

**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  
\_\_\_\_\_202\_\_р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»**

за спеціальністю 171 «Електроніка» освітньо-професійної програми  
«Електронні інформаційні системи»  
на тему « ДАТЧИКИ РУХУ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЕРА  
ARDUINO В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ БЕЗПЕКИ »

здобувача (-ки) групи ЕП-01 Яковено Тихон Костянтинівич  
*(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.

Тихон ЯКОВЕНКО  
*(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)*

Керівник к.ф. – м.н., доцент, Наталія ШУМАКОВА  
*(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)* *(підпис)*

**Суми 2024**  
**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.Однодворець

«01» травня 2024 року

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**  
**Яковенка Тихона Костянтиновича**

Тема роботи: **«ДАТЧИКИ РУХУ НА ОСНОВІ  
МІКРОКОНТРОЛЕРА ARDUINO В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМАХ  
БЕЗПЕКИ»**

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

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 24 травня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи (актуальність, мета):

У сучасному світі питання забезпечення безпеки стає дедалі актуальнішим як для приватних осіб, так і для організацій. Традиційні системи безпеки, що базуються на людському факторі, мають низку недоліків, таких як висока вартість обслуговування та можливість людських помилок. Тому все більша увага приділяється розвитку та впровадженню інтелектуальних систем безпеки. Інтелектуальні системи безпеки, оснащені датчиками руху, можуть автоматично виявляти спроби проникнення, передавати сигнали тривоги та активувати додаткові заходи захисту. Використання мікроконтролерів Arduino для створення таких систем є особливо привабливим завдяки їх низькій вартості, простоті програмування та можливості інтеграції з різноманітними сенсорами.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягає в дослідженні різновидів видів датчиків та виділення їх плюсів. Вона передбачає вивчення датчиків руху, та створення інтелектуальної системи безпеки на основі датчиків руху.

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

1. Вивчення існуючих датчиків руху, їх різновиди та принципи роботи.
2. Дослідження готових проєктів знайдених у відкритому доступі.
3. Підготовка до виконання проєкту, підбір комплектуючих та симулятора.
4. Розробка проєкту.
5. Висновки.
6. Список використаних джерел.

4. Перелік графічного матеріалу для презентації:

Слайд № - 1-2 слайд Титульний аркуш, анотація.

Слайд № - 3-7 Датчики руху їх класифікація, принцип роботи та реалізація.

Слайд № - 8-10 Методика проведення експерименту.

Слайд № - 11-13 Результати проведення експерименту.

Слайд № - 14 Код програми.

Слайд № - 15 Висновки.

Слайд № - 16 Список використаної літератури.

Слайд № - 17 Стаття опублікована у збірнику ФЕЕ - 2024.

Слайд № - 18 Подяка

6. Дата видачі завдання 01.05.2024 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка про стан вик. роботи
.	Аналіз літературних даних	до 07.05.2024 р.	<i>вик.</i>
.	Проведення вимірювань, моделювання, розрахунків, обробка результатів	до 22.05.2023 р.	<i>вик.</i>
.	Оформлення тексту кваліфікаційної роботи	до 26.05.2023 р.	<i>вик.</i>
.	Попередній захист роботи	31.05.2024 р., 10-00, онлайн	<i>вик.</i>
.	Захист кваліфікаційної роботи	04.06.2024 р., 10-00, онлайн	

Здобувач вищої освіти

Тихон ЯКОВЕНКО

Керівник

Наталія ШУМАКОВА

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота викладена на 35 сторінках, зокрема, містить 17 рисунків, 0 таблиць, список використаних джерел складається з 22 найменувань.

Актуальність теми: У сучасному світі питання забезпечення безпеки стає дедалі актуальнішим як для приватних осіб, так і для організацій. Традиційні системи безпеки, що базуються на людському факторі, мають низку недоліків, таких як висока вартість обслуговування та можливість людських помилок. Тому все більша увага приділяється розвитку та впровадженню інтелектуальних систем безпеки. Інтелектуальні системи безпеки, оснащені датчиками руху, можуть автоматично виявляти спроби проникнення, передавати сигнали тривоги та активувати додаткові заходи захисту. Використання мікроконтролерів Arduino для створення таких систем є особливо привабливим завдяки їх низькій вартості, простоті програмування та можливості інтеграції з різноманітними сенсорами.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягає в дослідженні різновидів видів датчиків та виділення їх плюсів. Вона передбачає вивчення датчиків руху, та створення інтелектуальної системи безпеки на основі датчиків руху.

Під час виконання роботи використовували іноземну наукову літературу за допомогою якої було розроблено проєкт інтелектуальної системи безпеки з використанням датчиків руху на базі Arduino.

У результаті проведених наукових досліджень встановлено, що використання датчиків руху є досить частим, також використання платформи Arduino є досить розповсюдженим та має безліч позитивних моментів.

**Ключові слова:** ДАТЧИК, ДАТЧИК РУХУ, ДАТЧИК РУХУ PIR, ARDUINO, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА БЕЗПЕКИ, СИСТЕМИ БЕЗПЕКИ, БЕЗПЕКА.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
<b>РОЗДІЛ 1 ДАТЧИКИ РУХУ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ, ПРИНЦИПИ РОБОТИ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ .....</b>	<b>7</b>
1.1 РІЗНОВИДИ ДАТЧИКІВ РУХУ. ....	7
1.1.1 ПАСИВНІ ІНФРАЧЕРВОНІ ДАТЧИКИ РУХУ. ....	7
1.1.2 ДАТЧИКИ РУХУ МІКРОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ..	10
1.1.3 УЛЬТРАЗВУКОВІ ДАТЧИКИ РУХУ .....	12
1.2 ГОТОВІ РІШЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЛЕРІВ.....	13
<b>РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ .....</b>	<b>15</b>
2.1 ВИБІР МІКРОПРОЦЕСОРА.....	15
2.2 ВИБІР ДАТЧИКІВ РУХУ.....	21
2.3 ВИБІР ЕМУЛЯТОРА ARDUINO .....	23
<b>РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ .....</b>	<b>25</b>
3.1 ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКІВ РУХУ З ПЕРЕСІКАННЯМ ЇХНІХ ЗОН МОНІТОРИНГУ .....	25
3.2 ЗБІРКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ .....	27
3.3 РОЗРОБКА ТА ПОЯСНЕННЯ КОДА ПРОГРАМИ .....	29
ВИСНОВОК.....	33
СПИСОК ВИКОРИТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	34

## ВСТУП

Датчик (детектор) руху – це електричний пристрій, який використовує датчик для виявлення руху поблизу. Такий пристрій часто інтегрується як компонент системи, яка автоматично виконує завдання або сповіщає користувача про рух у певній області. [1]

У наш час треба все більше незвичайних рішень для систем безпеки, тому що просто велика кількість датчиків чи камер спостереження не забезпечать повноцінну безпеку. Тому автоматизація систем охорони стає дуже важливою для подальшого розвитку сфери безпеки житла, майна та інших важливих для людей речей.

Предметом дослідження моєї дипломної роботи є датчики руху на основі мікроконтролера Arduino. Об'єктом дослідження є принципи роботи, методи розробки та застосування інтелектуальних систем безпеки з використанням датчиків руху на мікроконтролері Arduino.

Завдання дослідження: проаналізувати принципи роботи та типи датчиків руху, дослідити можливості застосування датчика руху Arduino в інтелектуальних системах безпеки, дослідити середовища розробки Arduino. Обрати мікропроцесор та елементи інтелектуальної системи безпеки. А також розробка інтелектуальної системи безпеки з використанням датчиків руху на основі мікроконтролера Arduino

Далі буде представлено літературний огляд теоретичних аспектів, опис вже готових інтелектуальних систем безпеки, розгляд найбільш використаних варіантів Arduino, освітлення існуючих симуляторів Arduino та власна розробка інтелектуальної системи охорони.

## РОЗДІД 1

# ДАТЧИКИ РУХУ ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ, ПРИНЦИП РОБОТИ ТА РЕАЛІЗАЦІЯ

### 1.1 РІЗНОВИДИ ДАТЧИКІВ РУХУ

Датчик (детектор) руху – це електричний пристрій, який використовує датчик для виявлення руху поблизу. Такий пристрій часто інтегрується як компонент системи, яка автоматично виконує завдання або сповіщає користувача про рух у певній області. Вони становлять життєво важливий компонент безпеки, автоматизованого керування освітленням, управління домом, енергоефективності та інших корисних систем.

Наразі виділяють наступні види датчиків руху:

- Піроелектричні інфрачервоні (PIR) датчики;
- Датчики руху мікрохвильового випромінювання;
- Ультразвукові датчики руху. [1]

#### 1.1.1 ПАСИВНІ ІНФРАЧЕРВОНІ ДАТЧИКИ РУХУ

Датчики PIR (рисунок 1.1) дозволяють помічати рух, майже завжди їх використовують для того, щоб визначити, чи людина зайшла в зону дії датчика чи вийшла з неї. Вони маленькі, дешеві, малопотужні, прості у використанні та мають великий ресурс. Саме тому їх часто використовують у приладах і гаджетах, що застосовуються в будинках або на підприємствах. Їх часто називають датчиками PIR, "пасивного інфрачервоного випромінювання", "піроелектричними" або "інфрачервоними датчиками руху".



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд PIR датчика [2]

Датчики PIR складаються з піроелектричного сенсора (рисунок 1.2, кругла металева коробка з прямокутним кристалом посередині), який може виявляти рівні інфрачервоного випромінювання. Все випромінює певне слабке випромінювання, і чим гарячіше щось, тим більше випромінювання випускається. Сенсор в датчику руху фактично розділений на дві половини. Причина цього полягає в тому, що ми прагнемо виявляти рух (зміну), а не середні рівні ІЧ-випромінювання. Дві половини з'єднані таким чином, що вони взаємно компенсують одна одну. Якщо одна половина бачить більше або менше інфрачервоного випромінювання, ніж інша, вихідний сигнал буде високим або низьким.

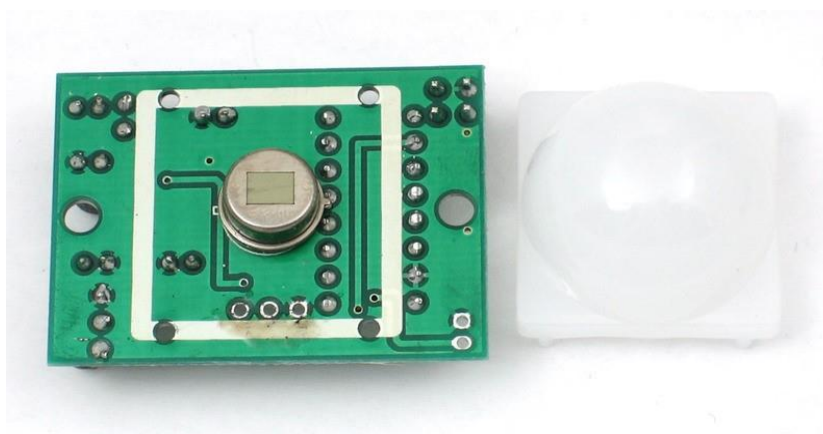


Рисунок 1.2 – Піроелектричний сенсор датчика PIR [2]



Датчики PIR, по суті, виготовлені з піроелектричних сенсорів, які генерують електричний сигнал у відповідь на зміну падаючого теплового випромінювання. Кожне живе тіло випромінює певне слабе випромінювання, і чим гарячіше тіло, тим більше випромінюється.

Типові комерційні датчики PIR, як правило, містять два чутливих до ІЧ-випромінювання елементи з протилежною поляризацією, розміщені в герметично закритому металевому корпусі з вікном із матеріалу, що пропускає ІЧ-випромінювання (зазвичай покритий кремній для захисту чутливого елемента).

Коли датчик неактивний, обидва слоти фіксують однакову кількість ІЧ-випромінювання - фонове випромінювання від кімнати, стін або вулиці. Коли повз проходить тепле тіло, наприклад людина чи тварина, воно спочатку перекриває одну половину датчика PIR, що спричиняє позитивну різницю між двома половинами. Коли тепле тіло залишає зону чутливості, відбувається зворотне: датчик генерує негативну різницю. Саме ці імпульси зміни і є тим, що виявляє датчик.

Для того, щоб сформувати поле зору датчика, він оснащений лінзами. Для охоплення значно більшої площі, детекторна лінза розділена на кілька секцій, кожна з яких є Френелівською лінзою. Френелівська лінза фокусує світло. Забезпечуючи більший діапазон ІЧ-випромінювання для датчика, він може охоплювати кілька десятків градусів завширшки. Таким чином, загальна конфігурація підвищує стійкість до змін фонові температури, шуму або вологості та скорочує час стабілізації вихідного сигналу після того, як тіло увійшло або вийшло з поля зору. [2, 3]

Середні робочі характеристики: робоча напруга 2,2-15, робочий струм: 8,5-30 мА, напруга джерела: 0,4-24 В, робоча температура: -20 - + 70. [3]

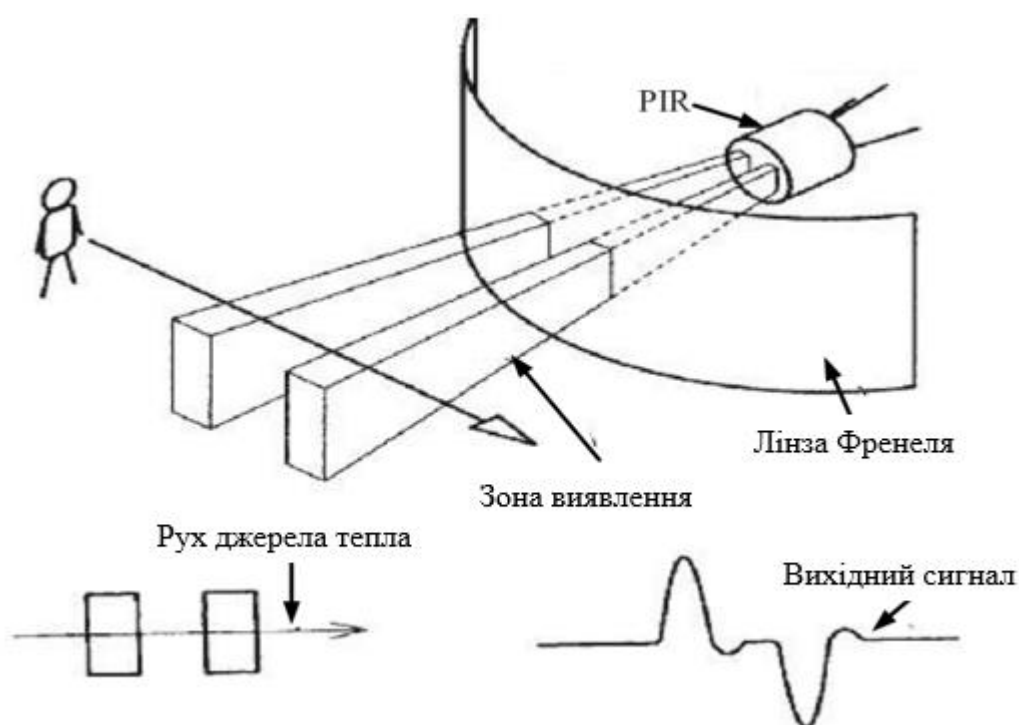


Рисунок 1.3 – Демонстрація роботи датчика руху PIR. Адаптовано з праці [3]

### 1.1.2 ДАТЧИКИ РУХУ МІКРОХВИЛЬОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

На відміну від PIR, який є пасивним пристроєм, мікрохвильовий датчик є активним пристроєм, оскільки він випромінює кілька дуже низьких імпульсів електромагнітного випромінювання, які потрапляють на ціль, а потім відбиваються назад до приймального датчика, який використовує доплерівський ефект (рисунок 1.4).

Перше, що потрібно розглянути, це визначення мікрохвильового випромінювання, яке є формою електромагнітного випромінювання електричних і магнітних полів, що поширюються зі швидкістю світла, і датчики, які використовують цю форму випромінювання, працюють у діапазоні від 300,0 МГц до 40,0 ГГц і визначаються як «мікрохвильові датчики». Існує два типи датчиків: пасивні, які сприймають природне випромінювання, і активні, які випромінюють мікрохвилі, а потім сприймають відбиті мікрохвилі, що повертаються від контакту з

об'єктом, розташованим у зоні спостереження, як у випадку мікрохвильового датчика, який використовується для контролю освітлювального обладнання.

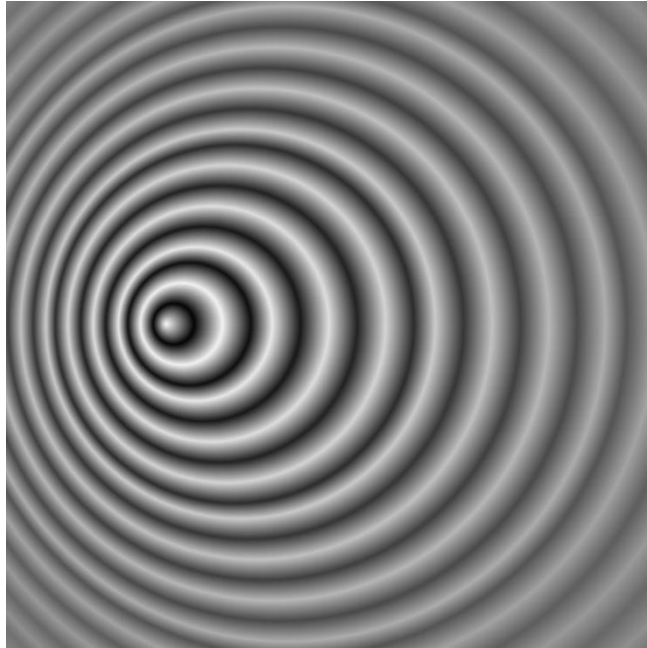


Рисунок 1.4 – Ілюстрація зростання частоти в напрямку руху й зменшення в протилежному напрямку [4]

Мікрохвильовий датчик використовує ефект Доплера, щоб визначити швидкість рухомого об'єкта в межах поля виявлення та наявність або відсутність сигналу. Виявлення об'єкта за допомогою мікрохвиль, випромінюваних датчиком, згодом повертається, якщо на шляху є відбиваючий об'єкт. Різниця фаз між переданим і прийнятим сигналом забезпечує частоту, яка визначатиме швидкість об'єкта.

Мікрохвильові датчики пропонуються у двох різних версіях, по-перше, «моностатичні», де датчик міститься в одному блоці, і «біостатичні», де датчик міститься в двох блоках, однак для звичайних установок освітлення зазвичай використовуються моностатичні блоки, оскільки вони пропонують ідеальне рішення для зовнішнього освітлення, оскільки вони менші та в одному блоці,

полегшують інтегровану установку в освітлювальні прилади. Як правило, їх не видно після встановлення, тому не впливатимуть на естетику світильника, і вони можуть працювати з різними джерелами світла, включаючи світлодіод, що дуже ефективно працює через розсіювач фітинга. Таким чином, вони не вимагають прорізання будь-яких отворів у корпусі світильника, що означає, що їх використання не вплине на ступінь захисту світильника від проникнення. [5]

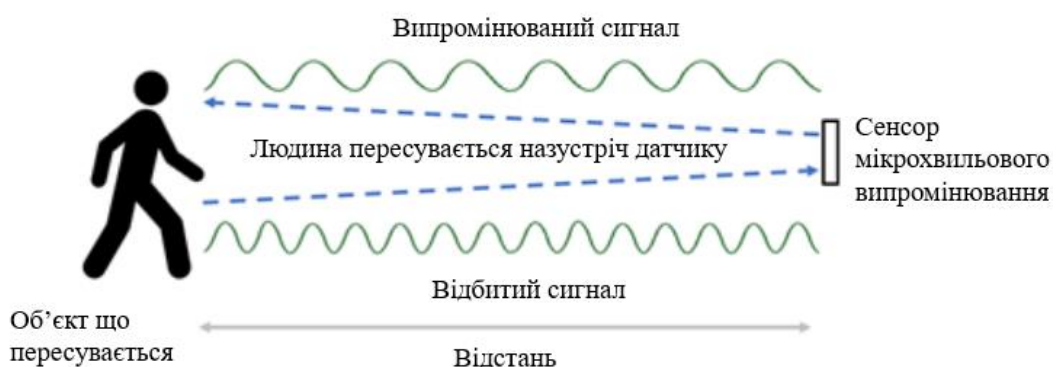


Рисунок 1.5 – Демонстрація роботи датчика руху мікрохвильового випромінювання. Адаптовано з праці [5]

Середні робочі характеристики: джерело живлення: 220V 50Hz, навантаження активна: 1200Вт, висота установки: 1,5 - 3,5 м, освітленість, Lux: <3 ~ 2000. [5]

### 1.1.3 УЛЬТРАЗВУКОВІ ДАТЧИКИ РУХУ

Ультразвукові датчики руху - це електричні пристрої, які використовують ультразвук (тобто звук дуже високої частоти) для виявлення руху. У такому датчику передавач випромінює звук із частотою, яку людське вухо зазвичай не чує. Коли приймач уловлює звукові хвилі, що відбиваються від зони, що охороняється, він надсилає їх на відповідну схему для подальших дій (зазвичай звуковий ланцюг). У разі руху людини або цілі в просторі між приймачем і передавачем відбувається

додаткова зміна або зрушення частоти звуку [6], схема в пристрої виявляє будь-яке незвичайне зрушення частоти, яке зазвичай реєструється через заздалегідь визначену частоту. Невелике зрушення частоти, наприклад, таке, що створюється комахою або гризуном, ігнорується. Коли спостерігається помітне зрушення, наприклад, велике зрушення, викликане людиною, що рухається, пристрій спрацьовує.

Так само, як і датчик руху мікрохвильового випромінювання, датчик руху ультразвукового випромінювання, так само використовує ефект Доплера. [7]

Середні робочі характеристики: робоча напруга 220 В, робочий струм: 95 - 200 мА, , робоча температура: -30 - + 70. [6]

## **1.2 ГОТОВІ РІШЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ БЕЗПЕКИ НА ОСНОВІ МІКРОКОНТРОЛЛЕРІВ**

Nosiri O.C та інші [8], у своїй роботі розробили інтелектуальну систему відстеження на базі мікроконтролера Raspberry Pi. Коли датчик фіксує рух вмикається камера, яка робить відео запис, він (відеозапис) зберігається на веб-сайті та одночасно з цим власник отримує SMS-оповіщенням. До позитивних сторін відновиться відносна дешевизна розробки, та енергоефективність.

Akash V. та інших [9], розробили систему охоронної сигналізації з датчиком руху, який демонструє гарну реакцію на спрацювання датчика, коли він фіксує вторгнення біля вікон або дверей. Результати тестування показують, що як кінцеві вимикачі, прикріплені до дверних петель, так і датчики руху працюють належним чином, як і очікувалося. Усі рішення приймаються за допомогою мікроконтролера PIC18F2423. Однією з головних особливостей розробки є вбудована затримка часу на 60 секунд, яка дозволяє домовласнику покинути приміщення, перш ніж буде активовано режим охорони. Ця розробка корисна для сфери безпеки, промисловості та автоматизації.

Ibrahim G. та інші [10], реалізували керування інтелектуальною системою за допомогою SMS-повідомлень. Мобільна станція (або просто мобільний телефон) взаємодіє з платою Arduino за допомогою GPRS-модуля, підключеного до плати. Головною функцією мобільної станції є отримання SMS-повідомлень від мікроконтролера. Інструкції та оповіщення надсилаються та отримуються як SMS-повідомлення за допомогою доступної мережі GSM. Для використання цієї системи не потрібно розробляти жодних нових функцій у мобільному телефоні; будь-який простий мобільний телефон із підтримкою SMS можна використовувати як мобільну станцію в цій програмі.

## РОЗДІД 2

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

#### 2.1 ВИБІР МІКРОПРОЦЕСОРА

Після ознайомлення з проектами освітленими у пункті 1.2, був зроблений вибір на користь сімейства мікроконтролерів Arduino.

Arduino — це апаратна та програмна платформа з відкритим вихідним кодом, призначена для комп'ютерних програмістів, професіоналів та зацікавлених в розробці інтерактивних пристроїв і програм, специфічних для інтерактивного середовища розробки.

Arduino може отримувати вхідні сигнали від різних датчиків та елементів керування. За допомогою керування джерелами світла, двигунами або іншими виконавчими механізмами, Arduino може змінювати навколишнє середовище.

Програми для мікроконтролера на платі Arduino пишуться мовою програмування Arduino (базується на "Wiring" - відкритій платформі для мікроконтролерів) і працюють в середовищі розробки Arduino (базується на "Processing" - відкритій мові програмування та інтегрованому середовищі розробки). Arduino може працювати автономно або спілкуватися з програмним забезпеченням, що працює на комп'ютері (наприклад, Flash, Processing і MaxMSP). Безкоштовне для завантаження відкрите інтегроване середовище розробки Arduino (IDE) дозволяє легко писати код, завантажувати його на плату та створювати власні інтерактивні пристрої. [11]

Ось найбільш популярні плати Arduino:

## Arduino Uno

Arduino Uno є стандартною платою Arduino і, можливо, найпоширенішою. Вона заснована на чіпі Atmel ATmega328, що має на борту 32 КБ флеш-пам'яті, 2 КБ SRAM та 1 Кбайт EEPROM пам'яті. На периферії має 14 дискретних (цифрових) каналів введення/виведення та 6 аналогових каналів введення/виведення, це дуже різнобічно-корисні девайси, що дозволяють перекривати більшість аматорських завдань у галузі мікроконтролерної техніки. Чіп ATmega16u2 на борту керує послідовним зв'язком. Дана плата контролера є однією з найдешевших і найчастіше використовуваних. При плануванні нового проекту, якщо ви не знайомі, з платформою Arduino, раджу почати з Uno. Arduino Leonardo

Платформа Arduino Leonardo трохи відрізняється від Uno. На основі ATmega32u4 цей мікроконтролер має розширені можливості USB і, отже, не вимагає окремого мікрочіпа для послідовного зв'язку по USB, як Uno. Це означає меншу вартість; менше мікросхем - дешевше за рішення. Це також означає, що розробник може використовувати мікроконтролер як рідний USB-пристрій, збільшується гнучкість при комунікації з комп'ютером. Леонардо може ефективно емулювати клавіатуру та мишу через USB HID. [12, 13]

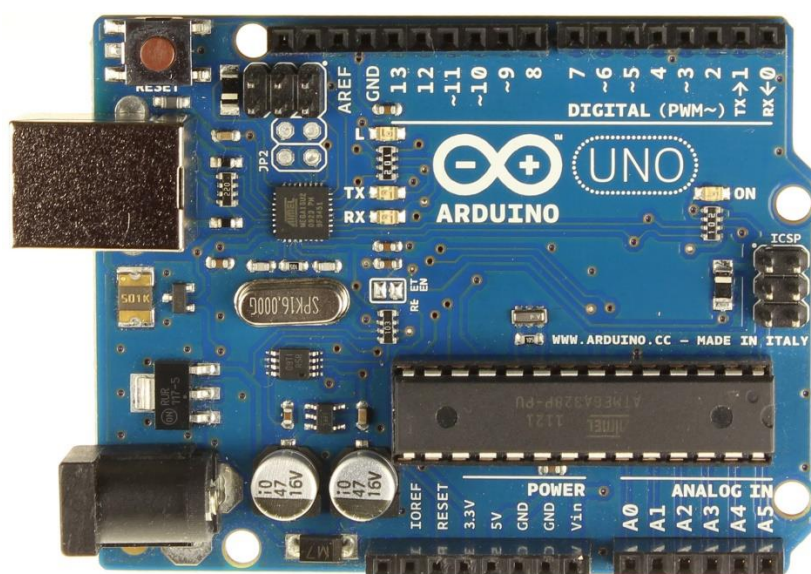


Рисунок 2.1 – Зображення Arduino Uno [13]



## Arduino Ethernet

Платформа Arduino Ethernet на основі ATmega328, взята з Uno, може підключатися до мережі Ethernet, функціональність необхідна в багатьох проектах. Фізично, платформа Arduino Ethernet має ті ж 14-дискретних входів/виходів, як Arduino Уно, з тим винятком, що 4 використовуються для управління модулем Ethernet і вбудованим зчитувачем мікро-SD карт, обмежуючи кількість доступних висновків.

Цікаво відзначити, що Arduino Ethernet має додатковий модуль POE (Power Over Ethernet). Ця опція дозволяє Arduino Ethernet житися безпосередньо від мережі Ethernet, без необхідності використання зовнішнього джерела живлення за умови, що живлення POE підключено на іншому кінці кабелю Ethernet. Без POE Arduino має бути запитаний за допомогою зовнішнього джерела живлення.

Ще одна відмінність від інших плат Arduino – це відсутність роз'єму USB. Тому що досить багато місця зайнято роз'ємом Ethernet, проте пристрій підтримує комунікації через звичайні висновки. [12, 14]

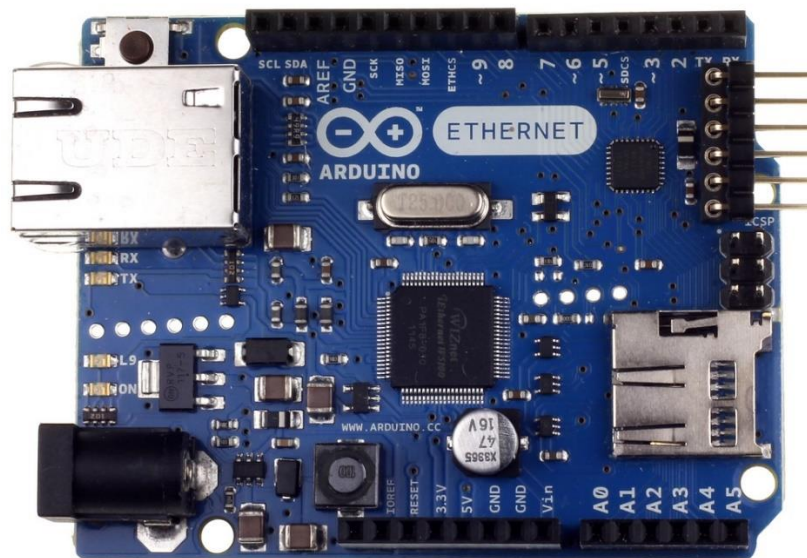


Рисунок 2.2 – Зображення Arduino Ethernet [14]

## Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 лише трохи довше, ніж Arduino Uno, але вона має значно більше каналів введення - виведення. Вона має загалом 54 цифрових ліній введення/виведення та 16 аналогових входів. Вона також має велику кількість флеш-пам'яті: 256 КБ, що дозволяє зберігати більші програми, ніж Uno. Вона також має чималу SRAM та EEPROM: 8 КБ та 4 КБ, відповідно. Вона також має 4 апаратні UART порти, що робить її ідеальною платформою для комунікацій з кількома пристроями паралельно.

Плати Arduino Mega використовуються там, де необхідна велика кількість входів та виходів. [12,15]

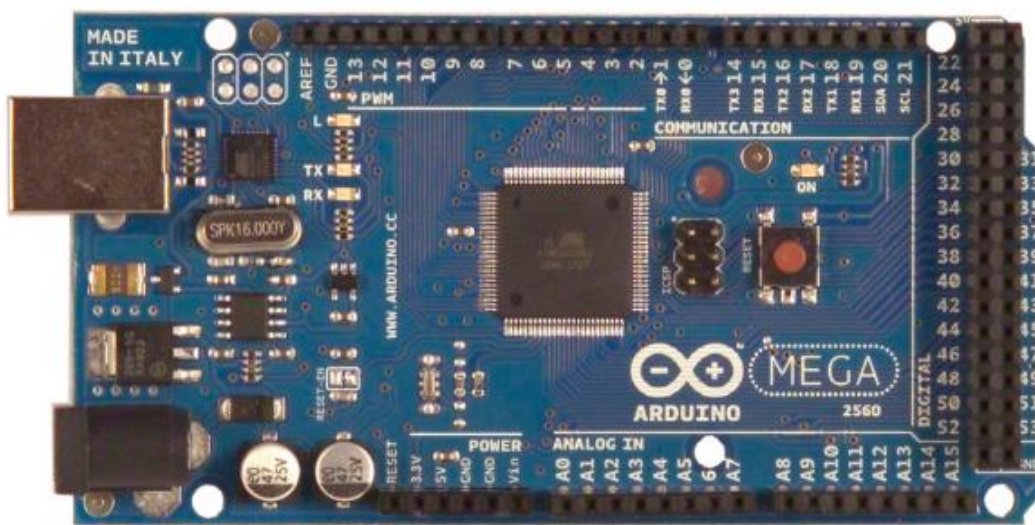


Рисунок 2.3 – Зображення Arduino Mega 2560 [15]

## Arduino Micro

Мікроконтролер Arduino Micro повністю відповідає своїй назві; це одна з найменших плат із лінійки Arduino. Незважаючи на свій невеликий розмір, вона все ж таки має велику кількість входних і вихідних пінів; вона має 20 цифрових каналів

введення/виведення, з яких 7 можуть бути використані як виходи ШІМ. Вона також має 12 аналогових входів. Мікро не спроектована, для нарощування шилдами, але в неї таке розташування гребінок, що зручно розміщувати безпосередньо на макетній платі. [16]

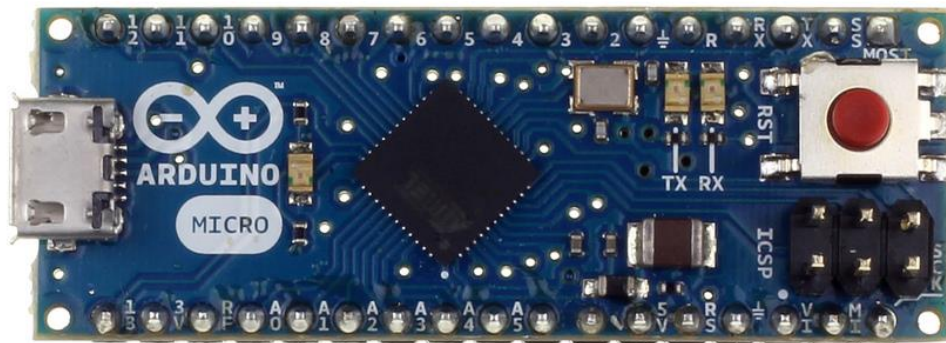


Рисунок 2.4 – Зображення Arduino Micro [16]

Також варто розповісти про технічні характеристики Arduino. Найкраще це можна продемонструвати на платі Arduino Uno.

#### Особливості

#### Процесор ATmega328P

#### Пам'ять

- Процесор AVR до 16 МГц
- 32 КБ Flash
- КБ SRAM
- 1 КБ EEPROM

#### Безпека

- Скидання при включенні (POR)
- Виявлення коричневого кольору (BOD)

#### Периферійні пристрої

- 2x 8-бітний таймер/лічильник із спеціальним реєстром періодів і порівнянням каналів
- 1x 16-розрядний таймер/лічильник із спеціальним регістром періоду, записом вхідних даних і каналами порівняння
- 1x USART з генератором дробової швидкості передачі даних і визначенням початку кадру
- 1x контролер/периферійний послідовний периферійний інтерфейс (SPI)
- 1x дворежимний контролер/периферійний I2C
- 1x аналоговий компаратор (AC) з масштабованим опорним входом
- Сторожовий таймер з окремим вбудованим генератором
- Шість каналів ШІМ
- Переривання та пробудження при зміні PIN-коду

#### Процесор ATmega16U2

- 8-розрядний мікроконтролер на базі AVR® RISC

#### Пам'ять

- 16 КБ ISP Flash
- 512В EEPROM
- 512В SRAM
- інтерфейс debugWIRE для налагодження та програмування на чіпі

#### потужність

- 2,7-5,5 вольт [17]

Тож найбільш популярною та доступною версією Arduino є Arduino Uno та Nano.

## 2.2 ВИБІР ДАТЧИКІВ РУХУ

Більшість розробників роблять вибір на користь PIR датчиків через їх доступність, дешевизну, та легкість у застосуванні. Значна кількість PIR датчиків виробляється у Китаї, тому на ринку можна зустріти безліч варіантів цих датчиків, вони відрізняються за ціною, технічними характеристиками, та технічною реалізацією. [18]

Свій вибір я зробив на користь датчика руху HC-SR501 через його доступність та вартість.

Технічні характеристики:

- Напруга: 5V – 20V
- Споживання електроенергії: 65mA
- Вихід TTL: 3.3V, 0V
- Час затримки: регульований (.3->5 хвилин)
- Час блокування: 0.2 секунди
- Методи спрацювання: L – вимкнути повторне спрацювання, H увімкнути повторне спрацювання
- Діапазон виявлення: менше 120 градусів, на відстані 7 метрів
- Температура: – 15 ~ +70
- Розмір: 32\*24 мм, відстань між гвинтами 28 мм, M2, Діаметр лінзи: 23 мм

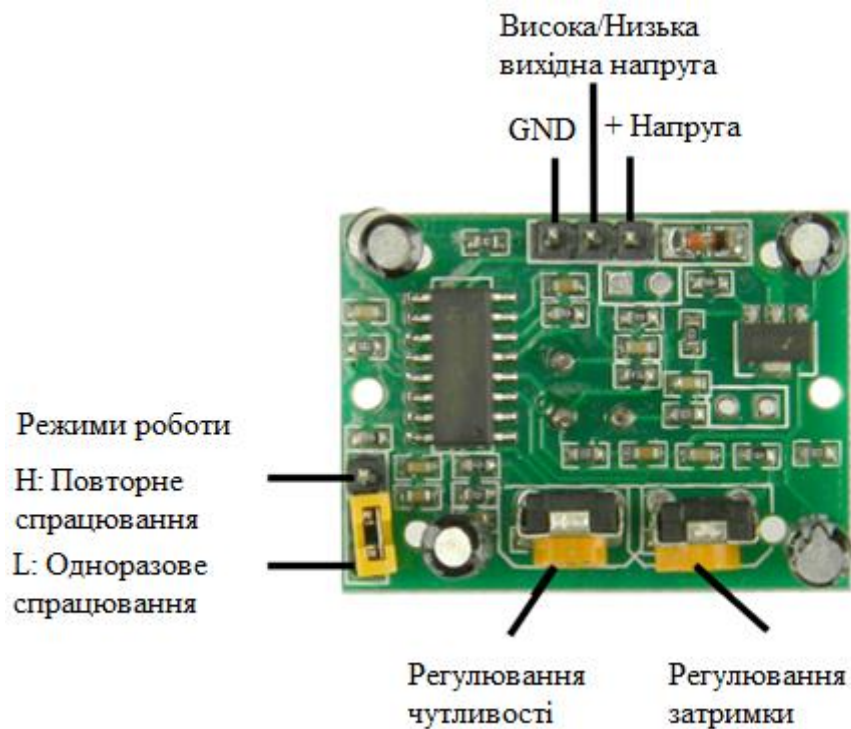


Рисунок 2.5 – Основні елементи датчика руху HC-SR501. Адаптовано з роботи [19]

#### Налаштування:

- Регулювання дистанції потенціометром за годинниковою стрілкою збільшує дальність виявлення (приблизно до 7 метрів), обертання проти годинникової стрілки зменшує дальність виявлення (приблизно до 3 метрів).
- Регулювання затримки потенціометром за годинниковою стрілкою збільшує час затримки (до 300 секунд), обертання проти годинникової стрілки зменшує час затримки (до 5 секунд). [19]

## 2.3 ВИБІР ЕМУЛЯТОРА ARDUINO

Також важливим елементом розробки пристрою є можливість попередньо відтворити його в емуляторі. Наразі найпопулярнішими емуляторами є Tinkercad [20] та Wokwi [21]. Ось коротке порівняння Tinkercad та Wokwi

### Кількість підтримуваних бібліотек Arduino

Кількість бібліотек Arduino величезна. Зі зростанням розміру спільнот ці бібліотеки стають порятунком для багатьох любителів, оскільки їх добре курують, доглядають і оновлюють.

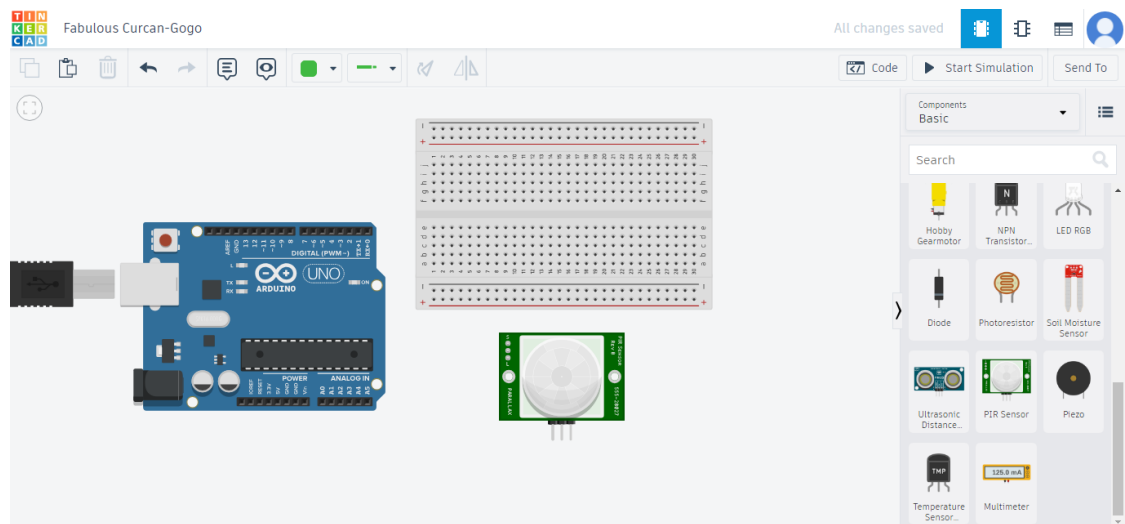


Рисунок 2.6 – Інтерфейс Tinkercad [20]

Симулятор Wokwi Arduino підтримує більшість бібліотек, а Tinkercad — лише близько 9. З іншого боку, симулятор Wokwi Arduino підтримує більшість популярних бібліотек.

Бібліотека Adafruit GFX, Adafruit INA219, Adafruit NeoPixel, Adafruit NeoMatrix, Adafruit SSD1306, Adafruit ST7735 і ST7789 бібліотека, Arduino\_CRC32, base64, Bounce2, Button, Controlino, бібліотека датчиків DHT, DHTLib, DS3231, FastLED, FastLED NeoMatrix, IRremote, клавіатура, lcdgfx, LedControl,



LiquidCrystal, LiquidCrystal I2C, LiquidMenu, MD\_MAX72XX, MD\_Parola, Midier, OneButton, RTCLib, SD, ssd1306, SSD1306Ascii, SdFat, Segment, Servo, SevSeg, SimpleDHT, SimpleTimer, Stepper, TaskScheduler, Talkie, Time , TimerOne, U8g2 тощо

### Підтримка адресних світлодіодів (відомі бібліотеки FastLED)

З появою світлодіодів з індивідуальною адресацією один висновок Arduino може керувати понад 1000 світлодіодами. Ціни на ці розумні світлодіоди також падають, оскільки споживання також зростає з кожним днем. Tinkercad не підтримує моделювання цих світлодіодів, тоді як симулятор Wokwi Arduino має величезну кількість колекцій прикладів бібліотеки FastLED, які підтримують ці розумні світлодіоди. [20]

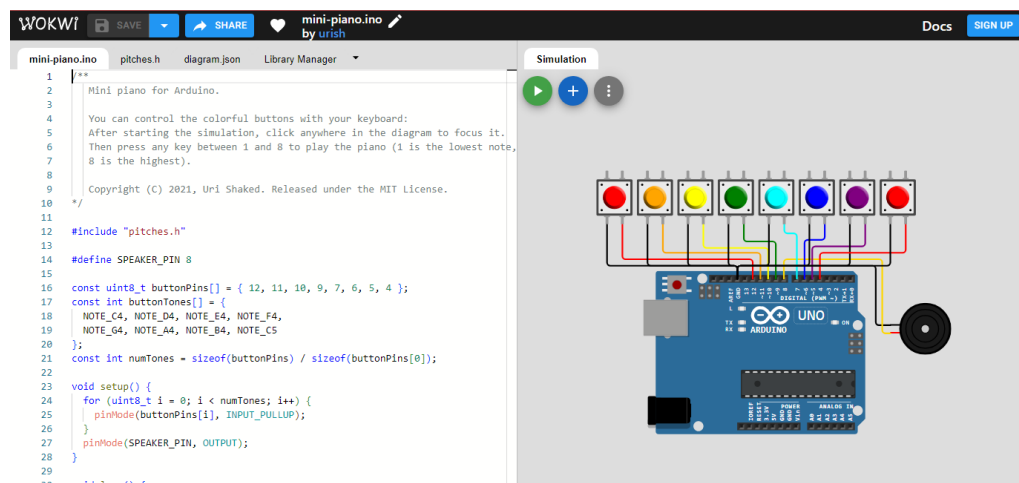


Рисунок 2.7 – Інтерфейс Wokwi [22]



## РОЗДІД 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

#### 3.1 ВИКОРИСТАННЯ ДАТЧИКІВ РУХУ З ПЕРЕСІКАННЯМ ЇХНІХ ЗОН МОНІТОРИНГУ

У основі мого проєкту буде стояти особливість застосування датчиків руху, а саме використання перехресних зон цих датчиків. У першому пункті було розглянуто принцип роботи PIR датчика руху, він спрацьовує коли помічає рух у будь якій зоні моніторингу, тому він не може виділити напрямок з якого він помітив рух. Тож для того, аби можна було поділити площу спостереження на зони, можна використовувати декілька датчиків, у яких є спільні зони спостереження (продемонстровано на рисунках 3.1). Таке використання датчиків значно зменшує їх кількість у розумній системі спостереження. Використовуючи два датчики ми можемо поділити на три зони, а використовуючи три датчики вже можемо поділити на сім зон.

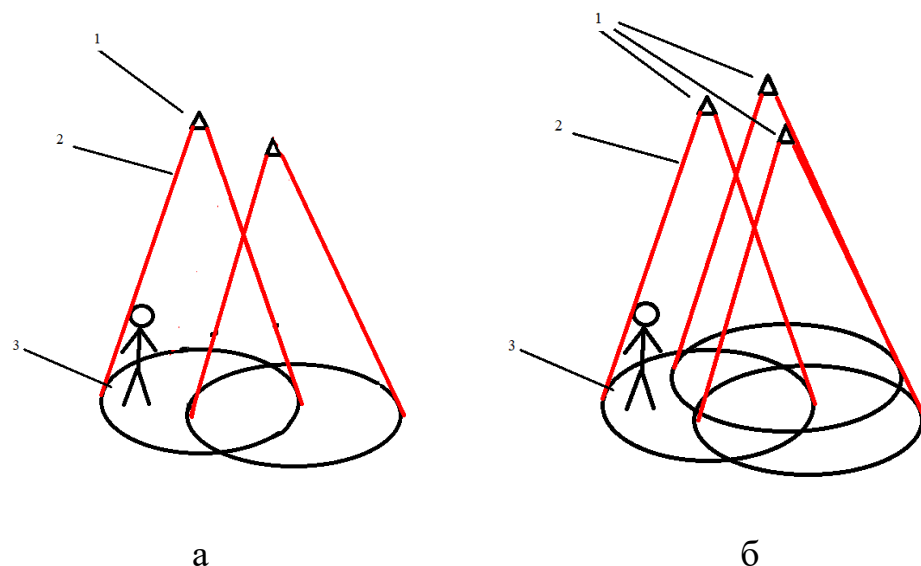


Рисунок 3.1. Застосування декількох датчиків руху для поділення зони спостереження на зони, а – система з двох датчиків, б – система з трьох датчиків.

1- датчики руху, 2 - умовні лінії зон датчиків, 3 – зона дії датчика

Дане рішення має досить багато застосувань, наприклад на залізничних переїздах (рисунок 3.2). Ця система починає працювати коли до переїзду наближається поїзд. Перша відрізок (на рисунку позначений - 3) – це безпечна зона де повинні стояти автомобілі та люди, при наближенні поїзду. Другий відрізок (на рисунку позначений - 4) – це зона попередження аварійних ситуацій, бо якщо помічається рух у цій зоні, вмикається системи оповіщення для порушників, що повинно змусити повернутися їх у безпечну зону. Остання зона (на рисунку позначена - 5) – це зона підвищеної небезпеки, при виявленні руху у цій зоні, сповіщається машиніст поїзду, який у свою чергу виконує потрібні інструкції.

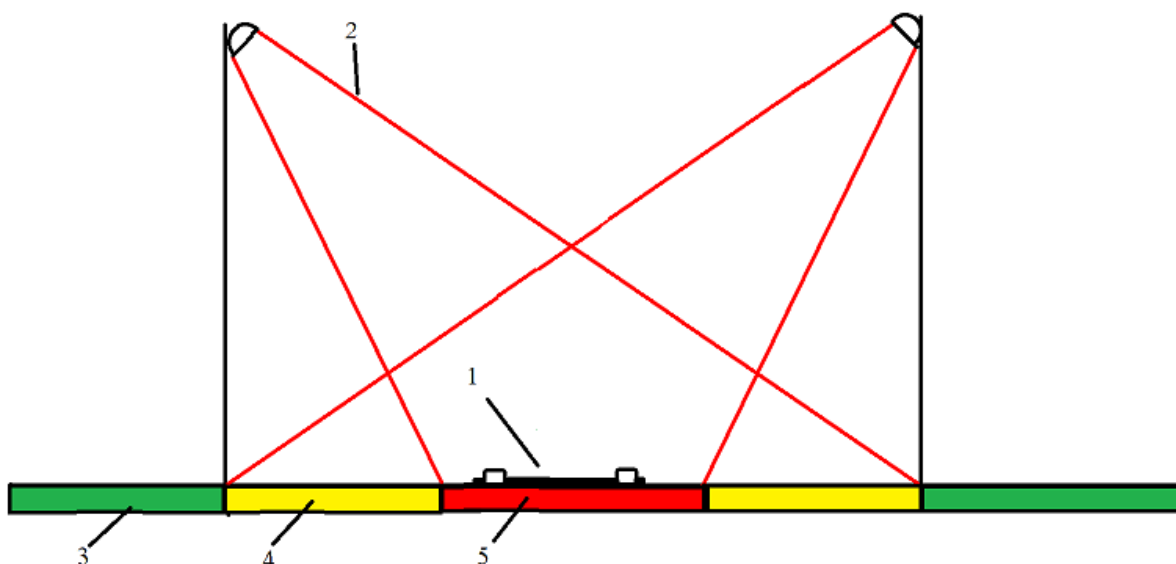


Рисунок 3.2. Залізничний переїзд з розумною системою попередження аварійних ситуацій. 1 – залізнична колія, 2 – умовна лінія зони датчика, 3 – безпечна зона, 4 – зона малої небезпеки, 5 – зона підвищеної небезпеки

Також можливе застосування цей метод може знайти у інтелектуальних системах безпеки, наприклад розумна система оповіщення про довге знаходження біля дверей будинку, або вікон. Саме цю ідею я спробує реалізувати у своїй бакалаврській роботі. Моя ідея полягає у створенні системи, яка б сповіщала

власника про не проханих гостей, та могла працювати, як система для увімкнення світла у темний час доби. Макет інтелектуальної системи представлений на рисунку 3.3.

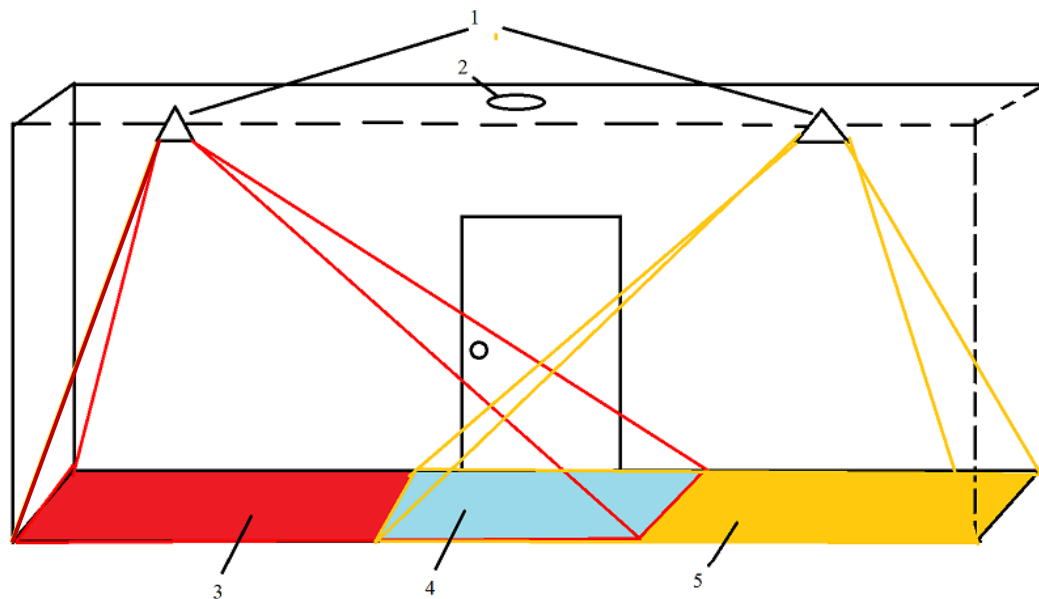


Рисунок 3.3. Попередній проєкт інтелектуальної системи. 1 – датчики руху, 2- джерело світла, 3 – одиночна зона датчика № 1, - сумісна зона датчиків №1 та №2, 5 – одиночна зона датчика №2

### 3.2 ЗБІРКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ

Перший режим роботи системи, це вмикання світла при виявленні руху, тобто коли хоча б один з датчиків бачить рух, він вмикає світло на певний час. Другий режим роботи системи полягає у тому, що при перебуванні одночасно у двох зонах (перед дверима будинку) більше трьох секунд відбувається сповіщення власника та подальші заходи безпеки.

Для реалізації цього проєкту знадобиться два датчики руху, мікроконтролер Arduino та деяка кількість світлодіодів для відображення роботи датчика.

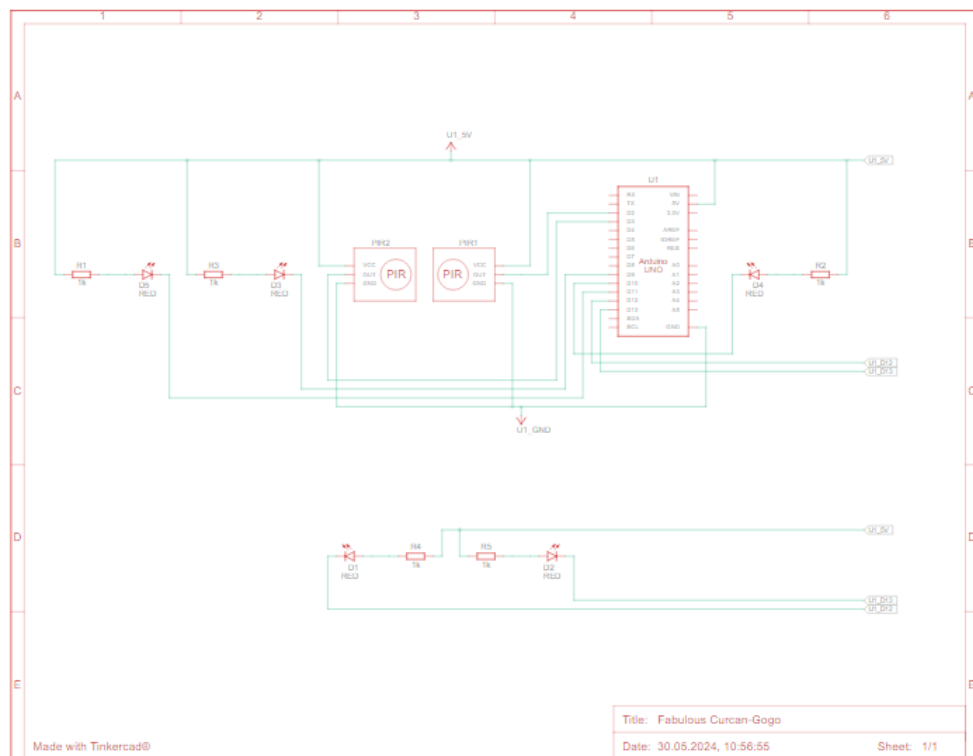


Рисунок 3.4. Електрична схема проєкту [20]

Принцип роботи системи. Якщо хоча б один датчик бачить рух він починає відлік часу. Відлік продовжується допоки є рух у зоні дії датчика. Якщо датчик фіксує рух більше трьох секунд, то він завмирає на цьому значенні допоки в зоні дії датчика припиниться рух, тоді починається зворотній відлік часу. Якщо ж обидва датчики фіксують рух у своїх зона більше трьох секунд, скоріш за все, це означає, що рух присутній у спільній зоні їх моніторингу, що веде за собою спрацювання системи оповіщення, у моєму випадку запалюється червоний світлодіод. Недоліком цієї системи є спрацювання при наявності руху у зонах моніторингу датчиків, та не у спільній зоні.

Попередню модель інтелектуальної системи безпеки я спроектував у онлайн редакторі Tinkercad рисунок 3.5.

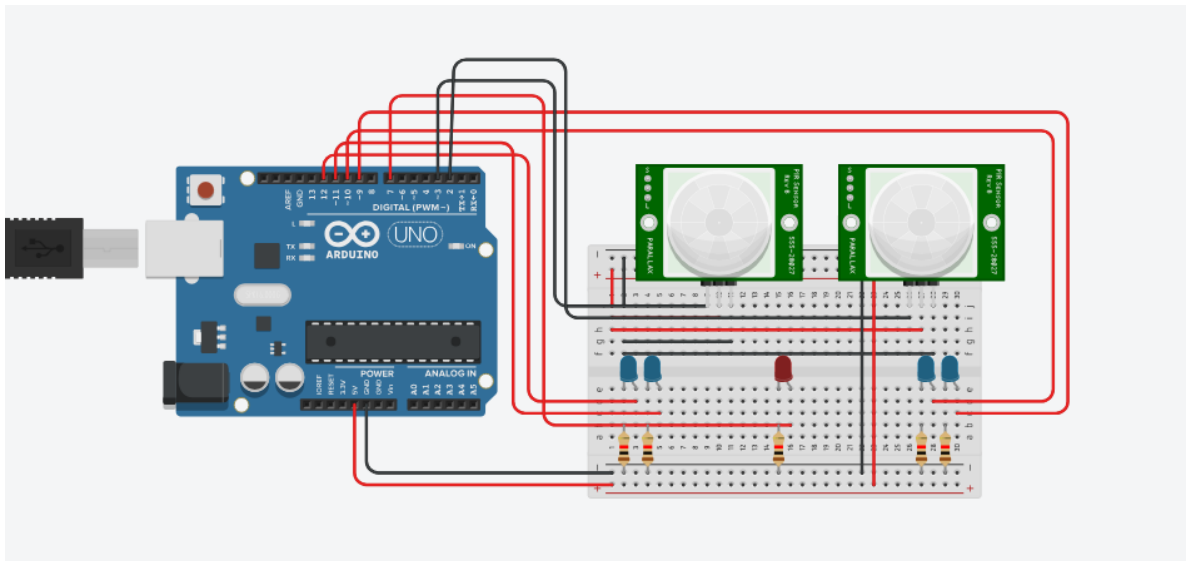


Рисунок 3.5. Схема інтелектуальної система безпеки у онлайн редакторі Tinkercad [20]

Для відображення роботи проєкту можна використовувати базери, гучномовці, світлодіоди та інші прилади виведення інформації. Для своєї роботи я буду використовувати світлодіоди, за допомогою них можна досить наглядно продемонструвати як працює кожен елемент системи.

### 3.3 РОЗРОБКА ТА ПОЯСНЕННЯ КОДА ПРОГРАМИ

Код який забезпечує роботу системи:

```
const int motionSensorPin1 = 2;
const int motionSensorPin2 = 3;
const int ledPin = 7;
const int ledPin1 = 9;
const int ledPin2 = 10;
const int ledPin3 = 11;
const int ledPin4 = 12;
```

```
int Y = 0;
int X1 = 0;
int X2 = 0;
const int maxX = 3;
```

```
unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 1000;

void setup() {
  pinMode(motionSensorPin1, INPUT);
  pinMode(motionSensorPin2, INPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(ledPin1, OUTPUT);
  pinMode(ledPin2, OUTPUT);
  pinMode(ledPin3, OUTPUT);
  pinMode(ledPin4, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  unsigned long currentMillis = millis();

  if (currentMillis - previousMillis >= interval) {

    previousMillis = currentMillis;

    int motionState1 = digitalRead(motionSensorPin1);
    int motionState2 = digitalRead(motionSensorPin2);

    if (motionState1 == HIGH) {
      if (X1 < maxX) {
        X1++;
      }
    } else {
      if (X1 > 0) {
        X1--;
      }
    }
  }

  if (motionState2 == HIGH) {
    if (X2 < maxX) {
      X2++;
    }
  } else {
    if (X2 > 0) {
      X2--;
    }
  }
}
```

```

    }
}

if (X1 == 0) {
    digitalWrite(ledPin1, LOW);
    digitalWrite(ledPin2, LOW);
} else if (X1 == 1) {
    digitalWrite(ledPin1, HIGH);
    digitalWrite(ledPin2, LOW);
} else if (X1 == 2) {
    digitalWrite(ledPin1, LOW);
    digitalWrite(ledPin2, HIGH);
} else {
    digitalWrite(ledPin1, HIGH);
    digitalWrite(ledPin2, HIGH);
}

if (X2 == 0) {
    digitalWrite(ledPin3, LOW);
    digitalWrite(ledPin4, LOW);
} else if (X2 == 1) {
    digitalWrite(ledPin3, HIGH);
    digitalWrite(ledPin4, LOW);
} else if (X2 == 2) {
    digitalWrite(ledPin3, LOW);
    digitalWrite(ledPin4, HIGH);
} else{
    digitalWrite(ledPin3, HIGH);
    digitalWrite(ledPin4, HIGH);
}

if (X1 == maxX && X2 == maxX) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
} else if (X2 == 1) {
    digitalWrite(ledPin, LOW);
}
}
}

```

У основі принципу роботи коду лежать дві змінні, X1 та X2. Кожна змінна створена для одного з датчиків, X1 для першого, X2 для другого. Моніторинг датчика відбувається кожену секунду, коли система опитує датчик і фіксує рух до

змінної додається одиниця, якщо ж рух відсутній від змінної віднімається одиниця, та мінімальне, та максимальне значення змінної дорівнює 0 та 3 відповідно. Тож коли система фіксує що змінні  $X_1$  та  $X_2$  максимального значення, тобто дорівнюють трійкам, вмикається червоний світлодіод, який під'єднаний до 7 піну. Сам відрахунок демонструють світлодіоди синього кольору, які під'єднані до пінів з 9 по 12. Світлодіоди які під'єднані до 9 та 10 пінів демонструють відлік для першого датчика який під'єднаний до 2 піну. Два інші світлодіоди демонструють роботу другого датчика, який під'єднаний до 3 піну.

Як відбувається демонстрація відліку, все просто, за допомогою двійкового коду. Тобто 0 секунд – жоден з світлодіодів не горить, 1 секунда – горить тільки правий світлодіод, 2 секунди – горить тільки лівий світлодіод, ну і 3 секунди – горять обидва світлодіоди.



## ВИСНОВКИ

1. У результаті цієї роботи ми можемо виділити три основні види датчиків руху які застосовуються на сьогодні, це: піроелектричні інфрачервоні (PIR) датчики; датчики руху мікрохвильового випромінювання; ультразвукові датчики руху. Та найбільш популярним є PIR датчики, вони є більш енергоефективними, струм який вони споживають, зазвичай, не перевищує 150 мА, в той час, як мікрохвильові та ультразвукові споживають від 1,5 до 3 А. PIR датчики є абсолютно безпечними для людського здоров'я. Також важливим плюсом PIR датчиків є ціна, вона у рази менша за інші види датчиків руху.
2. Проаналізовані роботи інших осіб, показують важливість датчиків руху у інтелектуальних системах безпеки. Саме датчики руху грають ключову роль у виявленні порушників. Після виявлення руху датчик передає інформацію на мікроконтролер, який в свою чергу виконує заходи безпеки, чи то повідомлення власників, чи то автоматичне закриття дверей та вікон.
3. Tinkercad є потужним інструментом для розробки, навчання та тестування проектів на базі Arduino. Він надає можливість моделювати електронні схеми, програмувати мікроконтролери і симулювати їх роботу в реальному часі, що робить його незамінним для початківців та досвідчених розробників.
4. У своїй кваліфікаційній роботі я розробив та відтворив інтелектуальну систему безпеки на основі датчиків руху. Я обрав PIR датчиків руху через їх поширеність та легкість у налаштуванні. Також я скористався особливістю використання цих датчиків, таку як спільні зони. За допомогою цього, мені вдалося локалізувати спостережну зону, без втрати повної зони огляду датчиків. Система спрацьовує, якщо у спільній зоні фіксується рух протягом 3 секунд, також це супроводжується світлодіодною індикацією.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://getsafeandsound.com/blog/types-of-motion-sensors//> Дата доступу 22.05.2024
2. <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/pir-passive-infrared-proximity-motion-sensor.pdf> Дата доступу 22.05.2024
3. [https://www.researchgate.net/publication/260986355\\_Design\\_and\\_implementation\\_of\\_Pyroelectric\\_Infrared\\_sensor\\_based\\_security\\_system\\_using\\_microcontroller](https://www.researchgate.net/publication/260986355_Design_and_implementation_of_Pyroelectric_Infrared_sensor_based_security_system_using_microcontroller) Дата доступу 22.05.2024
4. [https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82\\_%D0%94%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%B0](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%94%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%B0) Дата доступу 22.05.2024
5. <https://ansell-lighting.com/en/articles/technical/passive-infra-red-microwave-detection> Дата доступу 22.05.2024
6. Ekimov, A., & Sabatier, J.M., Vibration and sound signatures of human footsteps in buildings // Journal of Acoustical Society of America, 2006. 120(2), pp. 762-768.
7. Mubina T., Akeem W. Ultrasonic Sensing Basics // Texas Instruments Incorporated, 2021 pp. 14
8. Nosiri O.C., Akwiwu-Uzoma C.C., Nmaju U.A., Elumeziem C.H. Motion Detector Security System for Indoor Geolocation // International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS). 2018 pp. 24-30
9. Akash V. B., Ulhas B. S., Shrinivas R. Z. DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MOTION DETECTION ALARM AND SECURITY SYSTEM // International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology, 2018. Vol.6, No.1 pp.26-38
10. Ibrahim G., Rufai H. Intelligent Arduino Home Based Security System Using Global System for Mobile Communication (GSM) and Passive Infrared (PIR) Sensor // Science Publishing Group. 2019 pp. 45-49
11. <https://www.gotronic.fr/pj2-34976-1794.pdf> Дата доступу 22.05.2024
12. [https://geekmatic.in.ua/the\\_different\\_arduinos](https://geekmatic.in.ua/the_different_arduinos) Дата доступу 22.05.2024
13. <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf> Дата доступу 22.05.2024
14. <https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoEthernetFront.jpg> Дата доступу 22.05.2024
15. [https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2893/7/ArduinoMega2560\\_Datasheet.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2893/7/ArduinoMega2560_Datasheet.pdf) Дата доступу 22.05.2024
16. <https://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/2207700.pdf> Дата доступу 22.05.2024
17. <https://docs.arduino.cc/resources/datasheets/A000066-datasheet.pdf> Дата доступу 22.05.2024

18. Sujay N. R. Venkatesha P. Vijay S. PIR Sensor Characterization and a Novel Localization Technique using PIRs // Electronic Systems Engineering Indian Institute of Science. 2015 pp. 12
19. <https://datasheetspdf.com/datasheet-pdf/775434/HC-SR501.html> Дата доступа 22.05.2024
20. <https://www.tinkercad.com/dashboard> Дата доступа 22.05.2024
21. <https://wokwi.com/> Дата доступа 22.05.2024
22. <https://www.hackster.io/Hack-star-Arduino/tinkercad-versus-wokwi-arduino-simulator-2022-5ab08d> Дата доступа 22.05.2024