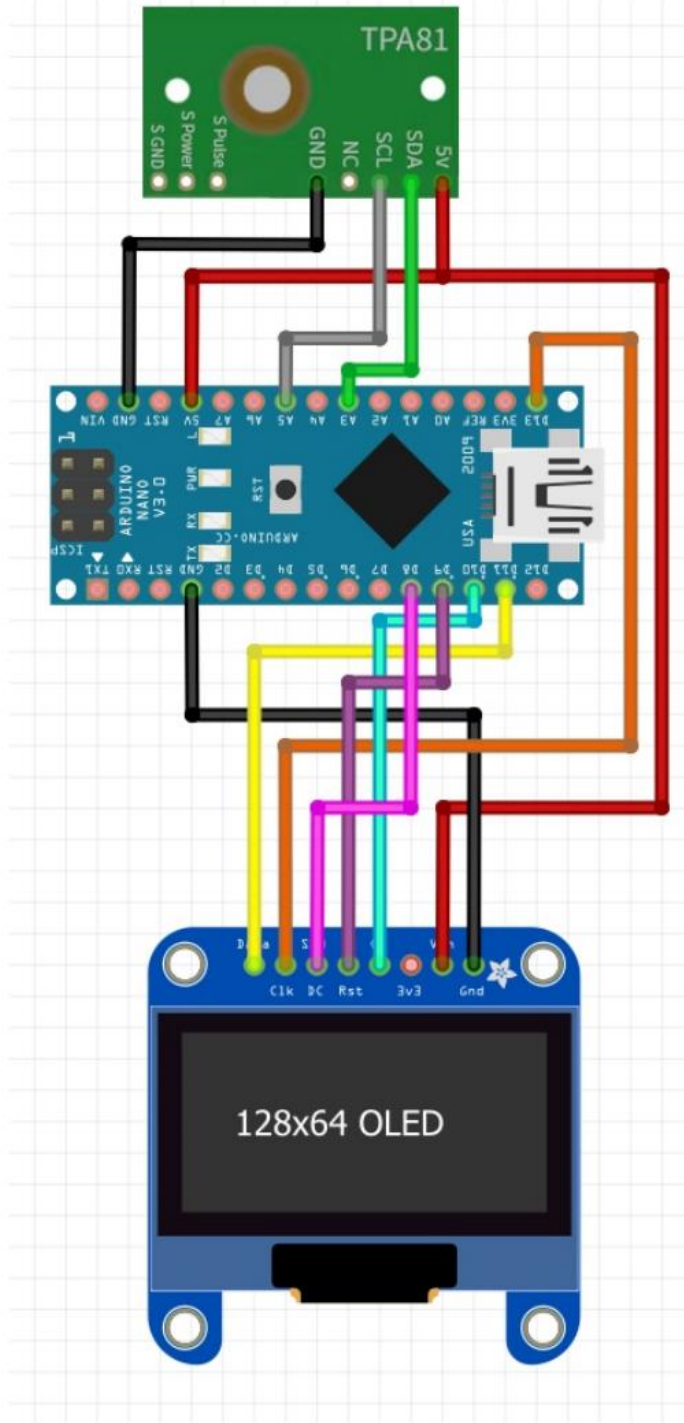
60. Verstraete D. *Arduino for Beginners*. Amazon Digital Services LLC – KDP Print US, 2018. 140 p.

					КВРКІ 190219.06.04.41 ПЗ	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

# Додаток А

(обов'язковий)

Копія креслення «Схеми апаратних з'єднань»



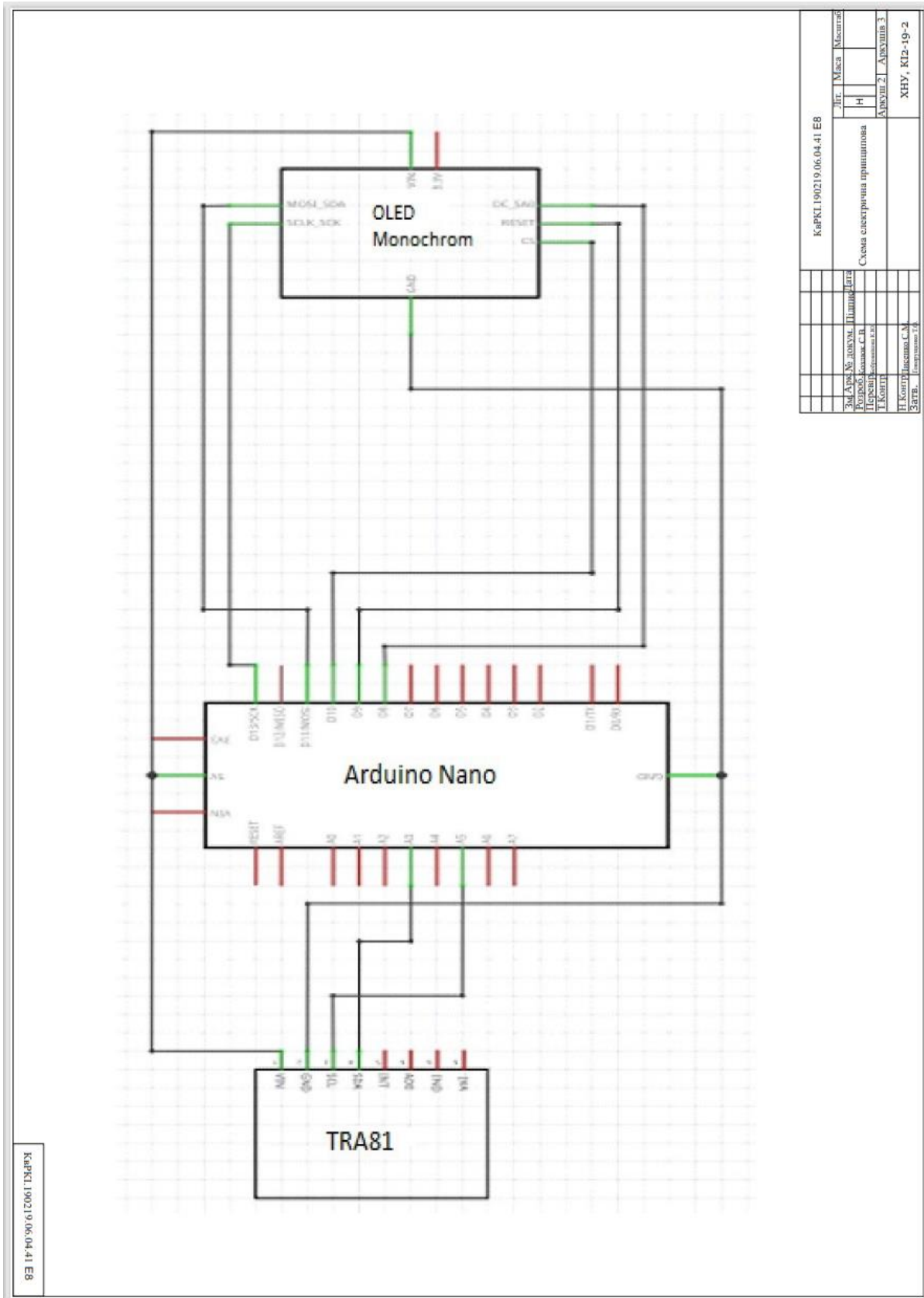
КарКЛ190219.06.04.41 Е8			
Літ.	Маса	Масштаб	
	Н		
Схема апаратних з'єднань			
Зм. Аудіо	Ж. Локум.	Пашов	Дітєв
Рубеж	Кочан	С. В.	
Перевір.	Богданов	С. В.	
Т. Кош			
Н. Кош	Пашов	С. М.	
Б. Г. В.	Пашов	С. М.	
			ХНУ, КЛ-19-2

КарКЛ190219.06.04.41 Е8

# Додаток Б

(обов'язковий)

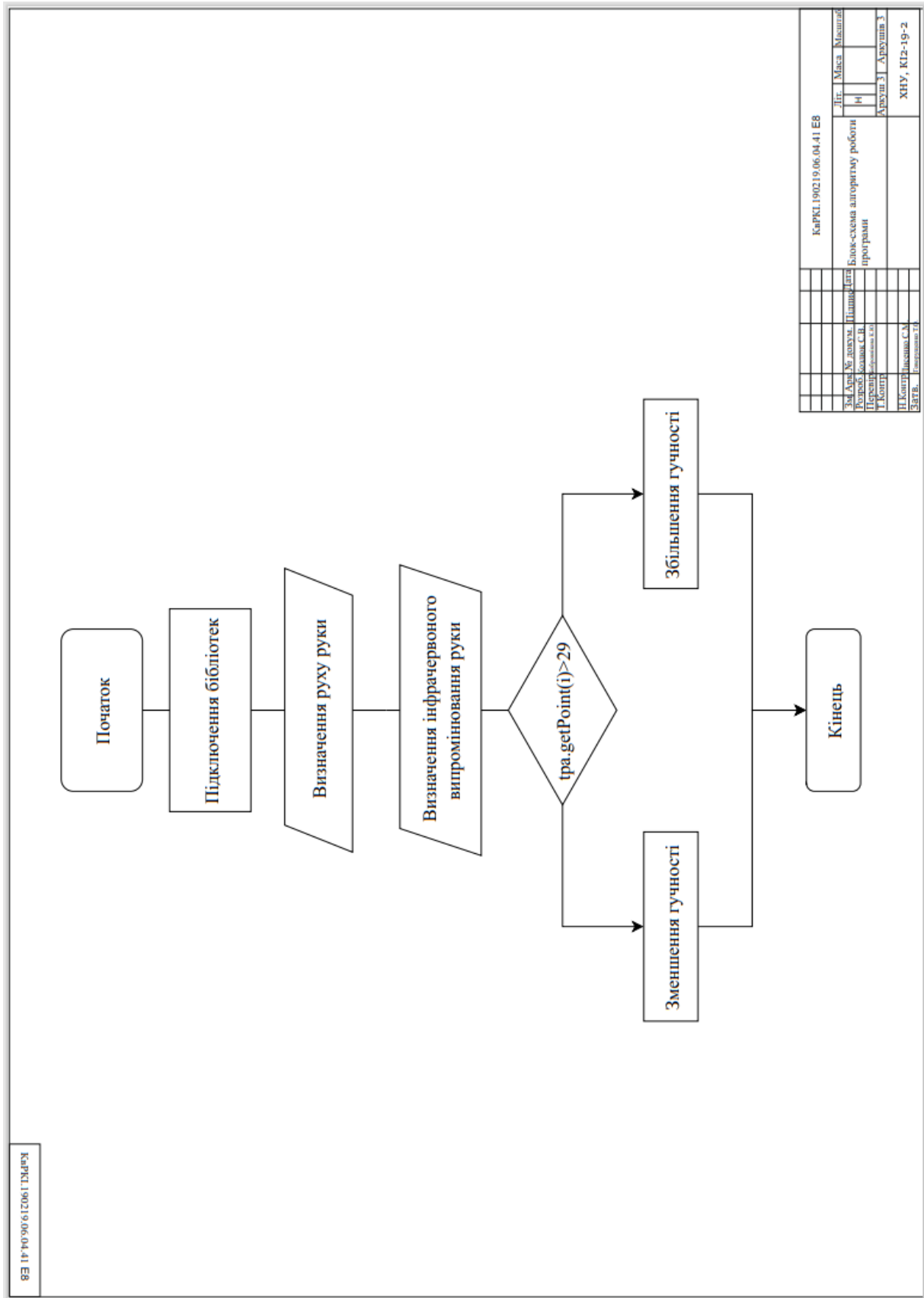
Копія креслення «Схеми електрична принципова»



# Додаток В

(обов'язковий)

Копія креслення «Блок-схема алгоритму роботи програми»



**Додаток Г**  
Лістинг коду

*Файл «sketch\_1»*

```
#include "Wire.h"
#include "TPA81.h"
TPA81 tpa;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Wire.begin();
}
void loop() {
  Serial.print(tpa.getAmbient());
  Serial.print(" ");
  for (int i = 1; i <= 8; i++)
  {
    Serial.print(tpa.getPoint(i));
    Serial.print(" ");
  }
  Serial.println(" ");
  delay(100);
}
```

*Файл «sketch\_2»*

```
#include "Wire.h"
#include "TPA81.h"
TPA81 tpa;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
```

```
Wire.begin();  
}  
void loop() {  
  Serial.print(tpa.getAmbient());  
  Serial.print(" ");  
  for (int i = 1; i <= 8; i++) { if (tpa.getPoint(i)>29)  
    Serial.print("# ");  
    else  
    Serial.print(". ");  
  }  
  Serial.println(" ");  
  delay(100);  
}
```

User name:  
Кафедра КІ

Check ID:  
1015452701

Check date:  
06.06.2023 11:36:11 EEST

Check type:  
Doc vs Internet + Library

Report date:  
06.06.2023 11:50:23 EEST

User ID:  
100005591

File name: Козлюк\_2\_Підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний буд...

Page count: 64 Word count: 10299 Character count: 77792 File size: 3.27 MB File ID: 1015112532

Text modifications detected (similarity score might be affected)

## 10.4% Matches

Highest match: 2.55% with Internet source (<http://elar.khnu.km.ua/jspui/bitstream/123456789/10395/1/%D0%92%D0%B0%D0%B...>)

9.92% Internet sources

84

Page 66

3.94% Library sources

112

Page 67

## 0% Quotes

Quotes

2

Page 68

References

1

Page 68

## 83.3% Exclusions

Some exclusions were automatic (exclusion filters: matched word count less than 8 words and 0%)

No Internet exclusions

83.3% Library exclusions

1

Page 68

## Modifind

Text modifications detected. Find more details in the online report.

Replaced characters

68

Suspicious formatting

11 Pages

## Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 56%

ID: 114868 Назва: БКР Підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок» Додано в БД: 2023-06-05 Автора: Козлюк С.В. Керівник: К.Ю. Бобровнікова Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	65084	574	82 (0%)	1 (0%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Козлюк Сергій Володимирович

Тема: Підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень  3  Кількість сторінок записки  60

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень:  У кваліфікаційній роботі досліджено і проаналізовано предметну область, розглянуто апаратні складові підсистеми розпізнавання жестів та середовище розроблення програмного забезпечення, визначено основні задачі, які повинна виконувати підсистема розпізнавання жестів. Була спроектована, зібрана з апаратних складових підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок» та розроблене відповідне програмне забезпечення.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню:  Кваліфікаційна робота відповідає поставленому завданню.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи:  В першому розділі дипломної роботи проведено аналіз області розпізнавання рухів та жестів та порівняльний аналіз переваг та недоліків відомих систем розпізнавання жестів. Визначено основні принципи роботи та функції, які повинна виконувати підсистема розпізнавання жестів. В другому розділі дипломної роботи проведено аналіз апаратних складових, з яких може бути побудована підсистема

розпізнавання жестів, наведено їх характеристики та обгрунтовано вибір апаратних складових для створення підсистеми розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок». В третьому розділі розроблено підсистему розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок».

4. Позитивні сторони роботи: Тематика кваліфікаційної роботи є актуальною, оскільки розпізнавання жестів має широке застосування в області кіберфізичних систем.

5. Негативні сторони роботи: Надмірна кількість теоретичного матеріалу.

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

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на задовільному інженерно-технічному рівні.

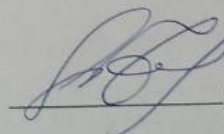
8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: задовільно (3,25/D).

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Григорій Юрій Вікторович доц. кафедри ІТ

26 06 2023 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КПС  
д-р.техн.наук, проф. Говорушенко Т. О.

Козлюк Сергій Володимирович  
ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-19-2

### 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 плагіат оповіщений(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.

06.06.2023р.  
дата

  
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: Підсистема розпізнавання жестів для керування кіберфізичною системою «Розумний будинок»

Автор: Козлюк Сергій Володимирович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Бобровнікова Кіра Юліївна, 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 оформленні посилання;
- 3) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до латинських символів в написанні коду та в символічних скороченнях, що не є модифікацією тексту.

виявлення збігів/ ідентичності/схожості, складає 10.4% і адресується до 196 першоджерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС

К. Ю. Бобровнікова

С. М. Лисенко

Т. О. Говорушенко