

МІНІСТРЕСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики

«До захисту допущено»
Завідувачка кафедри

_____ Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ
_____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»

за спеціальністю 171 «Електроніка» освітньо-професійної програми
«Електронні інформаційні системи»
на тему « СИСТЕМИ ФІКСАЦІЇ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ІR
ДАТЧИКІВ»

здобувача групи ЕП-01 Капусти Дмитра Віталійовича
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

_____ Дмитро КАПУСТА
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник асистент кафедри ЕЗПФ,
канд. фіз.-мат. наук,

_____ Андрій ЛОГВИНОВ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики
Спеціальність 171 – Електроніка, освітньо-професійна програма
«Електронні інформаційні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ЕЗПФ
Л.В.Ододворець
«01» травня 2024 року

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
Капусти Дмитра Віталійовича**

Тема роботи «**СИСТЕМИ ФІКСАЦІЇ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ НА
ОСНОВІ ІR ДАТЧИКІВ**»

Затверджена наказом СумДУ від «24» квітня 2024 р., № 0417-VI

2. Термін здавання здобувачем закінченої роботи: 24 травня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи (актуальність, мета):

Мета кваліфікаційної роботи полягає в аналізі наукової літератури з тематики систем фіксації рухомих об'єктів на основі ІR датчиків, а також дослідження конструктивних особливостей інфрачервоних датчиків та їх застосування в системах для фіксації рухомих об'єктів. В ході виконання кваліфікаційної роботи проведено аналіз конструктивних особливостей ІR датчиків та розроблену систему для виявлення рухомих об'єктів. Дослідження конструктивних особливостей та застосування таких систем у різних сферах є актуальною темою, яка має великий потенціал для подальшого розвитку систем безпеки та автоматизованих процесів на промислових об'єктах.

4. Зміст текстової частини роботи (перелік питань, які необхідно розробити):

1. Прицип роботи ІR датчиків, будова та переваги систем фіксації руху
2. Опис віртуальних емуляторів та сфери практичного застосування ІR датчиків.

3. Розробка та моделювання системи фіксації руху на основі IR датчиків.

4. Висновки

5. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу для презентації:

Слайд № 1-2: Мета та актуальність роботи

Слайд № 3: Принцип роботи пасивного інфрачервоного датчика (PIR).

Слайд № 4-7: Робочий інтерфейс, вбудовані редактори коду та панель вибору компонентів віртуальних середовищ Wokwi та Tinkercad.

Слайд № 9-10: Розроблена схема за допомогою середовища Tinkercad та код який написаний через вбудований редактор. Тестування розробленої схеми на коректність роботи.

Слайд № 11: Висновки.

Слайд № 12: Подяка.

6. Дата видачі індивідуального завдання: 01.05.2024 р.

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін Виконання етапів роботи	Примітка про стан виконання роботи
1.	Аналіз літературних даних	до 07.05.2024р	<i>вик.</i>
2.	Проведення експерименту, моделювання, розрахунків, обробка результатів	до 22.05.2023р	<i>вик.</i>
3.	Підготовка тексту кваліфікаційної роботи	до 26.05.2024р	<i>вик.</i>
4.	Попередній захист роботи	31.05.2024р., 10-00, онлайн	<i>вик.</i>
5.	Захист роботи в екзаменаційній комісії	05.06.2024р., 10-00, онлайн	

Здобувач вищої освіти

Керівник

Дмитро КАПУСТА

Андрій ЛОГВИНОВ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота викладена на 31 сторінках, зокрема, містить 9 рисунків, список використаних джерел складається з 19 найменувань.

Актуальність теми: Системи фіксації рухомих об'єктів на основі IR датчиків є важливою складовою в різних областях та застосовуються у різних сферах, включаючи безпеку та охорону, промислові об'єкти, медицину та віртуальну реальність. Подальший розвиток систем на основі IR датчиків дасть змогу використовувати ці датчики не тільки для охорони, а також для регулювання енергоефективності, зменшить кількість нещасних випадків на промислових об'єктах, забезпечить кращу оптимізацію енергоефективності.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягає в дослідженні та аналізі ефективності та переваг застосування в різних областях систем фіксації руху на основі IR датчиків та розробці власної системи із використанням віртуальних емуляторів.

У результаті проведених наукових досліджень встановлено, що системи фіксації руху на основі IR датчиків хоч і мають обширний спектр застосувань. Окрему увагу слід приділити вдосконаленню чутливості та точності цих систем, що дозволить підвищити їхню ефективність у складних умовах експлуатації та розширити можливості застосування.

Крім того, важливо враховувати фактори зовнішнього середовища, які можуть впливати на роботу IR датчиків, такі як температура, вологість та наявність перешкод. Розробка нових алгоритмів обробки сигналів та використання передових матеріалів для датчиків може суттєво покращити їхні характеристики. Розширення спектра використання IR датчиків включає також інтеграцію з іншими системами, такими як IoT (Інтернет речей) та AI (штучний інтелект), що дозволить створювати більш розумні та адаптивні системи для різних сфер життя та промисловості.

Ключові слова: IR датчик, WOKWI, система фіксації руху, Tinkercad, емуляція.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ТЕОРИТИЧНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМ ФІКСАЦІЇ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ІR ДАТЧИКІВ	7
1.1. Принцип роботи інфрачервоних датчиків.....	7
1.2. Будова інфрачервоного датчика.....	8
1.3. Переваги систем фіксації руху на основі ІR датчиків.....	10
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТУ	12
2.1. Віртуальні емулятори.....	12
2.2. Сфери застосування систем фіксації руху на основі ІR датчиків.....	17
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	20
3.1. Принцип дії системи.....	20
3.2. Написання коду для системи фіксації руху.....	22
3.3. Перевірка та тестування програми.....	27
ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30

ВСТУП

Інфрачервоний (IR) датчик руху - це електронний пристрій, призначений для виявлення руху об'єктів у зоні його дії за допомогою інфрачервоного випромінювання. Він працює на основі виявлення змін в рівні інфрачервоного випромінювання, які виникають, коли рухомі об'єкти перетинають його зону дії.

У сучасному світі зростає популярність використання різноманітних систем фіксації руху для автоматизації та контролю рухомих об'єктів у різних сферах життя. Одним із ключових компонентів таких систем є інфрачервоні (IR) датчики, які забезпечують виявлення руху за допомогою інфрачервоного випромінювання. Використання IR датчиків у системах фіксації руху має великий потенціал у різних областях, від безпеки та відеоспостереження до автоматизованих систем управління.

Ця робота присвячена дослідженню та аналізу систем фіксації руху на основі IR датчиків. У рамках роботи буде розглянуто загальні теоретичні аспекти принципу дії та будови IR датчиків, їхні переваги та можливі обмеження. Крім того, будуть розглянуті практичні аспекти використання віртуальних емуляторів для моделювання та тестування систем з використанням IR датчиків.

Метою цього дослідження є розгляд використання інфрачервоних датчиків у сферах безпеки, промисловості та медицини. Воно спрямоване на визначення переваг та можливостей роботи інфрачервоних датчиків та систем фіксації руху на їх основі. Важливою частиною цього аналізу є оцінка ефективності застосування інфрачервоних датчиків в системах безпеки, а також їх можливостей в виконанні задач з охорони об'єктів та синхронізації з автоматичними системами управління. Дослідження спрямоване на пошук перспективних варіантів застосування та ефективного впровадження з метою покращення безпеки на охоронних об'єктах та зменшенню ризиків для персоналу, який працює безпосередньо на промислових об'єктах, які управляються автоматичними системами на основі IR датчиків.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРИТИЧНИЙ ОГЛЯД СИСТЕМ ФІКСАЦІЇ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ НА ОСНОВІ ІR ДАТЧИКІВ

1.1. Принцип роботи інфрачервоних датчиків

Інфрачервоний давач, давач руху — пристрій, що складається з передавача та приймача інфрачервоного випромінювання (активний давач) і у випадку переривання променя, генерується сигнал тривоги; або складається тільки з приймача (пасивний давач) і, у випадку появи у просторі, що ним контролюється, додаткового джерела інфрачервоного випромінювання (тепла) генерується сигнал тривоги [1].

Дія інфрачервоного датчика заснована на аналізі теплового (інфрачервоного) випромінювання. Пасивний інфрачервоний датчик (PIR) при цьому не випускає ніякого випромінювання сам, а лише аналізує вхідні теплові промені.

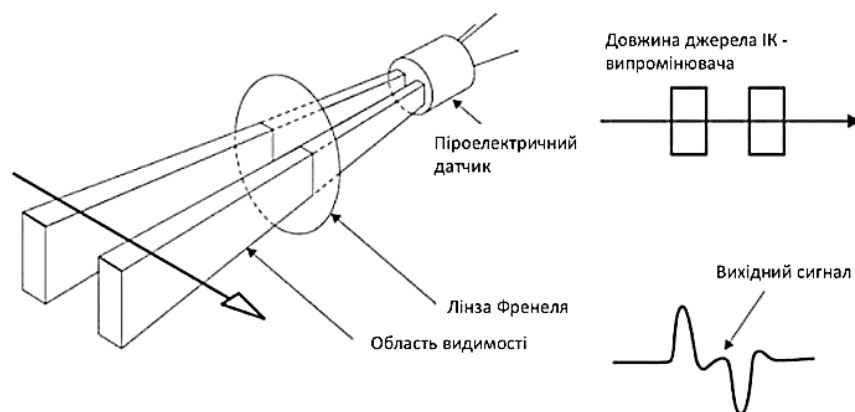


Рисунок 1.1 – Принцип роботи PIR датчика руху. Адаптовано з роботи [2]

У середині датчика розташовуються два чутливих елемента, які фіксують рівень інфрачервоного випромінювання. Перед кожним встановлена лінза Френеля, яка фокусує на ньому падаючі на датчик інфрачервоні промені. Найпростіший датчик сконструйований таким чином, що навколишній простір розділяється між двома лінзами, які в свою чергу проєктують теплове

випромінювання зі своєї зони спостереження на чутливий елемент який закріплений за нею [1].

У звичайних умовах надходження випромінювання на обидві частини датчика приблизно однакове. Коли з'являється тепловий об'єкт (людина), він спочатку потрапляє в поле зору тільки однієї частини датчика, так що свідчення двох чутливих елементів починають різнитися - і датчик робить висновок, що відбувся рух. В реальних умовах датчик з двома лінзами був би занадто грубий, тому на практиці в датчиках встановлюють не одну пару лінз, а кілька десятків. Вони легко помітні на поверхні - це чарункова структура напівпрозорого віконця, за яким і розташовуються чутливі елементи. Для економії місця і матеріалів датчик конструюють так, що всі лінзи фокусують вхідне випромінювання тільки на двох чутливих елементах.

Таким чином навколишній простір розділено на зони відповідальності між парами лінз, кожна з яких здатна фіксувати рух у своїй зоні. Як чутливий елемент використовуються в основному піроелектричні елементи, на них припадає лєвова частка інфрачервоних датчиків руху. Менш поширені термопари, мікроболометри і напівпровідники: арсенід галію-індію (InGaAs) і теллурид ртуті-кадмію (МСТ) [2].

1.2 Будова інфрачервоного датчика

Основними компонентами інфрачервоних датчиків є піроприймачі, які використовуються для виявлення інфрачервоного випромінювання, та мультилінза, що складається з численних дрібних лінз. Кожна мікролінза працює зі своїм власним сегментом та покриває окрему частину простору, в якому знаходиться датчик. Тому чим більше сегментів у мультилінзі, тим більш чутливим стає датчик.

У конструкції інфрачервоного датчика використовуються подвійні або навіть дві пари подвійних піроелементів з метою забезпечення більш точної реакції пристрою. Це робиться для уникнення помилкових спрацювань, включаючи реакцію на світлові перешкоди, що виникають внаслідок змін

температури фону. Використання двох пар подвійних піроелементів у новітніх моделях інфрачервоних датчиків максимально усуває ризик помилкових активацій [3-4].

При встановленні інфрачервоного датчика руху важливо дотримуватися кількох правил. По-перше, потрібно уникати прямого потрапляння світла від лампи або інших джерел на датчик, оскільки це може перешкодити його коректній роботі. По-друге, зона контролю датчика повинна бути вільною від перешкод, таких як люстри, колони, високі меблі та інші об'єкти, що можуть завадити роботі пристрою. Перешкоди з скла також можуть утруднити роботу датчика, оскільки інфрачервоне світло не проходить через скло. Якщо в зоні дії датчика з'являється перешкода, це може призвести до створення "сліпої зони", де рух об'єктів не буде фіксовано, оскільки інфрачервоне світло не зможе потрапити на лінзу датчика [3].

Основною характеристикою інфрачервоного датчика руху є його здатність виявляти рух людини в певному радіусі. Важливо, щоб радіус виявлення датчика охоплював увесь кут приміщення. У випадку, якщо це невдається, потрібно встановити два або більше датчиків для покриття всього простору. Кожен датчик має власну кругову діаграму виявлення, і у разі необхідності може знадобитися встановлення кількох датчиків таким чином, щоб їхні діаграми виявлення перекривали одна одну, забезпечуючи високу якість системи безпеки та автоматизації [5].

Інфрачервоні датчики відрізняються за функціональністю та можливостями. Деякі з них просто реагують на рух, в той час як інші мають розширені функції. Наприклад, деякі моделі інфрачервоних датчиків можуть відслідковувати рівень освітлення в приміщенні, реагуючи на наявність людей. Такий датчик може автоматично вимикати або увімкнути штучне освітлення залежно від того, чи є достатньо природного світла від вікон.

1.3 Переваги систем фіксації руху на основі IR датчиків

Системи фіксації руху на основі IR (інфрачервоних) датчиків мають кілька переваг, які роблять їх популярними в різних сферах . Наприклад:

Ефективність в умовах обмеженої видимості: Звичайні оптичні камери, такі як ті, що використовуються для відеоспостереження, часто стикаються з проблемами умов обмеженої видимості, таких як недостатнє освітлення або повна темрява. У таких умовах вони можуть бути малоефективними або зовсім не працювати. Однак IR датчики виявляють рух, використовуючи інфрачервоне випромінювання, яке випромінюється тілами через теплове випромінювання. Це означає, що вони не залежать від світла, яке може бути недоступним у темряві або у приміщеннях з обмеженим освітленням[6].

Використання IR датчиків дозволяє ефективно виявляти рух у будь-яких умовах освітлення. Це особливо корисно для систем безпеки, автоматичних дверей, освітлення з датчиками руху та інших застосувань, де важливо тривалий та надійний моніторинг руху навіть у темний час доби. Крім того, це дає можливість застосування IR датчиків у сферах, де світло або звук можуть бути не бажаними або не можуть бути використані через конфіденційність або інші причини[6].

Можливість виявлення руху без звуку або світла: одна з ключових переваг систем фіксації руху на основі інфрачервоних (IR) датчиків. Основним принципом роботи цих датчиків є вимірювання інфрачервоного випромінювання, яке випромінюється тілами людей та інших об'єктів.

Коли об'єкт (наприклад, людина) знаходиться в зоні охоплення IR датчика, його теплове випромінювання (інфрачервоне випромінювання) сприймається датчиком. Навіть без звуку або світла, що супроводжує рух, теплове випромінювання об'єкта вистачає для активації датчика [6].

Це робить системи на основі IR датчиків особливо ефективними в умовах обмеженого освітлення або в повній темряві. Наприклад, в приміщеннях або зонах, де звичайні оптичні датчики (такі як датчики руху, що реагують на зміни

світла) можуть бути неефективними через відсутність освітлення, системи на основі IR датчиків продовжують працювати навіть в цих умовах. Така можливість забезпечує надійний і безперервний моніторинг руху, що робить системи з IR датчиками доречними для застосування в системах безпеки, контролю доступу та автоматизації будинків і промислових об'єктів, де важлива надійна і невидима система виявлення руху.

Малий вплив на оточуюче середовище: ще одна важлива перевага систем фіксації руху на основі інфрачервоних (IR) датчиків. Це означає, що ці системи мають мінімальний або навіть нульовий вплив на навколишнє середовище і людей [7].

Основний принцип роботи IR датчиків полягає в виявленні теплового випромінювання об'єктів, таких як люди або тварини, у вигляді інфрачервоного випромінювання. Таким чином, їхня робота не вимагає використання шкідливих рентгенівських променів або іншої радіації, яка може бути шкідливою для здоров'я. Крім того, IR датчики не випромінюють жодних сигналів, світла або звуку, коли вони працюють. Вони просто реагують на отримане теплове випромінювання. Це робить їх ідеальними для використання в чутливих середовищах, таких як лікарні, дитячі садки або приміщення, де важливо мінімізувати будь-який вплив на здоров'я або комфорт людей. Такий малоінвазивний підхід робить системи на основі IR датчиків придатними для застосування в різних сферах, від систем безпеки і контролю доступу до автоматизації будинків і промислових об'єктів. Крім того, вони не порушують екологічний баланс, оскільки не випромінюють небезпечних речовин або відходів у навколишнє середовище [8].

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРЕМЕНТУ

2.1. Віртуальні емулятори

Wokwi - це онлайн сервіс, який використовується як симулятор мікропроцесорних систем, він надає можливість створювати, тестувати та навчатися програмуванню вбудованих систем. Використовуючи цю платформу, користувач може візуалізувати та відстежувати коректність роботи свого проекту. Також для розробників наявна можливість вибору мови програмування для налаштування проекту та задання потрібних функцій для виконання поставлених завдань[9].

Віртуальний симулятор дозволяє користувачу симулювати роботу різних типів мікроконтролерів. Платформа дає змогу обрати потрібний нам мікроконтролер та працювати безпосередньо з ним. Серед доступних в наявності є Arduino Uno, Arduino Nano, ESP8266, ESP32, STM32 та Pi Pico. Для початку роботи не потрібно нічого додатково завантажувати, оскільки весь функціонал доступний для використання через браузер.

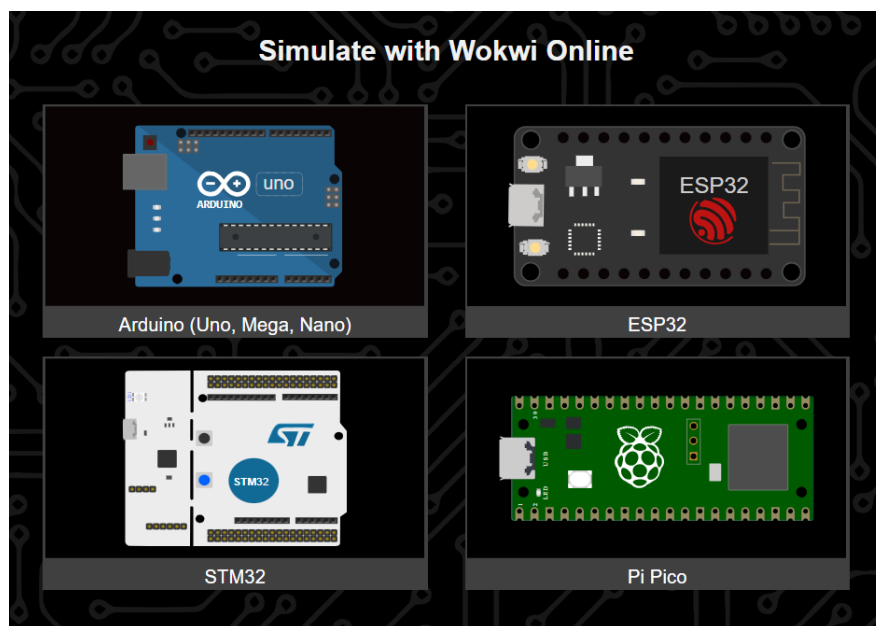
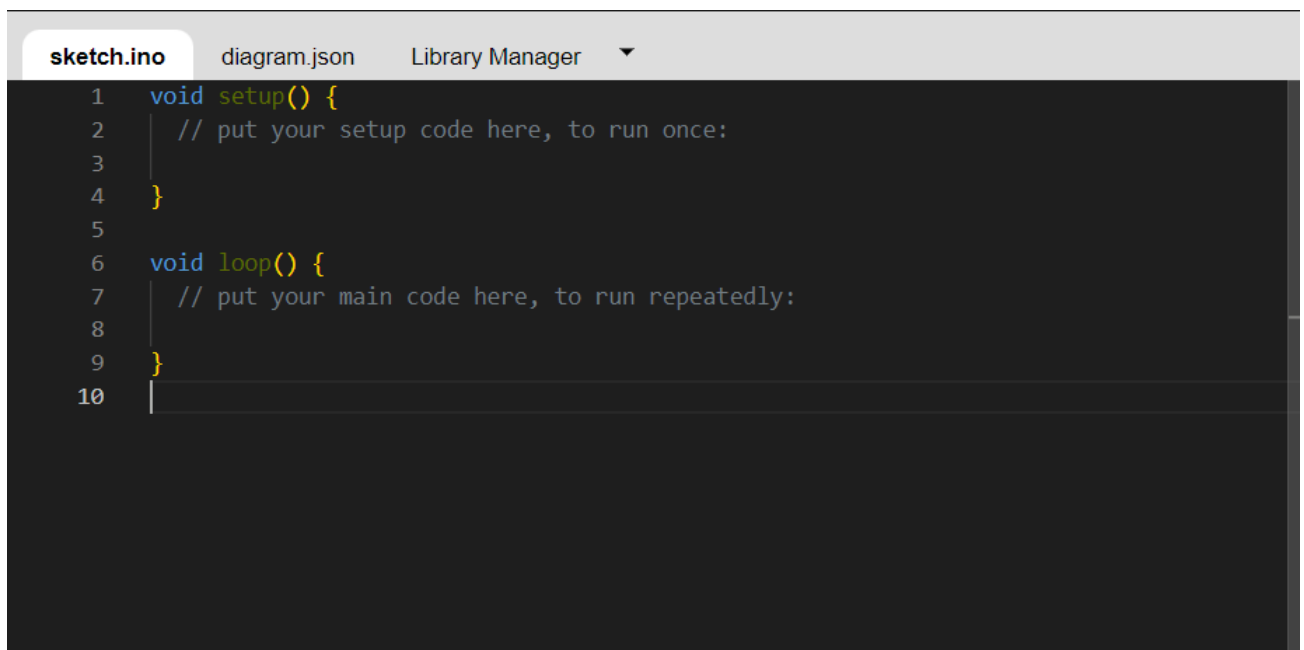


Рисунок 2.1– Головна сторінка з вибором мікроконтролера для роботи. Адаптовано з роботи [9].

Після вибору мікроконтролера користувачу пропонується вибір з декількох готових проектів на основі обраного мікроконтролера які можуть бути використані як прилад для роботи або для ознайомлення в інтерфейсом в цілому[10]. Обравши основу проекту, користувачу надається доступ до всіх функціональних можливостей, які включають в себе доступ до вбудованих портів вводу – виводу (GPIO), аналогових входів та виходів, інтерфейс зовнішніх пристроїв (наприклад, SPI, I2C, UART)[10].

Після побудови схеми користувачу необхідно її запрограмувати, щоб всі компоненти були зв'язані між собою та виконували поставлену задачу. Для цього в симуляторі є інтерактивний редактор коду, в якому можна написати свій код не використовуючи інші програми або середовища програмування. Він підтримує такі мови програмування, як C/C++, Python, JavaScript та інші. Користувач за допомогою коду може налаштувати роботу свого проекту до найменших деталей, починаючи від часу реагування сенсора до виводу конкретного тексту на дисплеї [10-11].



```
sketch.ino  diagram.json  Library Manager  ▼
1  void setup() {
2      // put your setup code here, to run once:
3
4  }
5
6  void loop() {
7      // put your main code here, to run repeatedly:
8
9  }
10
```

Рисунок 2.2 – Редактор коду. Адаптовано з роботи [9]

Після написання коду користувач може спостерігати за роботою проекту та залежно від того як вона себе поведе у взаємодії з написаним кодом зможе

виправляти дефекти або додавати нові компоненти які, на його думку покращать роботу схеми або можливо усунуть проблеми проекту.

Платформа Wokwi дає змогу користувачу обирати компоненти зі списку, які своєю чергою розділені по категоріях, тож знайти потрібний доволі легко. В переліку компонентів знаходяться світлодіоди, кнопки, резистори, дисплеї, різноманітні датчики й також для зручності є пошук, який допоможе знайти конкретний компонент та застосувати його в реальному часі[10].

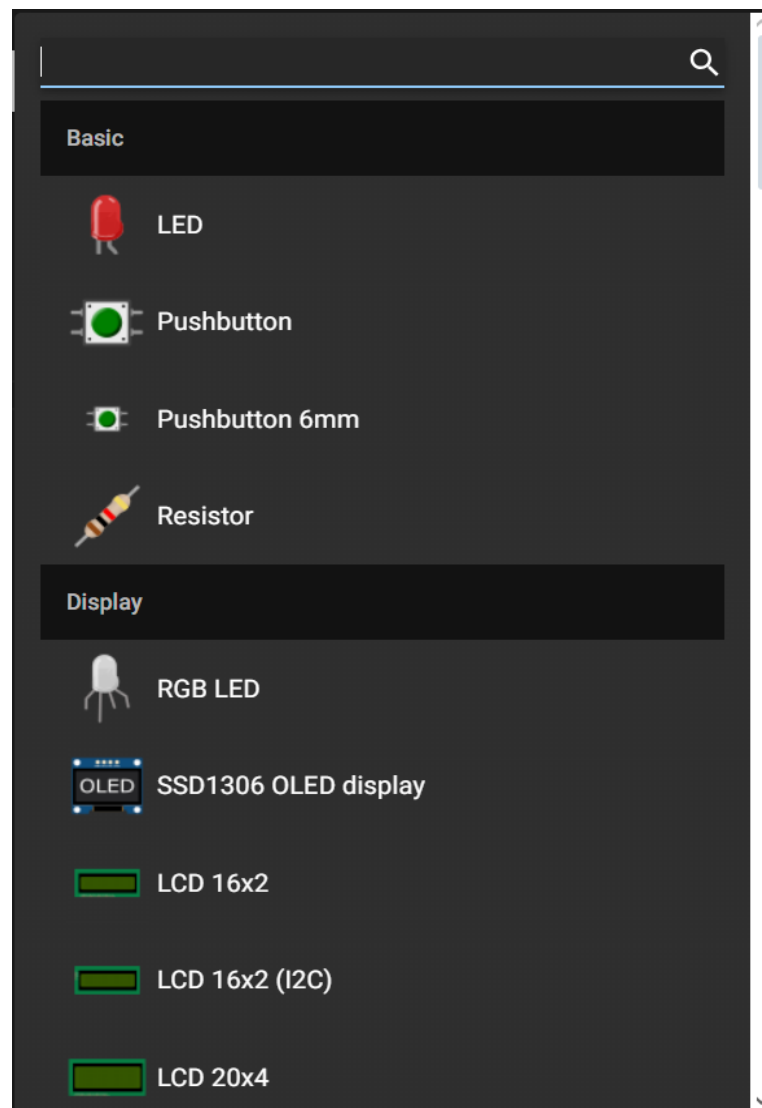


Рисунок 2.3 – Вікно вибору компонентів. Адаптовано з роботи [9]

Віртуальний емулятор Tinkercad - це онлайн-платформа, призначена для проектування і моделювання електронних схем, а також створення тривимірних

моделей. На відміну від Wokwi він надає більше спеціалізованих інструментів для побудови та взаємодії користувача з проектом та компонентами в ньому[12].

Так само як і Wokwi Tinkercad надає зручний веб-інтерфейс, який дає користувачу створювати електронні схеми та тестувати їх в режимі реального часу без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення. Інтерфейс інтуїтивно зрозумілий і легко використовується тому цей емулятор більше підходить для початкових розробників електричних схем[13-14].

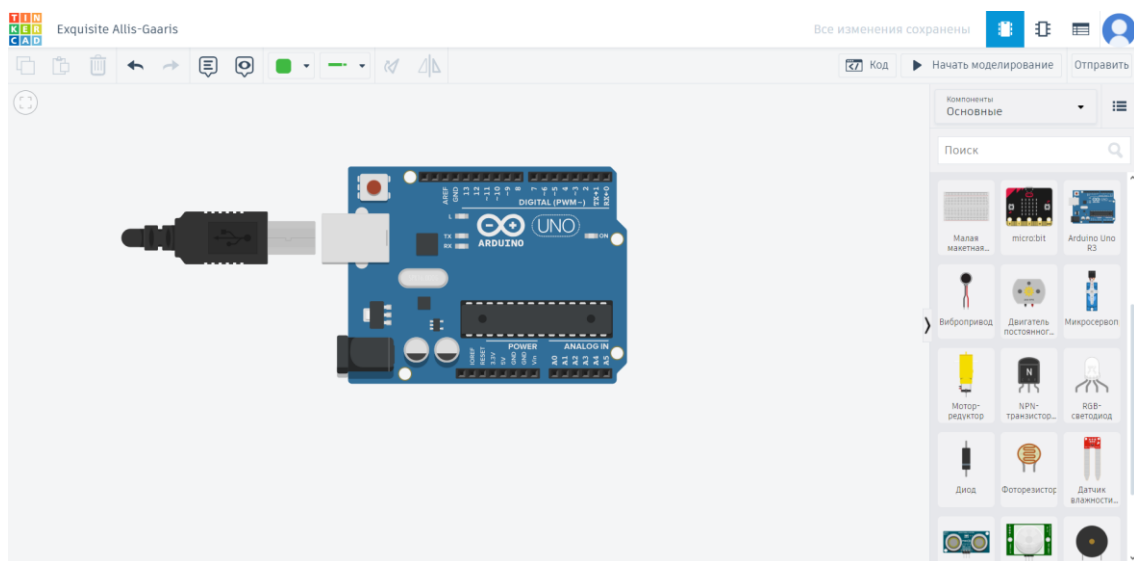


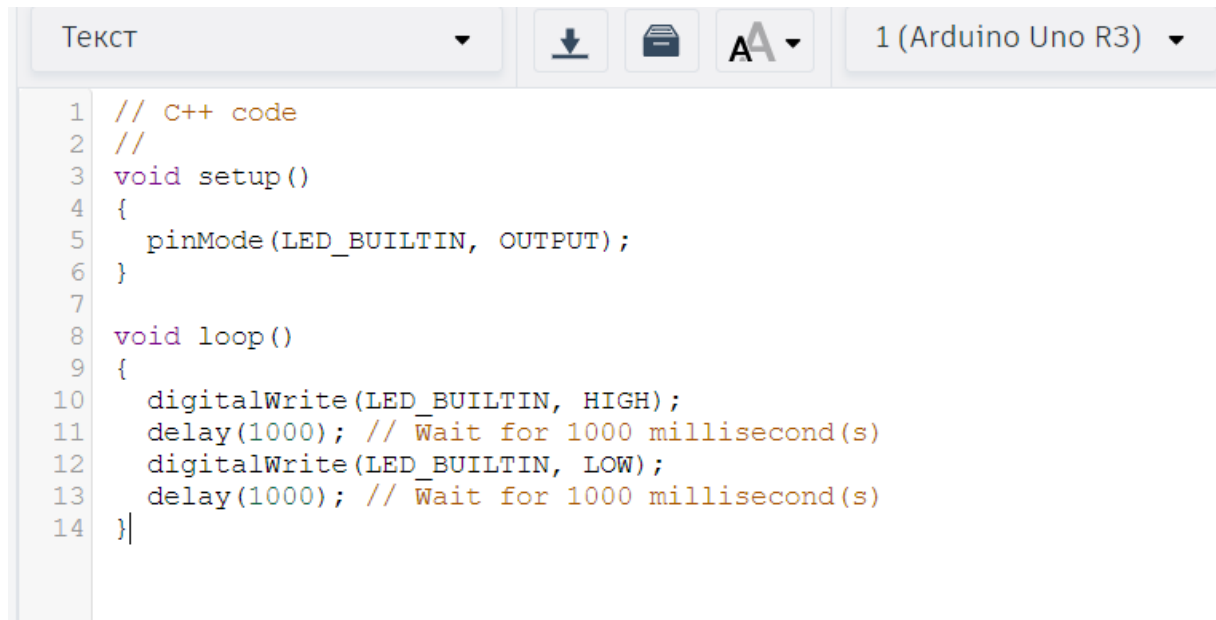
Рисунок 2.4 – Веб-інтерфейс для проектування. Адаптовано з праці [13]

Платформа має бібліотеку з великим вибором електронних компонентів, таких як резистори, конденсатори, інтегральні мікросхеми, світлодіоди, датчики та багато іншого. За допомогою пошуку користувач має змогу з легкістю знайти та застосувати той чи інший компонент у своїй схемі[13-14].

За допомогою віртуального емулятора Tinkercad у користувача є можливість проводити моделювання та тестування своїх електронних схем. Він може створювати з'єднання між компонентами, налаштовувати їх параметри і виконувати перевірку працездатності своєї схеми[13-14].

Так само як і в попередньому емуляторі Tinkercad потребує від користувача запрограмувати мікроконтролер, який він використовував для основи свого проекту. Для програмування емулятор дозволяє використовувати блочний

інтерфейс або мову програмування C/C++. Користувач створює код для керування електричним пристроєм та завантажує його на віртуальні мікроконтролери для тестування [13-14].



```
Текст
1 // C++ code
2 //
3 void setup()
4 {
5   pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);
6 }
7
8 void loop()
9 {
10  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);
11  delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
12  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
13  delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
14 }
```

Рисунок 2.5 – Редактор коду платформи Tinkercad. Адаптовано з праці [13]

Платформа підтримує можливість спільної роботи над проектами, дозволяючи користувачу ділитися своїми схемами та моделями з іншими учасниками. Це особливо корисно для навчання, оскільки дозволяє викладачам і студентам спільно працювати над проектами і обмінюватися ідеями [13-14].

Отже, платформа Wokwi має гнучкий та швидкий інтерфейс, завдяки якому вона працює з конкретними мікроконтролерами, а Tinkercad надає більше інструментів та компонентів. Також обидві платформи мають багато сервісів для навчання, які допоможуть швидше освоїти увесь їх спектр можливостей [13-14].

2.2. Сфери застосування систем фіксації руху на основі ІР датчиків

Системи фіксації руху на основі інфрачервоних (ІР) датчиків завдяки своїм можливостям та перевагам які роблять їх незамінними у різних сферах. Наприклад:

Безпека та охорона:

ІР датчики використовуються для створення систем відеоспостереження, які можуть виявляти рух в заданих зонах і активувати камери для запису відео. Це дозволяє зафіксувати активність у відведених зонах та вчасно реагувати на потенційно небезпечні ситуації[15]. Також ці датчики використовуються для створення систем сигналізації, які реагують на рух в обмежених зонах. При виявленні руху в таких зонах система може автоматично сповістити про зафіксований рух через звуковий сигнал або автоматично увімкнути камери спостереження і подати сигнал на пульт управління безпеки [15].

ІР датчики застосовуються, щоб контролювати доступ до об'єктів або приміщень. При виявленні несанкціонованого проникнення на територію вони включають сигналізацію або блокують доступу до дверей приміщення. Такі системи часто застосовують в банках або ювелірних магазинах [15].

Інфрачервоні датчики часто застосовують для контролю освітленості в приміщенні або на дорозі. Вони в автоматичному режимі, при виявленні об'єкта, регулюють подачу світла на конкретний участок або на дорогу в цілому, якщо він встановлений, наприклад, на пішохідному переході.

Такі системи інколи застосовуються для моніторингу великих об'єктів, таких як аеропорти, порти або промислові комплекси. Вони дозволяють виявляти рух підозрілих осіб або предметів і сповіщати служби безпеки про потенційні загрози [15].

Автоматизація промислових процесів:

На промислових об'єктах такі датчики використовуються для того, щоб персонал який там працює, менше травмувався, адже ,як правило в таких місцях багато небезпечного обладнання або матеріалів, які загрожують персоналу і такі

датчики при виявленні руху біля таких об'єктів сповіщають про це звуковим сигналом[16].

Ці системи також встановлюють для оптимізації енергоощадження в промислових зонах, адже датчики можуть виявляти присутність персоналу у певних зонах приміщення та автоматично вмикати або вимикати освітлення з метою енергоощадження[16].

Також, такі датчики встановлюють з метою автоматизації процесів на виробничій лінії. Вони можуть виявляти рух сировини, напівфабрикатів або готової продукції та керувати роботою механізмів, які обробляють ці матеріали. Їх використовують для моніторингу якості виробничих процесів. Вони можуть виявляти аномальний рух або відхилення від стандартних параметрів, що може свідчити про проблеми з якістю продукції або неполадки в обладнанні. Таким чином, ці датчики запобігають пошкодженню обладнання та допомагають з контролем якості продуктів виробництва.

Застосування IR датчиків дозволяє вчасно виявляти потенційно небезпечні ситуації на виробничих об'єктах, такі як аварії або пожежі. Це допомагає забезпечити безпеку персоналу та виробничого обладнання та знизити ризики виникнення негативних наслідків.

Медична та реабілітаційна техніка:

В медицині датчики використовують для відстеження стану та рухів пацієнтів в реальному часі. Це особливо корисно в реабілітаційній техніці, де лікарі та фізіотерапевти відслідковують рухи пацієнтів під час виконання реабілітаційних вправ та процедур. Відстеження рухів дозволяє оцінювати прогрес пацієнта, коригувати програми реабілітації та адаптувати їх до індивідуальних потреб[17]. Також, для реабілітації пацієнтів інфрачервоні датчики використовують, щоб взаємодіяти з системами віртуальної реальності (VR) або симуляцією реальних ситуацій у реабілітаційних процедурах. Це дозволяє пацієнтам виконувати реабілітаційні вправи в контрольованому середовищі, що позитивно впливає на їх моторні навички та координацію рухів.

Їх застосовують для відстеження позиції пацієнта у ліжку або на стільці для забезпечення комфорту та профілактики виразок та інших ускладнень. Також інфрачервоні датчики використовують для фіксації показників пацієнта.

IR датчики використовують в штучних кінцівках такі механізми відстежують рухому частину людини та відносно цієї інформації координують рух протезу завдяки таким пристроям люди з обмеженими можливостями частково відновлюють втрачені функції руху та повертаються до активного життя [17].

Робототехніка:

IR датчики використовуються для визначення положення робота в просторі та відстеження його рухів. Це дозволяє роботам рухатись автономно та навігувати у внутрішньому або зовнішньому середовищі для того, щоб власноруч уникати перешкод та взаємодіяти з навколишнім середовищем[19].

Завдяки інфрачервоним датчикам роботи можуть працювати в різних умовах, включаючи погане освітлення або обмежений доступ до зовнішнього світла. Це робить їх ефективними у вирішенні завдань в промислових, побутових та інших областях [19].

За допомогою IR датчиків роботам можуть розпізнавати рухи та жести користувачів, що відкриває можливості для інтерактивної комунікації та співробітництва з людьми [16].

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Принцип дії системи

Проект був розроблений в віртуальному середовищі Tinkercad, оскільки цей емулятор має ширший спектр можливостей та кращі інструменти, які підходять для розробки та тестування розробленої системи.

В якості основи був обраний мікроконтролер Arduino UNO R3. На рисунку, нижче наведена вже готова схема, яка повністю виконує свою роботу. В проекті застосовані пасивні інфрачервоні датчики (PIR) HC-SR501. Ці датчики будуть постійно вимірювати інфрачервоне випромінювання навколишнього середовища, і коли об'єкт з іншою температурою потрапить в поле зору датчики, він змінює інфрачервоне випромінювання в цій зоні і надсилає сигнал який нам необхідно обробляти. Датчики приєднуються трьома з'єднаннями, а саме: червоний – відповідає за живлення, в схемі використовується джерело живлення 5V; блакитний – відповідає за сигнал, який буде передаватися від датчиків до мікроконтролера, а потім він буде пере направлений на компоненти, які відреагують на нього і подадуть сигнал, в данній схемі використано звуковий сигнал, світлодіод та вивід тексту на дисплей; темний – відповідає за заземлення датчиків.

Через особливість середовища моделювання, в ролі динаміка в схему підключений п'єзоелемент, який повинен генерувати звуковий сигнал при виявленні будь-якого. Також, як і було сказано, вище в схему буде підключено також світлодіод та дисплей для зручності обробки сигналу.

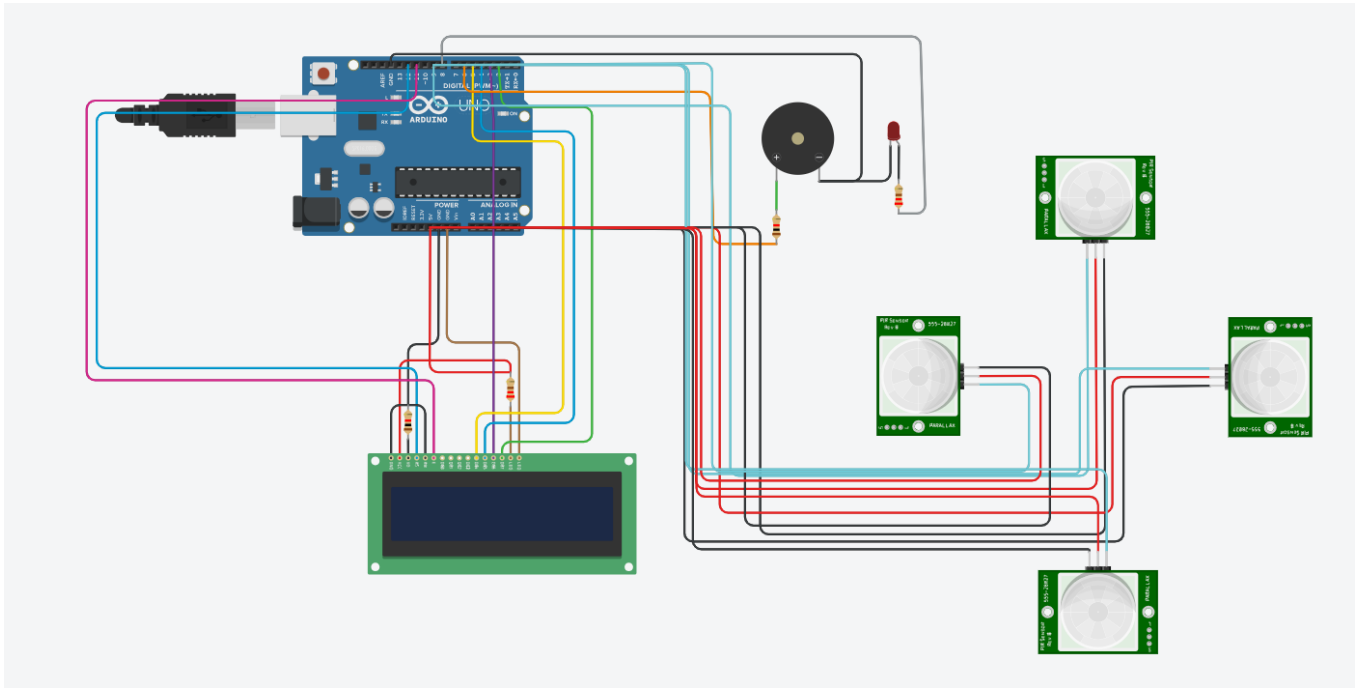


Рисунок 3.1 – Макет системи фіксації руху на основі IR датчика

Схема для фіксації руху на основі IR датчика налічує такі компоненти:

- Arduino Uno R3
- 4 ІЧ-датчика PIR
- LCD Дисплей
- 4 Резистори (1-2 1кОм, 3-4 220 Ом)
- П'єзоелемент (в ролі динаміка)
- Світлодіод
- Дроти з'єднання
- Для живлення схеми використовується джерело живлення 5 В

Через те, що в середовищі моделювання інфрачервоні датчики мають обмежений радіус фіксації руху, в схему було підключено додатково 3 датчика, які повинні охоплювати більшу зону і закривати «сліпі зони» один одного при фіксації на будь-якому з цих датчиків спрацьовує звукий сигнал та загорається світлодіод, дисплей також буде інформувати нас про рух.

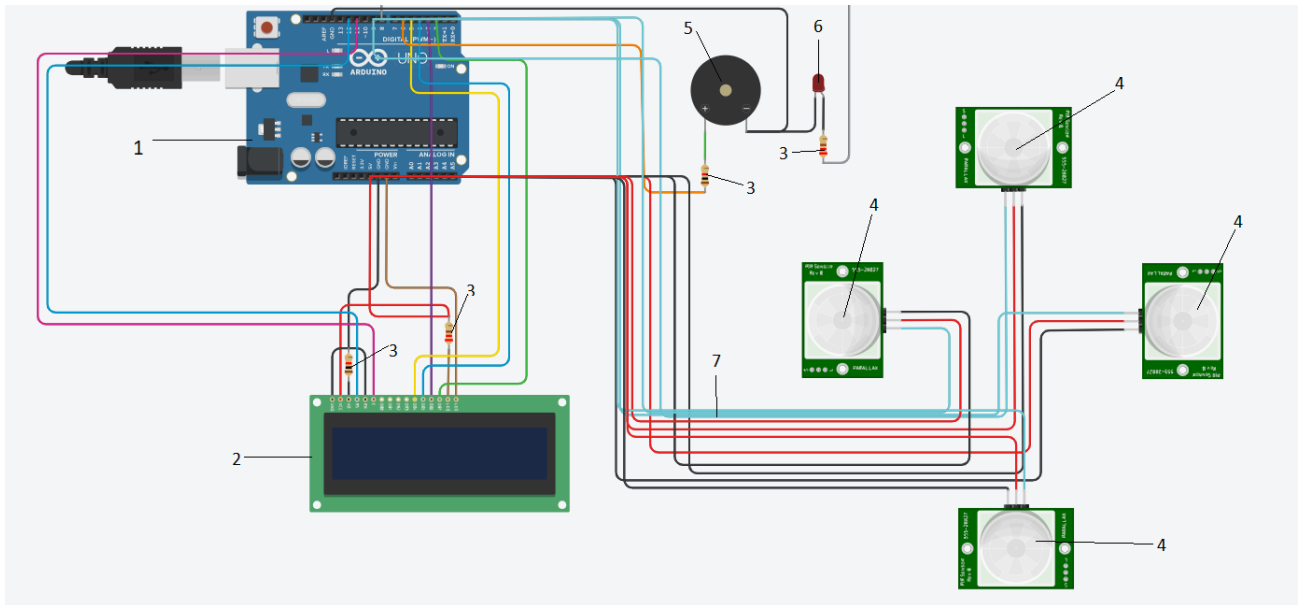


Рисунок 3.2 – Макет схеми фіксації руху на основі IR датчиків: 1 - Arduino UNO R3; 2 – LCD дисплей; 3 – резистори (1кОм та 220 Ом); 4 - ПЧ-датчик PIR; 5 – п’єзоелемент який виконує функцію динаміку; 6 – світлодіод

3.2. Написання коду для системи фіксації руху

Для того, щоб схема працювала, нам потрібно написати для неї код. Він буде написаний мовою C++. Ця мова програмування використовується для програмування мікроконтролерів Arduino та забезпечує зручний інтерфейс для керування введенням/виведенням (GPIO), а також виконання інших завдань на цих пристроях. Хоча мова Arduino базується на мові C/C++, вона також має деякі власні функції та бібліотеки, які спрощують розробку програм для платформ Arduino.

```
int pirsensor = 0;
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
void setup()
```

Цей фрагмент коду відповідає за ініціалізацію змінної «pirsensor» і підключення бібліотеки «LiquidCrystal.h», яка дозволяє взаємодіяти з символьним LCD дисплеєм.

1. `int pirsensor = 0;`: Цей рядок оголошує змінну `pirsensor` типу `int` (ціле число) та ініціалізує її значенням 0. Ця змінна буде використовуватись для зберігання стану датчика руху PIR (0 - рух не виявлено, 1 - рух виявлено).

2. `#include <LiquidCrystal.h>;`: Ця директива підключає бібліотеку `LiquidCrystal.h`, яка дозволяє взаємодіяти з рідкокристалічним LCD дисплеєм. Бібліотека `LiquidCrystal` надає набір функцій для керування текстовими дисплеями.

3. `LiquidCrystal lcd (12, 11, 5, 4, 3, 2);`: Цей рядок ініціалізує об'єкт `lcd` типу `LiquidCrystal` з параметрами пінів, до яких підключено LCD дисплей. Параметри цієї функції визначають, які піни Arduino використовуються для з'єднання з дисплеєм: 12 - RS (режим вибору команди або даних), 11 - E (увімкнення дисплея), 5, 4, 3, 2 - піни, на яких виводяться дані на дисплейі (D4-D7).

```
pinMode (8, OUTPUT);
pinMode (9, INPUT);
Serial.begin(9600);
lcd.begin(16, 2);
```

Цей фрагмент коду відповідає за налаштування пінів мікроконтролера Arduino та ініціалізацію зв'язку з монітором порту (через `Serial`) та LCD дисплеєм.

1. `pinMode (8, OUTPUT);`: Цей рядок налаштовує пін 8 як вихідний. Це означає, що мікроконтролер буде використовувати цей пін для надсилання сигналів на підключений до нього пристрій, наприклад, світлодіод (LED) чи інші електронні пристрої.

2. `pinMode (9, INPUT);`:: Цей рядок налаштовує пін 9 як вхідний. Це означає, що мікроконтролер буде використовувати цей пін для прийому сигналів від підключених до нього пристроїв, таких як датчики або інші мікроконтролери.

3. `Serial.begin(9600);`:: Цей рядок ініціалізує зв'язок з монітором порту (серійний порт) з швидкістю 9600 бод. Це дозволяє передавати дані з мікроконтролера Arduino на комп'ютер для відладки та моніторингу.

4. `lcd.begin(16, 2);`:: Цей рядок ініціалізує LCD дисплей. Параметри 16, 2 вказують, що дисплей має 16 символів у рядку і 2 рядки. Це дозволяє коректно відображати текст на дисплеї та керувати ним за допомогою програми.

```

}
void loop()
{
  pirsensor=digitalRead(9);
  if(pirsensor == 1)
  {
    Serial.print(pirsensor);
    Serial.println();
    digitalWrite(8,HIGH);
  }
}

```

Цей фрагмент коду належить до функції `loop()`, яка викликається безперервно після завершення функції `setup()`.

1. `pirsensor = digitalRead(9);`:: Цей рядок зчитує стан піна 9 (налаштованого як вхідний у функції `setup()`) та зберігає його в змінній `pirsensor`. Це дає змогу визначати, чи був виявлений рух датчиком PIR.

2. `if (pirsensor == 1):` Ця умова перевіряє, чи датчик PIR виявив рух (якщо значення `pirsensor` дорівнює 1).

3. `Serial.print(pirsensor); Serial.println();`: Ці рядки виводять значення `pirsensor` (яке показує, чи був виявлений рух) на монітор порту (серійний порт) для відладки. `Serial.print()` виводить значення без переходу на новий рядок, а `Serial.println()` виводить значення та переходить на новий рядок.

4. `digitalWrite(8, HIGH);`: Цей рядок вмикає LED, підключений до піна 8 мікроконтролера Arduino, який був налаштований як вихід у функції `setup()`. Умова `HIGH` встановлює напругу на піні 8 на рівень `HIGH`, що призводить до вмикання LED.

```
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Vyyavleno rukh !");
lcd.setCursor(4, 0);
lcd.print("Oberezhno!!!");
tone (6,800,500);
delay(500);
}
```

Даний фрагмент коду відповідає за відображення повідомлення на LCD дисплеї та генерацію звукового сигналу.

1. `lcd.setCursor(0, 1);`: Ця команда встановлює курсор на LCD дисплеї у позицію (0, 1), тобто перший символ другого рядка (індекси рядка та стовпця починаються з нуля).

2. `lcd.print ("Vyyavleno rukh !");`: Цей рядок виводить текст "Vyyavleno rukh !" на LCD дисплей, починаючи з поточної позиції курсора, яку ми встановили раніше. Це повідомлення призначене для відображення на дисплеї при виявленні руху.

3. `lcd.setCursor(4, 0);`: Ця команда встановлює курсор у позицію (4, 0), тобто п'ятий символ першого рядка (також індекси починаються з нуля).

4. `lcd.print("Oberezhno!!!");`: Цей рядок виводить текст "Oberezhno!!!" на LCD дисплей, починаючи з нової позиції курсора. Це повідомлення, ймовірно, призначене для попередження про потенційну небезпеку або для привертання уваги.

5. `tone(6, 800, 500);`: Ця команда генерує звуковий сигнал на піні 6 Arduino зі частотою 800 Гц та тривалістю 500 мілісекунд. Це може бути використано для відтворення звукового сигналу попередження або сигналу уваги.

6. `delay(500);`: Ця команда призупиняє виконання програми на 500 мілісекунд. Вона використовується для того, щоб звуковий сигнал був чутним протягом певного часу перед тим, як програма продовжить свою роботу.

```
else
{
  Serial.print(pirsensor);
  Serial.println();
  digitalWrite(8, LOW);
  Serial.println("Rukh ne vyyavleno");
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("Poshuk");
  delay(500);
}
lcd.clear();
}
```

Наведений фрагмент коду є частиною функції `loop()`, яка викликається безперервно після завершення функції `setup()`.

1. `else`: Цей блок виконується, якщо умова вище (яка перевіряє, чи був виявлений рух) не виконується, тобто якщо значення `pirsensor` не дорівнює 1, тобто рух не виявлено.

2. `Serial.print(pirsensor); Serial.println();`: Ці рядки виводять значення `pirsensor` (яке показує, чи був виявлений рух) на монітор порту для відладки. `Serial.print()` виводить значення без переходу на новий рядок, а `Serial.println()` виводить значення та переходить на новий рядок.

3. `digitalWrite(8, LOW);`: Ця команда вимикає LED, який був раніше увімкнений у випадку виявлення руху. Вона встановлює напругу на піні 8 на рівень `LOW`, що призводить до вимкнення LED.

4. `Serial.println("Rukh ne vyyavleno");`: Цей рядок виводить повідомлення "Rukh ne vyyavleno" на монітор порту для відладки. Це повідомлення вказує на те, що рух не був виявлений.

5. `lcd.setCursor(1, 0); lcd.print("Poshuk");`: Ці команди встановлюють курсор на LCD дисплеї у позицію (1, 0) та виводять текст "Poshuk" (що означає "пошук") на дисплей. Це повідомлення вказує на те, що пристрій зараз в режимі пошуку.

6. `delay(500);`: Ця команда призупиняє виконання програми на 500 мілісекунд. Вона використовується для того, щоб повідомлення "Poshuk" було видимим на дисплеї протягом певного часу перед тим, як програма продовжить свою роботу.

7. `lcd.clear();`: Ця команда очищує вміст LCD дисплея, готуючи його до відображення нових даних або повідомлень.

3.3. Перевірка та тестування програми

При запуску проекту через віртуальне середовище Tinkercad можна спостерігати, що програма виконується без помилок та сбоїв. Завдяки написаному коду система фіксації руху на основі IR датчика буде реагувати та будь-який рух та сповіщати про це через звукий сигнал, надписами на дисплеї та за допомогою світлодіода.

Для того щоб перевірити працездатність системи, скористуємось функціями віртуального емулятора та маніпулятора, що імітує рух, який повинен зафіксувати інфрачервоний датчик. Рухаючи «кружок» який наведено на рисунку нижче, можемо бачити, що датчик загоряється та посилає сигнал на всі компоненти, які повинні сповістити про виявлення руху.

Спостерігаючи за роботою схеми, бачимо, що дисплей виводить текст і тим самим інформує про виявлений рух. Можна сказати, що він працює коректно. Світлодіод також працює. П'єзоелемент генерує доволі неприємний звук, але це свідчить про те, що він працює так, як і було запрограмовано.

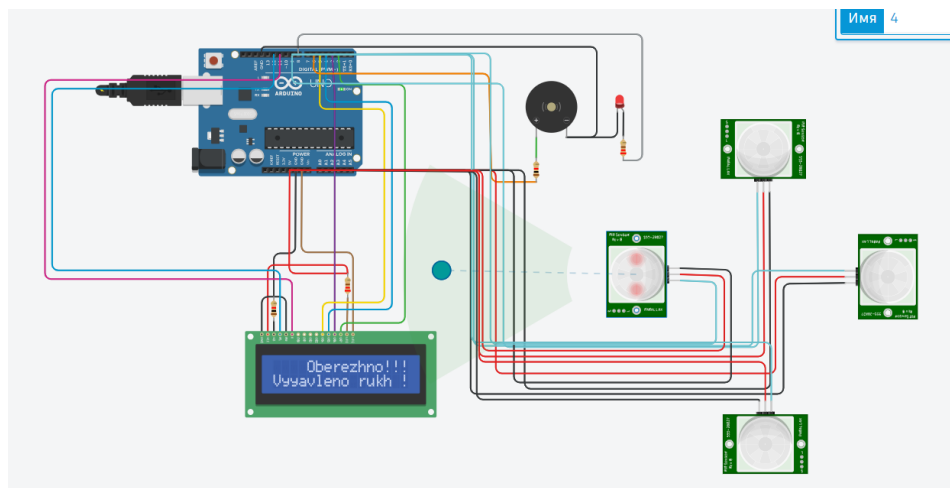


Рисунок 3.4 – Перевірка працездатності схеми

Через особливість середовища інфрачервоні датчики мають обмежену дальність та радіус виявлення руху, щоб закрити ці сліпі зони, в схему можна додатково встановити IR датчики. Такі маніпуляції ніяк не вплинуть на працездатність системи, адже код написаний таким чином, що всі інфрачервоні датчики працюють як одне ціле, і всі компоненти, які розраховані на обробку сигналу про рух, також будуть сповіщати користувача при виявленні руху на будь-якому з датчиків

ВИСНОВКИ

Розглянувши загальні теоретичні аспекти стосовно інфрачервоних датчиків руху та систем на їх основі, можна зробити важливі висновки щодо їх принципу дії, будови та переваг використання. Інфрачервоні датчики руху працюють на основі виявлення змін в інфрачервоному випромінюванні, які виникають при русі об'єктів. Вони мають компактну конструкцію та низьку вартість, що робить їх привабливими для використання в різних областях. Головною перевагою IR датчиків є їхня низька вартість та компактність. Це робить їх економічно доступними та зручними для використання у широкому спектрі застосувань, від систем безпеки до автоматизації процесів. Крім того, їхня простота та надійність дозволяють швидко втілювати ідеї та реалізовувати проекти з мінімальними зусиллями.

Проаналізовані віртуальні емулятори Wokwi та Tinkercad. Платформи мають широкий вибір вбудованих електронних компонентів, таких як мікроконтролери, сенсори, індикатори, з'єднувальні елементи тощо, які можна використовувати для створення схем. Одна із головних можливостей це те що платформи дозволяють віртуально симулювати роботу створених схем, що дозволяє користувачам перевірити їх функціональність та виявити можливі помилки перед фізичною реалізацією.

Проаналізовані сфери в яких використовуються системи фіксації руху на основі IR датчиків. Головною перевагою використання систем фіксації руху на основі IR датчиків є їх здатність працювати ефективно в умовах, які можуть бути несприятливими для багатьох інших типів датчиків. Особливо важливою є їхня здатність функціонувати в умовах поганого освітлення та низької температури.

Було створено схему фіксації руху на основі IR датчика за допомогою віртуального емулятора Tinkercad, також описані ключові компоненти схеми. Написано код програми на мові C++ та детально пояснено кожен фрагмент коду. Була проведена перевірка на працездатність схеми та протестовано її роботу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Афзель, С.С. Огляд сучасного стану та перспективи розвитку датчиків руху/ С.С. Афзель, М.О. Березанська // Ефективність інженерних рішень у приладобудуванні : матеріали доповідей XIV Всеукраїнської науковопрактичної конференція студентів, аспірантів та молодих вчених, 2018 – С. 16.
2. Madhvi Verma, R.S. Kaler, Mukesh Singh. Sensitivity enhancement of Passive Infrared (PIR) sensor for motion detection. 2021. Vol. 244. pp. 43
3. Passive infrared sensor [Електронний ресурс]. Режим доступу:https://en.wikipedia.org/wiki/Passive_infrared_sensor Дата доступу: 02.05.2024 р.
4. Що таке ІЧ -датчик: схема та його робота [Електронний ресурс] Режим доступу:<https://uk.fmuser.net/content/?21028.html> Дата доступу: 02.05.2024
5. Yan Huang, Sixian Chen, Yi Li, Qianbing Lin, Yibo Wu, Qisong Shi Flexible piezoelectric sensor based on PAN/MXene/PDA@ZnO composite film for human health and motion detection with fast response and highly sensitive. 2024. Vol. 488. pp. 76
6. Ning Zhao, Fang min Li, XueDong Liu Blind estimation of number of motion multi-human targets in wireless pyroelectric infrared sensor networks. 2013. Vol. 61.pp.208-215
7. Yonhkun Zhao, Zijian Li, Xudong Zhao, Yuqi Zhou, Guangming Tao, Wenbin Hu, Minghing Yang, Xianghua Zhaug, Yinsheng Xu. Infrared tapered fiber ring sensor for environmental detection of organic pollutants. 2024. Vol. 405. pp. 62.
8. Dongjae Kwak , Dong-Kwon Kim, Min Uk Lee, Jaewook Kim, Byron Peterson, Jayhyun Kim, Gunsu S. Yun Investigation of radiation power and carbon evaporation in infrared sensor bolometer. 2024. Vol. 203. pp. 67-74.
9. Wokwi. Simulate IoT Projects in Your Browser. [Електронний ресурс]. Режим достпу: <https://wokwi.com> Дата доступу: 02.05.2024 р.
10. В. О. Денисюк, С. М. Цирульник, Мікропроцесорні системи управління. Вінниця: ВНАУ, 2021, 204 с

11. Banzi M., Shiloh M. Getting started with arduino: the open source electronics prototyping platform: Maker Media, Incorporated, 2021. 256 p.

12. Tinkercad. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tinkercad> Дата доступа: 02.05.2024 г.

Tinkercad - Create 3D digital designs with online CAD.[Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.tinkercad.com>. Дата доступа: 02.05.2024

13. Tinkercad for beginners. [Электронный ресурс].Режим доступа: <https://www.qbed.space/knowledge/blog/tinkercad-for-beginners-part-1>. Дата доступа: 02.05.2024 г.

14. Qiuju Guan, Caiyong Li, Xuemei Guo, Guoli Wang. Compressive classification of human motion using pyroelectric infrared sensors. 2014. Vol. 49. pp. 231 – 237.

15. Ronnen Levinson, Donghun Kim, Howdy Goudey, Sharon Chen, Hui Zhang, Ali Ghahramani, Charlie Huizenga, Yingdong He, Akihisa Nomoto, Edward Arens, Ana Álvarez Suárez, David Ritter, Markus Tarin, Robert Prickett. Hot, cold, or just right? An infrared biometric sensor to improve occupant comfort and reduce overcooling in buildings via closed-loop control. 2024. Vol. 312. pp. 11

16. Yuanchao Guo, Haonan Zhang, Lin Fang, Zixun Wang, Wen He, Shiwei Shi, Renyun Zhang, Jia Cheng, Peihong Wang. A self-powered flexible piezoelectric sensor patch for deep learning-assisted motion identification and rehabilitation training system. 2024. Vol.123. pp. 43-48.

17. A. Najafinejad, M.H. Korayem. Detection and minimizing the error caused by hand tremors using a leap motion sensor in operating a surgeon robot. 2023. Vol. 221. pp. 12-15

18. H.B._Giap Can Virtual Reality, Interactive Game, and Body Motion Sensors be a Replacement for General Anesthesia in Children Receiving Radiation Therapy. 2018. Vol. 102. pp. 149

19. Isizoh A.N. and other. Design and Construction of Arduino-Based Experimental Training Kit // International Journal of Research Publication and Reviews. 2022. Vol 3, no 4. pp 389-399.