

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТУСА

НЕДБАЛЮК НАЗАРІЙ ВАДИМОВИЧ

Допускається до захисту:
В.о. завідувача кафедри
прикладної математики та
кібербезпеки, доктор
філософії з математики

Луценко А. В.
«__» ____ 20__ р.

ОПТИЧНИЙ ЗВ'ЯЗОК В СИСТЕМІ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

Спеціальність 105 Прикладна фізика та наноматеріали

Кваліфікаційна (магістерська) робота

Науковий керівник:
В. Г. Крижановський,
д-р техн. наук., професор,
професор кафедри прикладної
математики та кібербезпеки

(підпис)

Оцінка : ____ / ____ / ____

(бали/за шкалою ЄКТС/за національною шкалою)

Голова ЕК: _____

(підпис)

Вінниця 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ БЕЗДРОТОВОЇ КОМУНІКАЦІЇ В ІoT ТА «РОЗУМНОМУ БУДИНКУ».....	6
1.1. Поняття «розумного будинку»	6
1.2. Технології бездротової комунікації, які застосовуються у розумному будинку	11
1.3. Висновок до першого розділу	21
2. ОРГАНІЗАЦІЯ ІЧ ЗВ'ЯЗКУ У «РОЗУМНОМУ БУДИНКУ»	23
2.1. Побудови ІЧ зв'язку з використанням трансмітерів на основі мікросхеми SN340	23
2.2. Апаратні та програмні засоби для реалізації ІЧ (вибір програм та обладнання).....	31
2.3. Реалізація системи у Arduino	38
2.4. Висновок до другого розділу	44
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	46
3.1. Програмування досліджуваного процесу	46
3.2. Результати експерименту	49
3.3. Висновок до третього розділу	61
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ	63
ДОДАТКИ.....	66

ВСТУП

У сучасному світі технології бездротового зв'язку відіграють важливу роль у розвитку інтернету речей (IoT) та систем «розумного будинку». Системи автоматизації, що інтегрують безліч підключених пристроїв, значно підвищують рівень комфорту, безпеки та енергоефективності житлових і комерційних приміщень. Завдяки застосуванню бездротових технологій, такі як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, Z-Wave та інфрачервоний зв'язок (ІЧ), можна дистанційно контролювати освітлення, кліматичні системи, безпеку та інші елементи житла, що дозволяє створювати більш зручне і продуктивне середовище. Зокрема, ІЧ зв'язок є відносно економічним і простим способом для реалізації локальних функцій керування в IoT-системах, що робить його актуальним для застосування в системах «розумного будинку».

Актуальність дослідження цієї теми обумовлена стрімким зростанням використання IoT-рішень в побуті, а також необхідністю створення стабільних, доступних і енергоефективних систем автоматизації. У зв'язку з тим, що багато користувачів прагнуть створити комфортні умови в будинку за допомогою автоматизованих систем, розробка і вдосконалення технологій бездротового зв'язку є критично важливими. Дослідження в цій сфері дозволяють не лише покращувати функціональність систем «розумного будинку», але й розширювати можливості для безпечного, стабільного і оптимізованого використання енергії. Це особливо важливо в умовах сучасної тенденції до зниження енергоспоживання і впливу на довкілля, що в свою чергу сприяє популяризації автоматизації в побуті.

Ще однією важливою причиною актуальності є різноманітність і специфіка бездротових технологій, кожна з яких має свої переваги і обмеження. Наприклад, для передачі сигналів на коротких відстанях і при низькому енергоспоживанні зручно використовувати інфрачервоний зв'язок, який добре підходить для локальних завдань керування всередині одного приміщення. ІЧ зв'язок дає можливість реалізувати простіші і менш затратні рішення для локальних систем керування, що дозволяє знизити загальну

вартість системи та підвищити її енергоефективність. Це важливо як для розробників, так і для кінцевих користувачів, оскільки дозволяє оптимізувати витрати на впровадження і підтримку «розумного будинку».

Також актуальність дослідження ІЧ зв'язку в умовах «розумного будинку» підсилюється тим, що дана технологія є доступною для впровадження та забезпечує надійний зв'язок між пристроями за умов прямої видимості. Це дозволяє забезпечувати високу точність і швидкість передачі сигналів для багатьох задач, таких як управління освітленням, кондиціонуванням, мультимедійними системами тощо. Простота використання і налаштування інфрачервоних компонентів сприяє їх популярності серед ентузіастів та розробників домашніх систем автоматизації.

Мета дослідження полягає у вивченні можливостей технології інфрачервоного зв'язку та її інтеграції в системи «розумного будинку» для покращення автоматизації процесів та забезпечення зручного управління пристроями.

Об'єкт дослідження – технології бездротової комунікації у системах «розумного будинку».

Предмет дослідження – методи реалізації інфрачервоного зв'язку у системах автоматизації та IoT для локального керування пристроями в межах «розумного будинку».

Завдання дослідження:

1. Огляд сучасного стану проблеми бездротової комунікації в IoT та розумному будинку.
2. Аналіз доступних технологій бездротового зв'язку та їхніх можливостей для використання в умовах автоматизації приміщень.
3. Дослідження апаратних і програмних засобів для реалізації ІЧ зв'язку на базі Arduino.
4. Розробка і тестування системи інфрачервоного зв'язку, що дозволяє керувати пристроями в умовах «розумного будинку».

Практичне застосування результатів дослідження може знайти своє відображення у вдосконаленні існуючих систем автоматизації будинків, особливо для невеликих приміщень, де ІЧ зв'язок є доцільним.

Структура роботи включає вступ, три розділи, висновки до них, загальні висновки, список використаних джерел. Робота містить також рисунки та таблиці для кращого розуміння предмету дослідження.



1. СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ БЕЗДРОТОВОЇ КОМУНІКАЦІЇ В ІоТ ТА «РОЗУМНОМУ БУДИНКУ»

1.1. Поняття «розумного будинку»

«Розумний будинок» — це концепція житлового чи комерційного приміщення, де всі системи та пристрої взаємопов'язані через централізовану мережу, що забезпечує автоматизоване управління, підвищуючи комфорт, безпеку та енергоефективність. У такому будинку різноманітні прилади, починаючи від систем освітлення та опалення до побутової техніки та безпеки, можуть взаємодіяти, а також керуватися дистанційно, що створює зручне середовище, яке реагує на потреби мешканців у реальному часі.

Загальна ідея «розумного будинку» полягає в інтеграції різних технологій у єдину екосистему, яка здатна виконувати команди користувачів, оптимізувати використання ресурсів та забезпечувати контроль над усіма аспектами функціонування будинку. Наприклад, при наявності «розумної» системи освітлення мешканці можуть автоматично налаштувати рівень освітленості в залежності від часу доби, використання кімнати чи навіть їхньої присутності. Або ж за допомогою «розумного» клімат-контролю система може підтримувати оптимальну температуру в приміщеннях, знижуючи витрати на опалення чи кондиціонування в залежності від погоди або графіку перебування мешканців [1].

Пристрої розумного будинку пов'язані між собою і доступ до них можна отримати через одну центральну точку - смартфон, планшет, ноутбук або ігрову консоль. Замками дверей, камерами відеоспостереження, системою клімат контролю, освітленням та навіть такими приладами, як холодильник та пральна машина, можна керувати за допомогою однієї системи домашньої автоматизації. Система встановлюється на мобільному або іншому мережевому пристрої, і користувач може створювати графіки часу для вступу в силу певних змін. Розумні побутові прилади мають

навички самонавчання, щоб вони могли вивчити графіки власника дому та вносити коригування за потребою. Розумні будинки, що підтримують керування освітленням, дозволяють власникам будинків зменшити споживання електроенергії та отримати вигоду від економії витрат на енергію. Деякі системи домашньої автоматизації сповіщають власника будинку про виявлення будь-якого руху в будинку, коли він відсутній, а інші можуть викликати - поліцію чи пожежну службу у разі невідкладних ситуацій. «Розумний будинок» є частиною технології «Інтернету речей» (IoT) [2].

Зразок топології IoT наведено на рис.1.1.

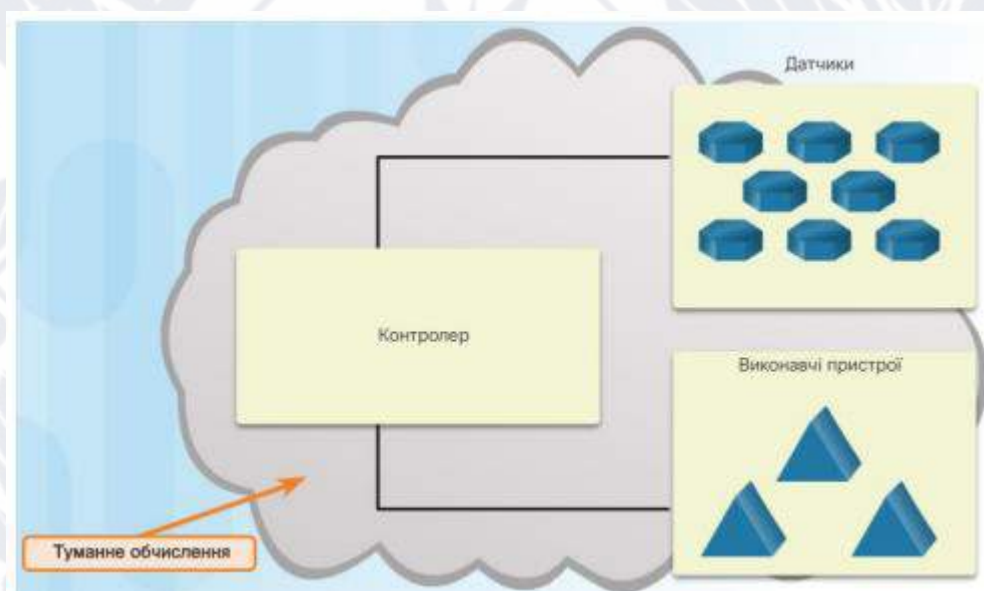


Рис. 1.1 – Зразок топології IoT

Пристрої можуть бути пов'язані між собою за допомогою дротового та бездротового зв'язку. Бездротові системи простіше інсталиувати, що знижує вартість реалізації. З іншого боку, дротові системи вважаються більш надійними, але є і недолік – вища ціна. Встановлення такої системи може обійтися власникам будинків у десятки тисяч доларів [2].

Контролери несуть відповідальність за збір даних з датчиків та забезпечення мережевого або інтернет-з'єднання. Контролери можуть мати можливість приймати негайні рішення, або вони можуть надсилати дані на

більш потужний комп'ютер для аналізу. Цей більш потужний комп'ютер може бути в тій самій локальній мережі, що і контролер, або може бути доступний лише через підключення до Інтернету. Датчики часто працюють разом із пристроєм, який називається виконавчим механізмом. Приводи приймають електричний струм і перетворюють його у фізичну дію. Як приклад, якщо датчик виявляє надлишок тепла в приміщенні, датчик передає значення температури на мікроконтролер. Мікроконтролер може надсилати дані на привід, який потім включить кондиціонер.

Більшість нових пристроїв, таких як фітнес-трекери, імплантовані кардіостимулятори, лічильники повітря в шахтах та лічильники води у фермерському середовищі вимагають бездротового підключення. Оскільки багато датчиків працюють від акумуляторів або сонячних панелей, необхідно враховувати споживання енергії. Для оптимізації та збільшення доступності датчика необхідно використовувати опції з низьким рівнем живлення. Інтелектуальний будинок можна уявити собі у вигляді пазла, кожен елемент якого виконує певну функцію. Тому безперебійний зв'язок між усіма цими елементами дуже важливий. Для зв'язку пристрою використовуються як дротові, так і бездротові протоколи [3]

Технологія «розумного будинку» також значно підвищує рівень безпеки. Такі системи можуть включати камери спостереження, датчики руху, сигналізацію та замки, якими можна керувати за допомогою мобільного додатку. Якщо хтось спробує увійти в дім без дозволу, система автоматично повідомить власника, а в разі потреби може активувати сигналізацію або навіть повідомити відповідні служби. Більше того, «розумні» замки можуть запропонувати різноманітні режими доступу, наприклад, тимчасовий доступ для гостей, що значно зручніше й безпечніше, ніж звичайний ключ.

Одним із важливих аспектів «розумного будинку» є економія енергоресурсів. У будинку такого типу можна інтегрувати пристрої, що автоматично вимикають освітлення та електроприлади, коли вони не

використовуються. Наприклад, якщо датчики руху не фіксують присутність людини в кімнаті, освітлення може автоматично вимикатися, зменшуючи витрати електроенергії. Сучасні «розумні» термостати регулюють температуру залежно від часу доби або графіку роботи мешканців, що також дозволяє знижувати витрати на енергоспоживання.

Крім того, управління будинком можна здійснювати дистанційно. Мешканці можуть, наприклад, вмикати опалення або охолодження перед поверненням додому, контролювати стан побутових приладів та навіть налаштовувати освітлення чи музику у відповідності до їхніх уподобань. Використання «розумного будинку» дозволяє значно оптимізувати повсякденні завдання, надаючи можливість виконувати їх автоматично або дистанційно за допомогою смартфона чи іншого пристрою.

Система «розумного будинку» складається з різних компонентів: сенсорів, контролерів та інтерфейсів. Сенсори використовуються для фіксації змін в оточуючому середовищі, таких як температура, рівень вологості, рух чи навіть якість повітря. Контролери, у свою чергу, обробляють отриману інформацію та передають її до центрального пристрою, який може виконати відповідну команду. Інтерфейси, як-от додатки для смартфонів чи панелі керування, дозволяють користувачам взаємодіяти з системою, налаштовувати параметри та виконувати команди.

Середовище «розумного будинку» може інтегруватися з різноманітними пристроями, наприклад, голосовими асистентами, такими як Alexa від Amazon чи Google Assistant, що дозволяє користувачам керувати пристроями голосом. Наприклад, користувач може вимкнути світло або відрегулювати температуру в кімнаті, просто сказавши команду. Це значно спрощує взаємодію з будинком, особливо для людей похилого віку чи людей з обмеженими фізичними можливостями, забезпечуючи їм доступність до всіх функцій будинку [3].

«Розумні будинки» стають все більш популярними завдяки інноваціям та зростанню ринку інтернету речей (IoT). Багато компаній розробляють нові

продукти та технології, що дозволяють людям зробити їхні будинки не тільки більш зручними, але й екологічно відповідальними. Енергозберігаючі пристрої, що знижують споживання ресурсів, не лише зменшують витрати, але й сприяють збереженню довкілля. Наприклад, використання сонячних панелей у поєднанні з «розумними» системами управління може забезпечити будинок альтернативним джерелом енергії, що значно знижує вплив на довкілля.

Ключовою особливістю «розумного будинку» є його здатність навчатися, тобто адаптуватися до звичок і вподобань своїх мешканців. Система здатна запам'ятовувати, які команди найчастіше виконуються, в якій послідовності, і на основі цих даних формувати власний алгоритм роботи. Наприклад, якщо мешканці щодня о певній годині вимикають світло або змінюють температуру в кімнаті, система автоматично налаштує свої дії, знижуючи потребу в регулярних коригуваннях з боку користувача [1].

Серед викликів, які постають перед розробниками і користувачами «розумних будинків», є питання кібербезпеки. Підключені до інтернету пристрої можуть бути вразливими до кібератак, що може призвести до порушення конфіденційності або навіть небезпеки для мешканців. Для забезпечення безпеки особливо важливо використовувати лише сертифіковані та перевірені пристрої, а також підтримувати їх оновлення, щоб мінімізувати ризики злому. Багато виробників наразі зосереджують увагу на розробці надійних рішень у галузі безпеки, що дозволяє мешканцям насолоджуватися перевагами «розумного будинку» без значних ризиків.

Узагальнюючи, можна сказати, що «розумний будинок» — це не просто набір сучасних технологій, а справжня інноваційна екосистема, що дозволяє створити комфортне, безпечне, енергоефективне та екологічне середовище для життя. Завдяки такому підходу житлові приміщення стають більш зручними та функціональними, відповідаючи всім потребам сучасної людини. Цей напрямок продовжує активно розвиватися, і в майбутньому

«розумні будинки» можуть стати стандартом, що зробить повсякденне життя ще більш зручним та екологічно відповідальним.

1.2. Технології бездротової комунікації, які застосовуються у розумному будинку

Технології бездротової комунікації відіграють ключову роль у розвитку «розумного будинку», адже вони дозволяють зв'язати всі пристрої, датчики та системи в єдину мережу. Це забезпечує централізоване управління, гнучкість і зручність для користувачів, надаючи можливість дистанційного контролю та інтеграції з іншими технологіями. Сучасний «розумний будинок» потребує декількох видів бездротових технологій, кожна з яких має свої особливості, переваги й недоліки, що дозволяє адаптувати систему до конкретних потреб користувачів.

Для зв'язку пристрою використовуються як дротові, так і бездротові протоколи. Розглянемо ті, які є найбільш популярними.

Протокол 1-Wire – простий у виконанні і досить надійний дротовий протокол. Основна лінія для передачі інформації – двонаправлена шина, пара дротів. Перший дріт передає дані і живлення, другий використовується в якості заземлення. Топологія такої мережі буде представлена однією шиною. Обладнання підключається до загального кабелю. Можливе використання в якості основи витой пари, пристрої в цьому випадку підключаються через RJрозетки. Передача даних здійснюється на досить великі відстані. При дотриманні деяких умов воно може досягати 300 м. Для підключення обладнання досить двох проводів. Невисока вартість є ще одним плюсом технології. З недоліків варто відзначити низьку відмовостійкість такого зв'язку. Її зазвичай вибирають економні користувачі, які передбачають використовувати мінімальний набір функцій «розумного дому» [5].

X10 протокол активно використовується, незважаючи на свою сорокарічну історію. Головний плюс – висока універсальність. X10

використовується як дротовий протокол, але для цього не потрібно прокладати спеціальний кабель. Передача сигналу здійснюється на стандартній електропроводці. На додаток до цього X10 здатний забезпечувати зв'язок з бездротовими пристроями. Для цього використовуються трансивери, що перетворюють їх сигнал в формат, який підходить для передачі по кабелю. Переваги застосування: зручне управління, а також простий і швидкий монтаж. Зручні і гнучкі налаштування окремих елементів мережі. Вартість доступна. Значущих недоліків X10 кілька. Прокол дуже повільний. Передача однієї команди або адреси займає $\frac{3}{4}$ секунди, що дуже помітно при використанні двостороннього зв'язку. У конкретний момент часу в мережі може передаватися тільки одна команда. Для використання протоколу може знадобитися трохи доопрацювати існуючу проводку [5].

Протокол KNX один з найскладніших в інсталяції і проектуванні стандартів. Для передачі інформації може використовуватися електрична мережа, радіоканал або вита пара. Найчастіше застосовується останній варіант, в такому випадку шину укладають разом з силовими дротами в процесі будівництва. Топологія мережі може бути найрізноманітнішою: лінія, зірка, дерево. Зручне управління і широкий функціонал. Просте перепрограмування і модернізація, а також незалежне проектування і подальший монтаж сигнальних і силових ліній можна віднести до переваг даної технології. А також число об'єднаних в мережу пристроїв може бути дуже великим. Недоліком можна вважати відносно повільну передачу даних і високу вартість. Протокол призначений в першу чергу для професійного використання [6].

Однією з найпоширеніших технологій, яку використовують у «розумному будинку», є Wi-Fi. Wi-Fi забезпечує високошвидкісне підключення пристроїв до Інтернету та підтримує передачу великого обсягу даних. Це ідеальний варіант для таких пристроїв, як камери спостереження, телевізори, ноутбуки та голосові асистенти, яким необхідна стабільна

передача даних. Wi-Fi також дозволяє підключати до мережі різні пристрої, забезпечуючи їм можливість працювати разом [4].

Wi-Fi – бездротовий протокол, який використовується майже в кожній домашній системі. Основне застосування: здійснення управління розумним будинком з мобільного пристрою. Для цього розроблені спеціальні програми, що працюють на різних платформах. Wi-Fi використовується і для зв'язку з автономним обладнанням, функціонуючим окремо від автоматизованої системи. Мережу можна розгорнути без прокладки кабелю. Частоти, на яких працює протокол, не створюють перешкод і безпечні для людей. Обладнання, що підтримує технологію Wi-Fi широко розповсюджене. Тобто сумісність таких пристроїв гарантована. Однією з найзначніших переваг Wi-Fi є висока швидкість передачі даних. З недоліків стандарту слід відзначити високу вартість модулів, їх велику енергоємність і відсутність можливості тривалої роботи обладнання від автономних джерел живлення. Wi-Fi споживає досить багато енергії, що може бути недоліком для невеликих датчиків або пристроїв, які працюють на батареях [5].

Bluetooth — ще одна популярна технологія, яка широко використовується в «розумному будинку». Основною перевагою Bluetooth є низьке споживання енергії, що робить його ідеальним для пристроїв, які працюють на батарейках, наприклад, дверних замків, датчиків руху та систем моніторингу здоров'я. Bluetooth також забезпечує стабільне з'єднання на невеликій відстані, що зручно для пристроїв, розташованих у межах одного приміщення. Завдяки новим версіям Bluetooth, таким як Bluetooth 5.0, збільшується швидкість передачі даних і розширюється зона покриття, що дозволяє підключати більшу кількість пристроїв.

Технологія Zigbee спеціально розроблена для «розумних будинків» і забезпечує низькоенергетичне з'єднання для великої кількості пристроїв. Завдяки низькому споживанню енергії Zigbee ідеально підходить для датчиків, розеток, ламп і інших пристроїв, які не потребують високої швидкості передачі даних.

ZigBee протокол, його друга назва IEEE 802.15.4. Бездротовий протокол з дуже низьким електроспоживанням. Основною перевагою вважається можливість створення комірчастої мережі, здатної до самоорганізації і самовідновлення (рис. 1.2)

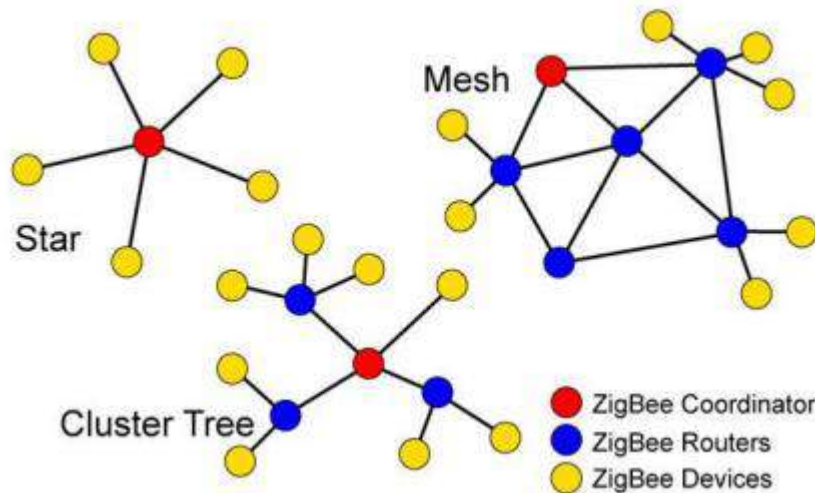


Рис. 1.2 – Зразок топології ZigBee

Вихід двох-трьох елементів з ладу не призведе до серйозних наслідків. При поломці одного з них решта зв'язуються між собою безпосередньо або через проміжні об'єкти. До переваг можна віднести можливість створення складних мережевих рішень з автоматичної маршрутизацією. Рівень захисту даних є достатньо високим. Одна мережа здатна підтримувати до декількох тисяч елементів. Наявна можливість гнучкого налаштування вузлів мережі. Вартість технології невисока, досить простий монтаж. Головний недолік ZigBee - відсутність стандартизації, внаслідок чого устаткування різних брендів рідко виявляється сумісним. Ще один мінус полягає в тому, що швидкість передачі даних відносно невисока [5].

Z-Wave є ще однією популярною технологією для «розумного будинку», яка схожа на Zigbee, але має деякі відмінності. Z-Wave працює на іншій частоті, що дозволяє уникати перешкод з іншими бездротовими технологіями, такими як Wi-Fi. Ця технологія також створює мережі, в яких кожен пристрій виконує роль ретранслятора, що підвищує стабільність

системи. Одна з переваг Z-Wave — це висока сумісність між пристроями від різних виробників, що дозволяє користувачам обирати різні компоненти без необхідності прив'язки до однієї компанії. Z-Wave також має низьке споживання енергії, що ідеально підходить для пристроїв, що працюють на батарейках.

Z-Wave – бездротовий протокол (рис. 1.3) багато в чому схожий на ZigBee. Характеризується низьким енергоспоживанням, здатний формувати мережу комірчастої топології. Цілком можна порівняти з аналогом і за ціною обладнання.

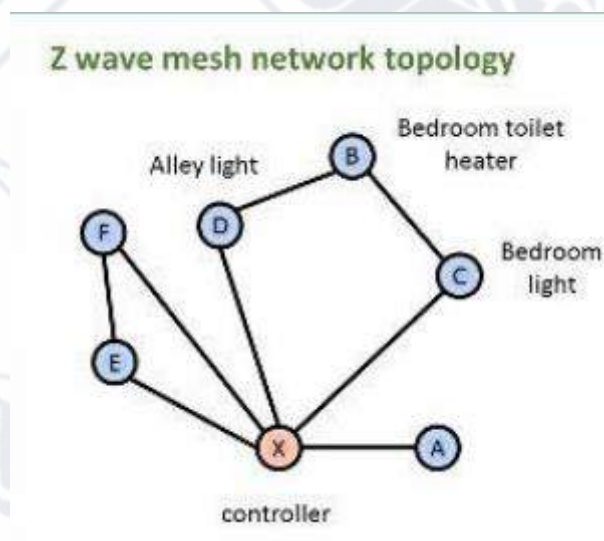


Рис. 1.3 – Зразок топології Z-Wave

Головна перевага Z-Wave - в стандартизації. Усі працюючі за цим протоколом прилади базуються на модулях Sigma Designs, тому сумісні між собою. Взаємодія пристроїв з таким протоколом надійна і безпечна. Є можливість розширення у мережі, простота використання. Рівень випромінювання низький, безпечний для людини. Вартість невисока. З недоліків можна відзначити відносно невисоку швидкість передачі даних. Z-Wave вважається одним з кращих рішень для самостійної збірки «розумного будинку». Insteon протокол використовує одночасно бездротовий і дротовий тип зв'язку. Для передачі сигналу використовується електропроводка, але в порівнянні з X10 дані передаються набагато швидше. Стандарт сумісний з

X10. Бездротова складова протоколу реалізується за допомогою радіозв'язку [6].

Протокол Insteon підтримує коміркову типологію мережі. Можливе створення децентралізованої мережі. Передача даних надійна і швидка. Наявна сумісність з X10, що дає можливість поступового переведення системи на новий протокол. Сумісність приладів гарантує жорстка стандартизація обладнання. Присутня можливість поступового доповнення систем «розумного будинку». З недоліків варто виділити труднощі з доступністю необхідного обладнання, оскільки протокол спочатку розроблявся для США.

BLE – Стандарт Bluetooth з малим енергоспоживанням. Його використовують для передачі даних між двома приладами, що знаходяться поблизу один від одного. Широко застосовується в домашній автоматизації в якості додаткового протоколу. Стандарт добре захищений від несанкціонованого доступу. Перевагами BLE вважаються: висока швидкість передачі даних, простота у використанні, відсутність дротів, невелике споживання енергії. З недоліків відзначають обмежений радіус дії. Для зв'язку між елементами «розумного будинку» використовуються різні протоколи. Кожен з них має переваги і недоліки. Для знайомства з основами домашньої автоматизацією оптимальним варіантом стане Z-Wave або ZigBee. Ці стандарти дозволять створити розгалужену повноцінну мережу. Якщо потрібно перейти до бездротового протоколу від встановленого раніше X10, оптимально використовувати Insteon [6].

Для професіоналів хорошим вибором стане KNX. Thread — нова технологія, яка стрімко розвивається і стає популярною завдяки своїм унікальним можливостям. Вона розроблена спеціально для інтернету речей (IoT) і забезпечує високонадійне, енергоефективне підключення для різноманітних пристроїв «розумного будинку». Thread працює на основі протоколу IP, що робить його сумісним із багатьма мережевими стандартами, а це спрощує інтеграцію з іншими мережами та пристроями. Thread має

низьке споживання енергії, підтримує масштабування і, як і Zigbee та Z-Wave, дозволяє пристроям спілкуватися між собою в мережі. Це підходить для тих, хто хоче створити стабільну і гнучку систему «розумного будинку» з великою кількістю датчиків і пристроїв.

Ще однією цікавою технологією для «розумного будинку» є LoRaWAN, яка підходить для пристроїв, що потребують зв'язку на великих відстанях. LoRaWAN забезпечує дуже низьке споживання енергії і може передавати дані на відстані до кількох кілометрів, що робить її ідеальною для зовнішніх датчиків, таких як датчики руху чи монітори стану ґрунту. Основний недолік LoRaWAN — це низька швидкість передачі даних, що обмежує її використання для пристроїв, які потребують швидкої передачі великих обсягів інформації [5].

В останні роки також з'явилися інші технології, що використовуються в «розумних будинках», такі як Li-Fi, яка передає дані за допомогою світлових сигналів. Li-Fi обіцяє високу швидкість передачі даних і працює в середовищах, де інші бездротові технології можуть зазнавати перешкод, наприклад, під водою або в медичних закладах. Однак Li-Fi ще перебуває на етапі розробки і впровадження, і її застосування в «розумних будинках» поки що обмежене.

Amazon (Amazon Echo, Alexa) є одним з лідерів на ринку розумних пристроїв завдяки своїм голосовим помічникам Alexa та пристроям серії Amazon Echo. Alexa стала основою для багатьох розумних будинків, оскільки вона дозволяє управляти іншими пристроями через голосові команди. Це стосується не лише побутових приладів, а й більш складних систем, таких як освітлення, температурний контроль, безпека та навіть розваги (музика, відео). Продукція Amazon Echo включає в себе різні моделі колонок, які забезпечують інтеграцію з іншими бездротовими пристроями, такими як лампочки Philips Hue, термостати Nest та інші пристрої, що використовують технології Wi-Fi та ZigBee.

Одним із найпопулярніших пристроїв є Amazon Echo Dot, який використовується для голосового управління різноманітними побутовими приладами та компонентами розумного будинку. З допомогою пристроїв Echo можна включати і вимикати світло, змінювати температуру в кімнаті, контролювати безпеку, а також отримувати погодні звіти або новини.

Google (Google Home, Nest) є іншим гігантом на ринку смарт-пристроїв, пропонуючи серію пристроїв, що дозволяють інтегрувати бездротові технології в житло. Серія Google Home включає різні моделі колонок і дисплеїв, що працюють через Google Assistant, дозволяючи керувати будинком за допомогою голосових команд. Google також розробив свою власну лінію термостатів та інших пристроїв для розумних будинків під брендом Nest, який став одним з найбільш популярних продуктів на ринку розумних технологій [4].

Google Nest Thermostat — це розумний термостат, який використовує Wi-Fi для підключення до мережі та може автоматично регулювати температуру залежно від звичок користувачів, що дозволяє заощаджувати енергію. Пристрій також інтегрується з іншими смарт-пристроями, зокрема з камерами спостереження Nest Cam, що дозволяє створити цілісну систему для управління комфортом і безпекою в будинку.

Philips Hue — це один з найбільш відомих брендів у сфері освітлення, що використовує бездротову технологію ZigBee для підключення своїх ламп до інтелектуальних систем. Philips Hue дозволяє користувачам управляти світлом в будинку через додаток на смартфоні або за допомогою голосових команд через Alexa або Google Assistant. Власники системи Philips Hue можуть налаштовувати яскравість, кольори світла, а також програмувати освітлення на певний час доби або в залежності від інших факторів, таких як присутність в кімнаті.

Продукти Philips Hue включають в себе лампочки, лінії світлодіодного освітлення, настінні лампи та інші освітлювальні елементи, які можуть бути

інтегровані з іншими пристроями розумного будинку для автоматизації освітлення в залежності від часу, умов або навіть настрою користувача.

Honeywell (Tuxedo, Lyric) відома своєю продукцією в області систем безпеки, термостатів і клімат-контролю. Однією з найбільш популярних лінійок компанії є Lyric, яка включає розумні термостати, що використовують Wi-Fi для підключення до Інтернету. Ці пристрої здатні автоматично регулювати температуру в будинку в залежності від присутності людей у приміщенні, що забезпечує ефективне використання енергії [6].

Крім того, Honeywell пропонує систему Tuxedo Touch, яка є керуючим панеллю для домашніх безпекових систем. Вона дозволяє інтегрувати різні пристрої безпеки (камери, датчики руху, дверні замки тощо) в єдину систему, якою можна керувати через сенсорний екран або мобільний додаток.

Samsung SmartThings — це одна з найбільших платформ для створення розумного будинку, що підтримує бездротові технології, такі як Z-Wave, ZigBee та Wi-Fi. Платформа SmartThings дозволяє інтегрувати різні пристрої для управління будинком, включаючи термостати, датчики руху, камери відеоспостереження, освітлення, розетки та багато інших.

Пристрій SmartThings Hub є центром, який дозволяє з'єднувати всі розумні пристрої у вашому домі та керувати ними через один додаток на смартфоні. Він підтримує великі екосистеми, включаючи продукцію від інших виробників, і дозволяє автоматизувати процеси в домі, наприклад, автоматичне вимкнення світла або кондиціонера, коли немає людей в кімнаті.

Apple HomeKit — це платформа, яка дозволяє створювати систему розумного будинку на основі продукції Apple. HomeKit дозволяє користувачам інтегрувати свої пристрої через iPhone, iPad, або HomePod для керування різними смарт-пристроями. HomeKit підтримує бездротові протоколи, такі як Wi-Fi, Bluetooth і Thread, що дозволяє пристроям легко взаємодіяти [7].

Apple HomePod — це голосовий помічник, який інтегрується з іншими пристроями в рамках платформи HomeKit, дозволяючи управляти розумним

будинком через голосові команди. Наприклад, можна змінювати температуру, вимикати освітлення або навіть відкривати двері за допомогою Siri.

Belkin WeMo пропонує широкий асортимент розумних розеток, вимикачів і камер, які можуть підключатися до Wi-Fi і дозволяють автоматизувати управління електронними пристроями в домі. WeMo Insight Switch — це пристрій, який дозволяє контролювати включення та вимикання побутових приладів, таких як телевізори, лампи або кухонна техніка, використовуючи додаток на смартфоні.

Lutron (Caseta, RA2 Select) є одним з провідних виробників розумних систем освітлення, що використовують технології бездротового зв'язку для управління освітленням та жалюзі. Caseta Wireless — це лінійка розумних вимикачів і диммерів, що дозволяють користувачам контролювати світло з будь-якої точки дому через додаток або голосові команди.

RA2 Select — це розумна система управління освітленням і жалюзі, що працює через Wi-Fi і дозволяє інтегрувати її з іншими пристроями розумного будинку, такими як термостати і системи безпеки.

Приклади обладнання для бездротового зв'язку [4].

- Термостати — Nest Learning Thermostat, Honeywell Lyric T5.
- Камери безпеки — Nest Cam, Ring Video Doorbell.
- Освітлення — Philips Hue, Lutron Caseta.
- Розетки та вимикачі — Belkin WeMo, TP-Link Kasa Smart Plug.
- Датчики руху та вікон — Samsung SmartThings Motion Sensor, Ring Alarm Contact Sensor.
- Голосові помічники — Amazon Echo, Google Home, Apple HomePod.

Ринок бездротових технологій для розумних будинків постійно розвивається, і провідні виробники відіграють важливу роль у створенні інноваційних рішень для забезпечення комфорту, безпеки та енергоефективності в будинках. Продукція таких компаній, як Amazon, Google, Philips, Honeywell, Samsung, Apple, Belkin і Lutron, дозволяє

створювати інтегровані системи, що забезпечують бездротове управління різними аспектами життя. Вибір технологій залежить від потреб користувачів, але одним з головних переваг є можливість створення кастомізованих рішень, що дають змогу автоматизувати повсякденні завдання та поліпшити якість життя [8].

Таким чином, для забезпечення повної функціональності «розумного будинку» часто поєднуються кілька різних бездротових технологій. Наприклад, Wi-Fi використовується для пристроїв, що потребують високої швидкості передачі даних, таких як камери, тоді як Zigbee або Z-Wave підходять для датчиків і невеликих пристроїв. Залежно від конфігурації будинку, вимог до енергоспоживання і бажаної стабільності з'єднання, користувачі можуть обирати найбільш відповідні технології для створення оптимальної системи «розумного будинку».

1.3. Висновок до першого розділу

Сучасний стан бездротової комунікації в IoT та «розумному будинку» демонструє стрімкий розвиток технологій, що створюють умови для зручного, ефективного та автоматизованого управління різними пристроями. Інтернет речей (IoT) забезпечує можливість підключення до мережі широкого спектру приладів і систем, які можуть взаємодіяти між собою для виконання повсякденних завдань. Це дає змогу контролювати безпеку, енергоефективність та комфорт у будинках, завдяки чому концепція «розумного будинку» стає все більш популярною. Розвиток таких технологій є відповіддю на потребу в оптимізації побутових процесів, зниженні витрат ресурсів і поліпшенні якості життя користувачів.

З огляду на актуальність теми нашого дослідження, ми поставили за мету вивчити можливості технології інфрачервоного зв'язку та її інтеграції в системи «розумного будинку», щоб покращити автоматизацію процесів та забезпечення зручного управління пристроями.

В першому розділі нашого дослідження ми виконали поставлені завдання які стосувалися огляду сучасного стану проблеми бездротової комунікації в IoT та розумному будинку. Також зробили аналіз доступних технологій бездротового зв'язку та їхніх можливостей для використання в умовах автоматизації приміщень.

Загалом, розвиток бездротової комунікації значно розширює можливості IoT і концепції «розумного будинку». Завдяки вдосконаленню існуючих протоколів і впровадженню нових технологій IoT-системи стають більш інтегрованими, надійними та функціональними, що дає змогу створювати комфортні, економічно ефективні та безпечні умови проживання. Незважаючи на технічні виклики, такі як необхідність підвищення кібербезпеки та забезпечення сумісності між різними стандартами, бездротові технології продовжують успішно впроваджуватись і вдосконалюватись, наближаючи реалізацію концепції повністю автоматизованого «розумного будинку».

2. ОРГАНІЗАЦІЯ ІЧ ЗВ'ЯЗКУ У «РОЗУМНОМУ БУДИНКУ»

2.1. Побудови ІЧ зв'язку з використанням трансмітерів на основі мікросхеми SN340

Інфрачервоний зв'язок — це один з найбільш розповсюджених і доступних способів бездротової передачі даних у «розумному будинку». Ця технологія використовує інфрачервоне світло для передачі інформації між різними пристроями, що дозволяє керувати технікою, освітленням, безпекою та іншими компонентами системи автоматизації. Інфрачервоні сигнали використовуються в «розумних будинках» завдяки простоті, надійності та економічності цієї технології.

Інфрачервона технологія має багато застосувань у домашній автоматизації. Однією з її ключових переваг є те, що інфрачервоні сигнали можуть управляти різноманітними пристроями на коротких відстанях, зокрема телевізорами, кондиціонерами, домашніми кінотеатрами, звуковими системами та освітленням. У «розумному будинку» інфрачервоний зв'язок особливо корисний для зонального управління: кожна кімната може бути обладнана окремими інфрачервоними передавачами і приймачами, що дозволяє керувати пристроями в межах однієї кімнати, не заважаючи роботі техніки в інших приміщеннях [9].

Інфрачервоні передавачі вбудовуються в «розумні» пульти дистанційного керування, а також інтегруються у смартфони або спеціальні хаби, що дозволяє користувачам керувати усіма пристроями з одного інтерфейсу. Наприклад, при інтеграції інфрачервоного передавача у смартфон або планшет можна налаштувати управління всіма інфрачервоними пристроями в будинку через спеціальні додатки. Це значно спрощує процес управління і робить його більш зручним.

Інфрачервоні датчики також відіграють важливу роль у «розумному будинку», оскільки дозволяють активувати різні сценарії автоматизації.

Наприклад, датчики руху можуть використовувати інфрачервоне випромінювання для виявлення присутності людини у приміщенні. Вони здатні розрізняти інфрачервоне тепло, яке випромінює тіло людини, і на основі цього вмикати або вимикати освітлення, вентиляцію або інші пристрої. Це не лише підвищує комфорт, але й сприяє економії електроенергії, оскільки техніка працює лише тоді, коли це дійсно необхідно. Технологія інфрачервоного зв'язку має свої обмеження. Одним із головних недоліків є необхідність прямої видимості між передавачем і приймачем. Інфрачервоні промені не можуть проходити через стіни та інші тверді предмети, тому пристрої мають бути розташовані в одній кімнаті або принаймні у зоні прямого бачення. Це обмежує можливості застосування інфрачервоного зв'язку у випадках, коли потрібно керувати пристроями в різних приміщеннях або на віддалених відстанях. В таких випадках доцільно використовувати інші технології бездротового зв'язку, такі як Wi-Fi або Zigbee [10].

Для інтеграції інфрачервоного зв'язку з іншими компонентами «розумного будинку» використовуються різноманітні хаби та контролери. Багато «розумних» пристроїв можуть бути сумісними з іншими технологіями, такими як Wi-Fi або Zigbee, що дозволяє створювати єдину мережу для управління будинком. Наприклад, спеціальний хаб може приймати інфрачервоні сигнали від різних пристроїв і транслювати їх через Wi-Fi на смартфон користувача або на інший контролер, забезпечуючи зручне і багатофункціональне управління системою [10].

Інфрачервоний зв'язок особливо корисний для контролю освітлення в «розумному будинку». Система автоматизації може включати ІЧ-датчики, які визначають присутність людей у приміщенні і вмикають освітлення, коли це необхідно. Крім того, «розумні» лампи, що працюють на основі інфрачервоного зв'язку, можна налаштувати на певну інтенсивність або кольорову температуру, що відповідає потребам користувачів у конкретний момент.

Для побудови ІЧ (інфрачервоного) зв'язку з використанням трансмітерів на основі мікросхеми SN340 необхідно розглянути кілька ключових аспектів: принципи роботи трансмітера, структурні компоненти передачі та приймання, а також практичну реалізацію схеми.

Мікросхема SN340 часто використовується для перетворення інтерфейсу USB у послідовний порт UART. Саме завдяки цій функціональності вона підходить для організації інфрачервоного зв'язку між комп'ютерами або іншими пристроями. Для того, щоб забезпечити обмін даними через ІЧ-канал, потрібно правильно налаштувати параметри передачі і приймання сигналів.

ІЧ-трансмітери передають дані за допомогою інфрачервоного випромінювання, яке працює на частоті, близькій до 38 Гц. ІЧ-приймачі, зокрема, налаштовані на фільтрування сигналу саме цієї частоти, щоб уникнути перешкод від видимого світла. В системі на основі SN340 можна використовувати його для створення простої послідовної комунікації за допомогою UART, з відповідними налаштуваннями частоти передачі даних (бодрейту), які зазвичай варіюються від 9600 до 115200 біт/с.

При створенні ІЧ-трансмітера на SN340 структура включає наступні компоненти:

- ІЧ-світлодіод для передачі інформації.
- Фотодіод або ІЧ-приймач для прийому.
- Мікросхема SN340 для перетворення сигналу з USB у формат UART.

Оскільки основна функція SN340 - це перетворення інтерфейсу USB у послідовний порт, необхідно додатково налаштувати програмне забезпечення, щоб сигнал оброблявся на частоті, яка буде прийнята фотодіодом.

Мікросхема SN340 може перетворювати USB-сигнал на послідовний інтерфейс UART, і це дозволяє використовувати її для організації простого інфрачервоного зв'язку між пристроями.

Схема передавача на основі ІЧ-світлодіода, згенерована мікросхемою CH340, підключається до комп'ютера через USB-порт. Приклад такої схеми, можна побачити на рис. 2.1. [11].

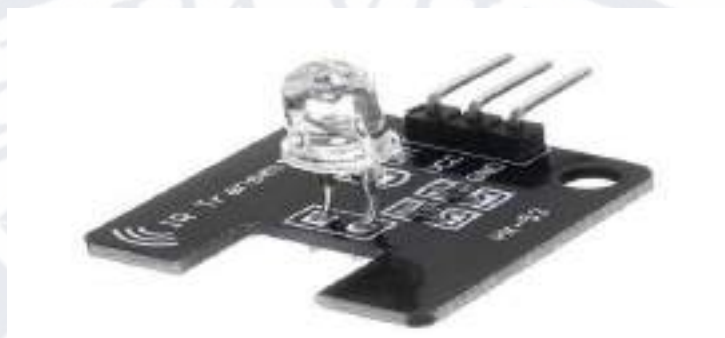


Рис. 2.1 - Приклад послідовних з'єднань через UART для мікросхеми CH340

Для приймання даних можна використати фотодіод, підключений через підсилювач до входу CH340 або UART-порту.

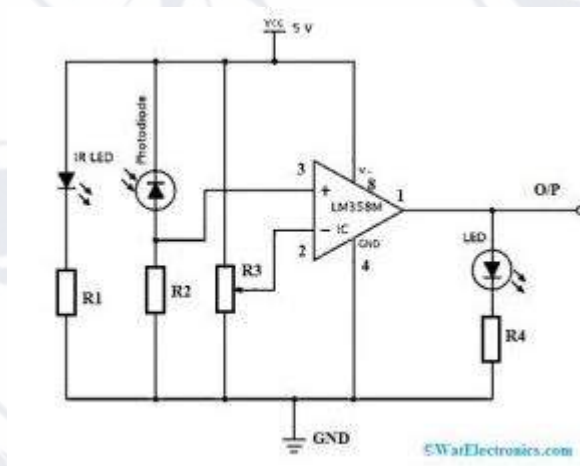


Рис. 2.2 - Схема фотодіодного приймача

Для реалізації модуляції можна скористатися NE555 у режимі генератора 38 кГц. Схему представлено на рис.2.3 [12], де показано підключення NE555 для створення генератора, що підключається до ІЧ-світлодіода, синхронізуючи його з вихідним сигналом CH340.



Рис. 2.3 - Модуль регульованого генератора імпульсів на мікросхемі NE555

Для встановлення з'єднання через UART з інфрачервоним портом корисно ознайомитися зі схемами та рекомендаціями щодо налаштування UART-параметрів.



Рис. 2.4 – Схема з'єднання через UART

Ці ресурси надають детальні приклади схем і керівництва з побудови інфрачервоного зв'язку на основі SN340.

ІЧ-зв'язок використовується в ряді застосувань, таких як дистанційне керування побутовою технікою (наприклад, телевізорами, кондиціонерами, аудіосистемами), в системах безпеки (датчики руху, відеоспостереження), в індустрії розваг (ігрові приставки, пульти дистанційного керування) та в автоматизації будинків. Системи на основі ІЧ-зв'язку також застосовуються для автоматичного керування освітленням, кондиціонуванням повітря,

обігрівачами, що дозволяє створювати енергоефективні рішення в розумних будинках [12].

Сьогодні провідні виробники технологічного обладнання активно розвивають рішення для бездротового зв'язку через інфрачервоні промені, впроваджуючи новітні інновації, які сприяють розвитку ринку розумних будинків та інтелектуальних систем управління. Одними з таких виробників є Texas Instruments, Panasonic, Honeywell, Sharp, Velleman, LG, Siemens та Broadcom, які пропонують різноманітні продукти та компоненти для реалізації ІЧ-зв'язку. Їхні рішення включають як окремі ІЧ-сенсори і передавачі, так і інтегровані платформи для створення більш складних систем автоматизації.

Компанії, такі як Texas Instruments, займаються розробкою інфрачервоних передавачів і приймачів для використання в мікроконтролерах, які можуть бути використані для реалізації систем дистанційного керування, виявлення руху, автоматизації побутових приладів і створення розумних будинків. Texas Instruments - американська компанія, виробник напівпровідникових приладів, мікросхем, електроніки та виробів на їх основі. На рис.2.5. показана мікросхема - мікроелектронний пристрій - електронна схема довільної складності (кристал), виготовлена на напівпровідниковій підкладці (пластині або плівці) і поміщена в нерозбірний корпус або без такого у разі входження до складу мікроскладання [12]. Мікросхеми часто називають словом чіп (англ. chip: «тонка пластинка»: спочатку термін ставився до пластинки кристала мікросхеми).

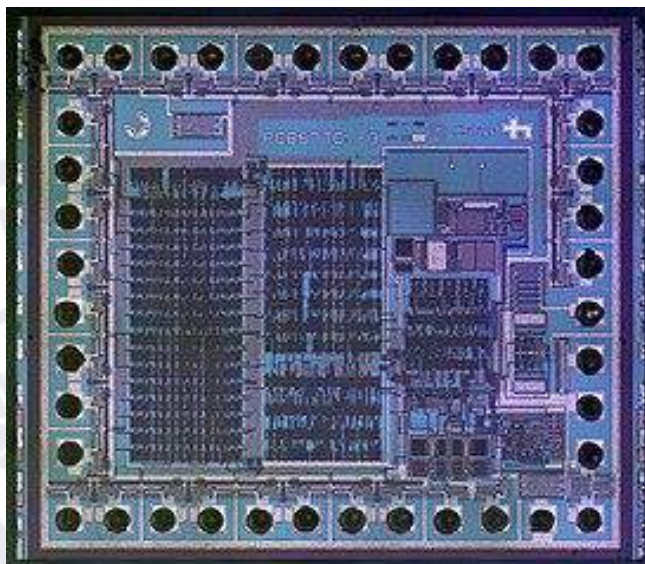


Рис. 2.5 – Інтегральна схема

Panasonic спеціалізується на виготовленні датчиків руху і температури, які використовуються для контролю освітлення, а також в системах безпеки для виявлення вторгнення. (рис. 2.6)



Рис. 2.6 - Датчик руху AMN41121 Panasonic

Honeywell також займається розробкою інфрачервоних сенсорів для безпеки, зокрема для виявлення руху в приміщеннях і на відкритих територіях.

Одним з прикладів широкого використання ІЧ-зв'язку є створення розумних будинків, де інфрачервоні датчики і системи дистанційного

керування дозволяють автоматично включати освітлення, регулювати температуру, запускати систему вентиляції або охолодження, а також виконувати інші завдання в автоматичному режимі, що покращує зручність користування і енергоефективність житла. Крім того, інфрачервоні технології використовуються в індустрії безпеки, де застосовуються датчики руху для спостереження за територією, виявлення несанкціонованого доступу або

Загалом, ІЧ-зв'язок має велике значення в розвитку новітніх технологій для автоматизації будинків, управління системами безпеки, енергоефективністю та розвивається паралельно з іншими бездротовими технологіями, такими як Wi-Fi, Bluetooth та Zigbee. Інфрачервоні пристрої та компоненти забезпечують високу швидкість, ефективність та простоту використання, що робить їх ідеальним рішенням для інтеграції в сучасні системи розумних будинків і автоматизованих технологій [13].

Таким чином, ІЧ-зв'язок продовжує бути важливою складовою частиною розвитку бездротових комунікацій та автоматизації, допомагаючи зробити наше життя зручнішим, безпечнішим і енергоефективнішим. Виробники обладнання для ІЧ-зв'язку, такі як Sharp, Honeywell, Velleman, Broadcom, Siemens та інші, активно впроваджують інновації, розширюючи можливості застосування цієї технології в нових сферах і створюючи нові перспективи для майбутнього.

Таким чином, інфрачервоний зв'язок у «розумному будинку» є зручним, економічним та ефективним рішенням для управління різними пристроями та системами автоматизації. Він забезпечує високий рівень безпеки і дозволяє легко налаштовувати пристрої на виконання певних сценаріїв, покращуючи комфорт і зручність використання. Незважаючи на деякі обмеження, інфрачервона технологія є важливим компонентом екосистеми «розумного будинку», що дозволяє реалізовувати широкі можливості для автоматизації та контролю.

2.2. Апаратні та програмні засоби для реалізації ІЧ (вибір програм та обладнання)

Розумний будинок — це концепція житла, що інтегрує технології для автоматизації, моніторингу та управління домашніми системами, такими як освітлення, клімат-контроль, безпека та енергозабезпечення. Для реалізації цього підходу необхідно використовувати широкий спектр апаратних і програмних засобів, які забезпечують ефективну взаємодію між усіма компонентами системи. У кожному розумному будинку пристрої повинні працювати злагоджено, адаптуючись до потреб користувачів.

Основними апаратними засобами розумного будинку є контролери, датчики, мережеве обладнання, камери, системи сигналізації, розумна побутова техніка та пристрої управління. Контролери, такі як Raspberry Pi або спеціалізовані хаби, координують роботу інших пристроїв, забезпечуючи управління системою. Вони можуть працювати локально або через хмару, залежно від обраного підходу [5].

Датчики є ключовим елементом системи, що забезпечує збирання інформації про стан будинку. Наприклад, датчики руху та присутності активують освітлення, коли в кімнаті з'являється людина, а датчики температури допомагають регулювати роботу кондиціонерів та опалення. Крім того, спеціалізовані сенсори, такі як детектори диму, газу чи води, забезпечують безпеку мешканців, негайно повідомляючи про небезпеку.

Розумні пристрої управління, такі як лампи, розетки та замки, дозволяють автоматизувати повсякденні завдання. Наприклад, розумні лампи можуть змінювати яскравість залежно від часу доби, а розумні замки надають можливість дистанційного відкриття дверей через мобільний додаток.

Мережеве обладнання, включаючи роутери, що підтримують IoT, і протоколи Zigbee або Z-Wave, забезпечує надійне підключення всіх пристроїв у системі. Без цього елемента розумний будинок не зміг би функціонувати належним чином [3].

Програмні засоби є не менш важливими для забезпечення роботи розумного будинку. Вони відповідають за керування пристроями, обробку даних і автоматизацію процесів. Найпоширеніші операційні системи та платформи для розумного будинку — це Home Assistant, OpenHAB, Google Home і Apple HomeKit. Вони дозволяють інтегрувати пристрої різних виробників, створюючи єдину екосистему.

Інструменти автоматизації, такі як IFTTT або Node-RED, дають можливість налаштовувати складні сценарії. Наприклад, система може автоматично вимикати світло та знижувати температуру в будинку, коли всі мешканці виходять. Також вони підтримують розробку індивідуальних правил для унікальних потреб кожного користувача.

Протоколи зв'язку, як-от MQTT, Wi-Fi, Bluetooth або Zigbee, забезпечують взаємодію між пристроями. Кожен з цих протоколів має свої переваги. Наприклад, Zigbee та Z-Wave оптимальні для енергоефективних пристроїв, а Wi-Fi забезпечує швидке та надійне з'єднання для пристроїв, які потребують високої пропускну здатності [6].

Важливим елементом є системи безпеки. Оскільки розумний будинок працює через Інтернет, виникають ризики несанкціонованого доступу. Для захисту даних використовуються сучасні методи шифрування, такі як TLS і OpenSSL. Крім того, антивірусні програми для IoT, як-от Bitdefender BOX, допомагають захистити систему від атак.

Аналітичні системи, інтегровані в розумний будинок, дозволяють користувачам отримувати детальну інформацію про споживання енергії, що сприяє оптимізації витрат. Вони також можуть прогнозувати поведінку користувачів, використовуючи алгоритми штучного інтелекту, та адаптуватися до їхніх потреб.

Критерії вибору обладнання залежать від сумісності, безпеки, енергоефективності та ціни. Розумний будинок має забезпечувати комфорт, безпеку та економію ресурсів. Правильний вибір засобів дозволить створити

систему, яка не тільки відповідатиме сучасним вимогам, але й буде адаптованою до майбутніх змін у технологіях.

Обладнання, обране для експерименту, відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності та функціональності передачі інфрачервоного (ІЧ) сигналу. Давайте детально розглянемо кожен із компонентів, пояснюючи їх вибір та значення для успішного проведення експерименту з ІЧ сигналами за допомогою плат Arduino.

**Плата розробника Nano V3.0 AtMega328P Type-C (old bootloader),
рис. 2.7.**

Плата розробника Nano V3.0 з чипом AtMega328P є компактною і досить потужною платформою для розробки невеликих проектів з мікроконтролерами. Вона обрана завдяки своїм малим розмірам і сумісності з різними модулями та компонентами. Особливість цієї плати полягає в тому, що вона підтримує Type-C підключення, що забезпечує надійний зв'язок і швидку передачу даних. Плата оснащена чипом ATmega328P, який має достатньо обчислювальної потужності для обробки ІЧ-сигналів, що є основою для керування передавачем і приймачами. В експерименті ці плати використовуються для створення системи з платою Master, яка відповідає за відправку сигналів, і двох плат Slave, які приймають ІЧ сигнали та обробляють їх. Старий завантажувач (old bootloader) дозволяє уникнути можливих проблем із завантаженням скетчів, які можуть виникати з новими версіями [12].

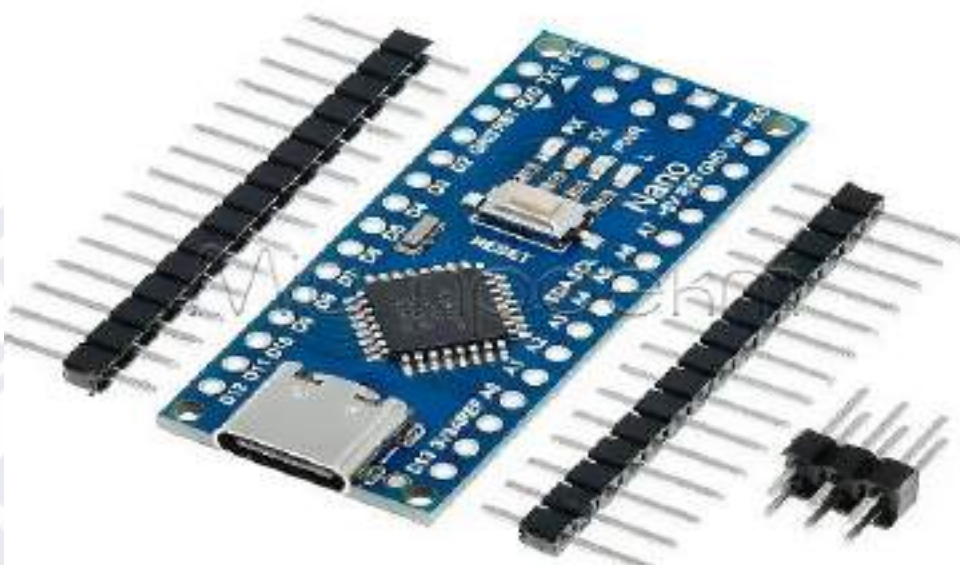


Рис. 2.7 - Зображення: Плата розробника Nano V3.0 AtMega328P Type-C

Світлодіод (передавач) F5 інфрачервоний IR 940 нм, рис. 2.8.

Цей інфрачервоний світлодіод є джерелом ІЧ-сигналу для системи. Він випромінює світло з довжиною хвилі 940 нм, що не сприймається людським оком, але може бути розпізнане ІЧ-приймачами. Саме тому його було обрано для проекту, де необхідно передавати інформацію між платами за допомогою ІЧ-сигналу. Світлодіод підключається до плати Master і відправляє ІЧ-сигнали, що є основним механізмом для передачі даних у даному експерименті.



Рис. 2.8 - Зображення: Світлодіод F5 інфрачервоний IR 940 нм

KY-022 Модуль інфрачервоного керування з ІЧ приймачем VS1833B, рис. 2.9.

Модуль KY-022 з ІЧ-приймачем VS1833B обрано для прийому сигналів, які передає інфрачервоний світлодіод. Це ключовий компонент для створення системи з прийомом ІЧ сигналу, адже саме він фіксує надходження сигналу і передає його на обробку платам Slave. KY-022 працює у видимому для нього ІЧ-спектрі, що робить його сумісним зі світлодіодом IR 940 нм. Він забезпечує стабільний прийом сигналу та дозволяє платам Slave обробляти дані, отримані від Master. Модуль використовує мікросхему VS1833B, яка стабільно працює на частоті ІЧ-сигналу і підходить для дистанційного управління [11].



Рис. 2.9 - Зображення: Модуль інфрачервоного керування KY-022

Світлодіод звичайний, рис. 2.10.

Звичайний червоний світлодіод додається до плати Master паралельно з інфрачервоним світлодіодом, щоб візуально підтверджувати факт передачі сигналу. Оскільки ІЧ випромінювання не можна побачити неозброєним оком, червоний світлодіод інформує, коли ІЧ світлодіод передає сигнали. Це зручне

рішення для перевірки функціонування системи, особливо під час налаштування і тестування роботи передавача.



Рис. 2.10 - Зображення: Звичайний світлодіод

Макетна плата, рис. 2.11.

Макетна плата використовується для тимчасового з'єднання всіх компонентів без необхідності пайки. Вона дозволяє легко і швидко налаштовувати схему, змінювати підключення та тестувати різні конфігурації. В експерименті вона використовується для з'єднання плат Arduino, світлодіодів, резистора і кабелів, що забезпечує зручність і гнучкість у процесі роботи з системою.

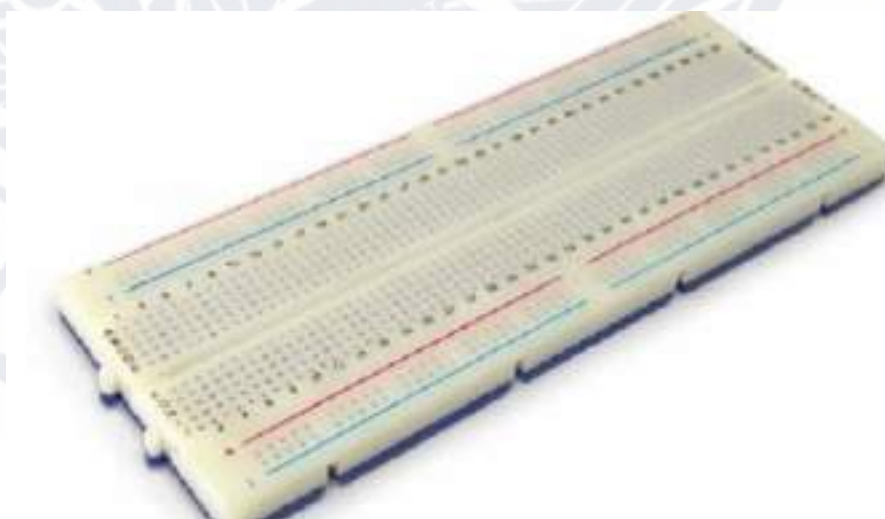


Рис. 2.11 - Зображення: Макетна плата

Резистор 330 Ом, рис.2.12.

Резистор обраний для обмеження струму, що проходить через світлодіоди, запобігаючи їх пошкодженню. Використання резистора на 330 Ом дозволяє контролювати потік струму, що проходить через ІЧ-світлодіод та звичайний світлодіод, забезпечуючи їх довговічну роботу. Без нього система може стати нестабільною, а світлодіоди можуть швидко вийти з ладу через надмірний струм [10].



Рис. 2.12 - Зображення: Резистор 330 Ом

Кабелі мама-мама і папа-мама, рис. 2.13.

Кабелі мама-мама та папа-мама використовуються для підключення різних компонентів до макетної плати та плат Arduino. Вони забезпечують надійний контакт і гнучкість у підключенні різних компонентів, що дозволяє легко вносити зміни до конфігурації схеми. Кабелі мама-мама підключаються до макетної плати, а кабелі папа-мама дозволяють з'єднувати компоненти, які мають різні роз'єми.



Рис. 2.13 - Зображення: Кабелі мама-мама і папа-мама

USB-C шнури використовуються для живлення та програмування плат Arduino Nano. Type-C дозволяє легко підключати плати до комп'ютера або зарядного пристрою для живлення системи, а також завантаження коду [5]. Наявність трьох кабелів дозволяє одночасно працювати з трьома платами, що підвищує зручність у процесі налаштування та тестування експерименту.

USB хаб.

USB-хаб використовується для одночасного підключення всіх плат до комп'ютера, що спрощує завантаження коду, тестування і живлення. Це корисний аксесуар, оскільки дозволяє працювати з декількома платами одночасно, що є важливим для налаштування системи з платою Master і двома Slave.

2.3. Реалізація системи у Arduino

Реалізація системи управління розумним будинком за допомогою Arduino включає використання апаратних компонентів, програмного забезпечення та модулів, що забезпечують взаємодію між пристроями. Arduino є однією з найбільш популярних платформ завдяки своїй простоті, доступності та великій спільноті розробників. В основі системи лежить

мікроконтролер Arduino, який виконує функції обробки даних і управління пристроями в рамках мережі розумного будинку.

Для побудови системи необхідно використовувати різноманітні сенсори й виконавчі механізми. Інфрачервоні (ІЧ) модулі дозволяють передавати та отримувати команди між пристроями, такими як телевізори, кондиціонери, освітлення тощо. Інфрачервоні датчики виявлення руху додають функцію автоматичного увімкнення або вимкнення пристроїв, що сприяє зниженню енергоспоживання. Модулі керування світлодіодним освітленням або інфрачервоні передавачі дозволяють дистанційно змінювати яскравість або колір освітлення.

Програмне забезпечення для Arduino пишеться на мові програмування C/C++ у середовищі Arduino IDE. Основна частина програми складається з двох функцій: `setup()` (ініціалізація апаратного забезпечення) і `loop()` (постійне виконання коду). Інфрачервоні модулі використовуються через бібліотеки, такі як `IRremote`, яка забезпечує передачу та приймання ІЧ-сигналів. Використовується Arduino IDE для написання коду. Код має включати:

- читання даних з датчиків;
- обробку отриманих даних (наприклад, увімкнення реле за певної температури);
- передачу даних до зовнішніх систем (через Wi-Fi або Bluetooth).

Приклад коду для управління освітленням залежно від рівня освітленості:

```
cpp

const int lightSensor = A0; // Пін для LDR
const int relayPin = 7;     // Пін для реле

void setup() {
    pinMode(lightSensor, INPUT);
    pinMode(relayPin, OUTPUT);
}

void loop() {
    int lightLevel = analogRead(lightSensor);
    if (lightLevel < 300) { // Якщо темно
        digitalWrite(relayPin, HIGH); // увімкнути світло
    } else {
        digitalWrite(relayPin, LOW);  // вимкнути світло
    }
    delay(1000); // Затримка
}
```

Рис. 2.14 - Код для управління освітленням залежно від рівня освітленості

Бібліотека дозволяє зчитувати сигнали з пультів дистанційного керування, кодувати їх у зрозумілий формат і надсилати відповідні команди.

Arduino може бути інтегрований з іншими системами через Wi-Fi або Bluetooth, використовуючи модулі, такі як ESP8266 або HC-05. Це дозволяє створювати додатки для смартфонів, які забезпечують користувачам доступ до управління системою будинку через інтернет або локальну мережу. Веб-інтерфейси або мобільні додатки можуть бути створені на основі простих HTML/CSS/JavaScript або спеціалізованих платформ, таких як Blynk чи Home Assistant.

Реалізація автоматизованої системи також включає використання реле для управління електричними пристроями, такими як побутова техніка або

обігрівачі. Реле дозволяють замикати або розмикати електричні кола, забезпечуючи безпеку під час роботи з високовольтним обладнанням. Arduino зчитує дані з сенсорів (температури, вологості, освітлення) і приймає рішення на основі заздалегідь заданих умов.

Система також може бути оснащена голосовим управлінням, інтегруючись із хмарними сервісами, такими як Google Assistant або Amazon Alexa. Для цього використовуються додаткові модулі розпізнавання мови, які перетворюють голосові команди в сигнали, зрозумілі для Arduino. Розширення функціональності можливе завдяки підключенню датчиків відкриття дверей, камер спостереження та систем безпеки.

Загалом, Arduino забезпечує гнучкість у реалізації проектів розумного будинку. Завдяки відкритому коду та доступності компонентів, користувачі можуть налаштувати систему під свої потреби, додаючи нові модулі та функції у будь-який момент.

Для детального розуміння процесу реалізації інфрачервоного зв'язку в системі «розумного будинку» розглянемо кожен етап налаштування компонентів і підключень, спираючись на схеми.

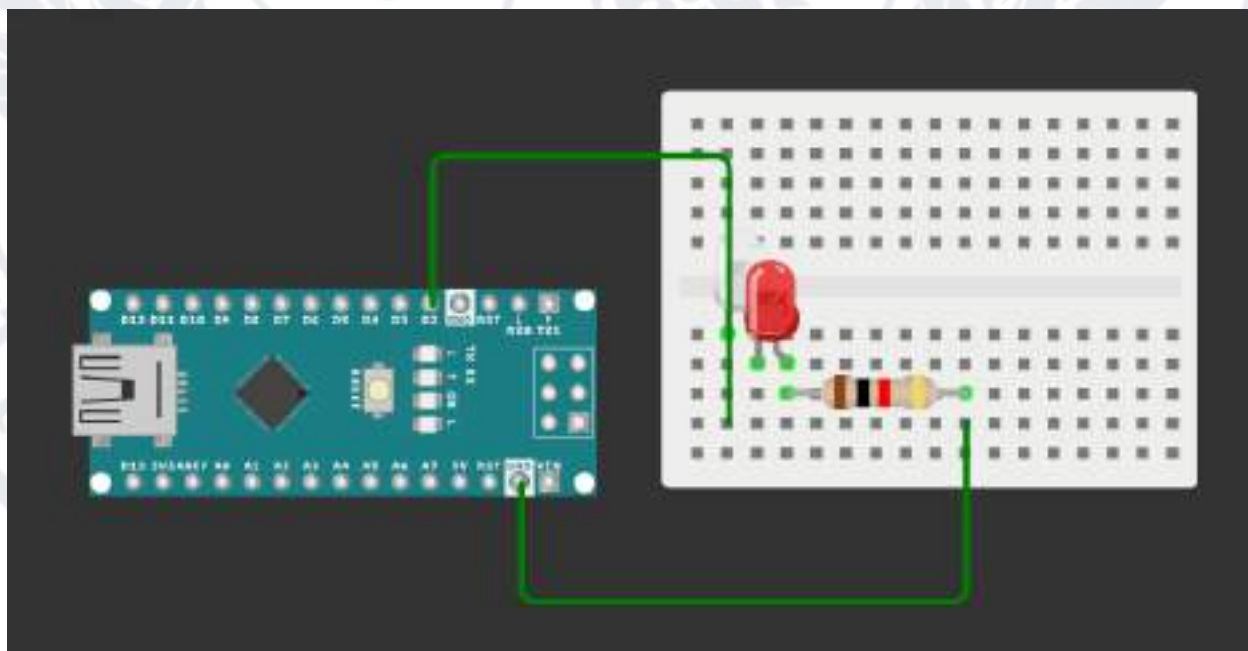


Рис. 2. 15 - Схема підключення плати Master

На наступному рисунку, де зображено підключення плати Slave1, показано використання модуля KY-022 з ІЧ-приймачем VS1833B. Цей приймач дозволяє фіксувати ІЧ сигнали, що надходять від плати Master. Arduino Nano USB-C виступає як центральний контролер, що обробляє сигнали, отримані від модуля KY-022. Модуль KY-022 підключено таким чином, щоб він міг надійно приймати сигнал у зоні дії ІЧ світлодіода Master. Це забезпечує стабільне приймання команд, переданих у вигляді ІЧ-випромінювання [7].

На рисунку видно, що модуль KY-022 має вбудований індикаторний світлодіод, який вмикається, коли сигнал приймається. Це дозволяє легко перевіряти, чи дійшов сигнал до приймача, і є важливим візуальним індикатором успішного прийому.

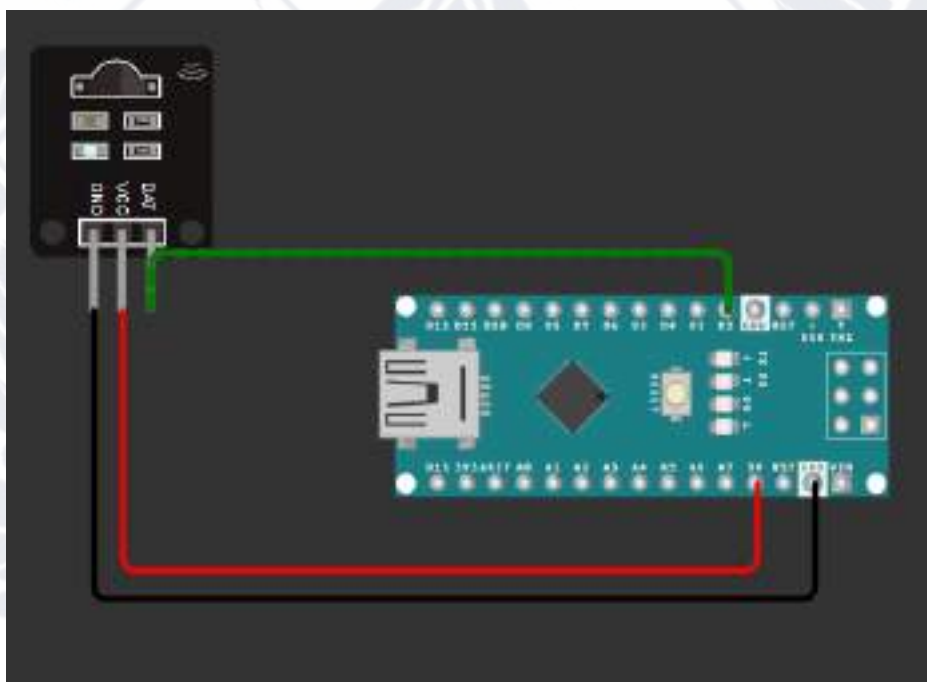


Рис. 2.17 - Схема підключення плати Slave2

Рисунок, що демонструє підключення плати Slave2, відображає аналогічну конструкцію з використанням модуля KY-022. Це ще одна плата Arduino Nano USB-C з підключеним ІЧ-приймачем KY-022, який фіксує ІЧ сигнали від Master. Цей модуль діє як окремий приймач у системі, що

дозволяє розширити зону покриття системи або використовувати кілька приймачів для керування різними пристроями в «розумному будинку».

Коли плата Master передає ІЧ сигнал, на схемі видно, що одночасно загоряється червоний світлодіод, що підтверджує момент передачі. Сигнал, випромінений ІЧ-світлодіодом, відправляється у простір, де його можуть вловлювати приймачі KY-022 на платах Slave1 і Slave2. Коли сигнал потрапляє на приймач, індикаторний світлодіод на модулі KY-022 засвічується, вказуючи на успішний прийом. Це спрацьовує як сигнал для плати Slave, яка обробляє отримані дані та виконує відповідні команди, запрограмовані в коді.

Усі компоненти на рисунках мають свою функцію. Arduino Nano USB-C забезпечує керування та обробку сигналів, інфрачервоний світлодіод передає команду, а модулі KY-022 на платах Slave приймають сигнал і дозволяють системі реагувати на команди з Master. Застосування резисторів забезпечує безпечну роботу світлодіодів, запобігаючи їхньому перегріванню. Такий підхід забезпечує точний, економічний і стабільний механізм передачі даних в інфрачервоній системі керування для «розумного будинку». На рисунках детально відображено кожен етап підключення і налаштування, що дозволяє створити надійну систему для автоматизації побутових задач.

2.4. Висновок до другого розділу

У рамках реалізації системи інфрачервоного зв'язку для «розумного будинку» була створена комплексна система, яка включає передачу і прийом сигналів за допомогою інфрачервоних світлодіодів і приймачів. Використання плат Arduino Nano USB-C як основних контролерів забезпечує високий рівень гнучкості та масштабованості системи. Система може бути легко інтегрована з іншими технологіями через Wi-Fi або Bluetooth, що

дозволяє створювати мобільні додатки або веб-інтерфейси для зручного управління пристроями.

Згідно з результатами експерименту, система показала хорошу ефективність у передачі ІЧ сигналів на різні відстані, а також здатність інтегруватися з додатковими модулями, такими як реле для управління побутовими приладами, датчики температури, вологості, освітлення і навіть голосовими системами, такими як Google Assistant і Amazon Alexa. Це робить систему не тільки функціональною, але й максимально зручною для користувача.

У процесі налаштування кожного компонента, від підключення ІЧ-світлодіодів і приймачів до реалізації системи з кількома платами, кожен етап підключення має свою важливу роль. Використання резисторів між компонентами гарантує стабільність роботи та захищає елементи від перевантажень, забезпечуючи безпеку всього обладнання.

Таким чином, система інфрачервоного зв'язку, побудована на базі Arduino, є ефективним і надійним рішенням для автоматизації процесів у «розумному будинку». Вона забезпечує простоту налаштування, можливість розширення функціональності та інтеграції з іншими сучасними технологіями, що робить її перспективною для впровадження у різноманітні побутові та промислові сфери.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Програмування досліджуваного процесу

Для реалізації експерименту з інфрачервоним зв'язком у системі "розумного будинку" використовується платформи, такі як Arduino, для взаємодії між різними пристроями через інфрачервоний сигнал. Основною метою експерименту є тестування передачі та прийому інфрачервоних сигналів між платами Master та Slave. Ключовою частиною цього експерименту є програмування пристроїв для обробки сигналів, що передаються через інфрачервоний канал, та налаштування приймання і передавання даних через цей канал. Для цього був написаний код, що дозволяє налаштувати взаємодію між пристроями, забезпечуючи правильне функціонування всіх етапів експерименту.

Для реалізації експерименту, ми написали код, який дозволяє здійснювати передачу і прийом інфрачервоних сигналів, використовуючи ІЧ передавачі і приймачі. Важливою частиною програми є налаштування взаємодії між передавачем (платою Master) та приймачем (платами Slave), а також обробка результатів, які ми спостерігаємо у середовищі Arduino IDE через серійний монітор.

Програмування передавача починається з ініціалізації необхідних бібліотек для роботи з інфрачервоним передавачем і приймачем. Одна з найпопулярніших бібліотек для роботи з інфрачервоними модулями — це IRremote. Вона дозволяє зручно реалізувати комунікацію між пристроями через інфрачервоні сигнали. Ця бібліотека містить різноманітні функції для відправки та прийому ІЧ команд. Кожен передавач може бути налаштований для передачі певної інформації, яка після того, як досягне приймача, буде оброблена і виведена на серійний монітор для відображення результату.

Програмний код для плати Master містить частину, яка відповідає за ініціалізацію передавача та передачу сигналу до плати Slave. Важливим моментом є правильна настройка пінів для інфрачервоного передавача та

приймача. Для тестування, ми використовуємо пін 3 на платі Master для підключення ІЧ передавача, а на платі Slave пін 2 для підключення ІЧ приймача. Після того, як сигнал передається від Master, плата Slave отримує його через інфрачервоний приймач, і на серійному моніторі з'являється текст, що свідчить про успішне прийняття сигналу.

Під час тестування передавалися стандартні повідомлення типу «Hello world», що дозволяло наглядно перевірити правильність передачі та прийому даних. Однією з проблем, яка виникала в процесі тестування, була затримка сигналу, а також зміщення символів у повідомленні. Це може бути результатом неповної або неперервної передачі сигналу через інфрачервоний канал. Відбиття сигналу від дзеркала на відстані може також впливати на якість передачі. Для вирішення цієї проблеми були проведені тести з різними відстанями, що дозволило визначити оптимальні умови для передачі сигналу. Код для плат Slave включає в себе частину, яка визначає, чи було отримано повідомлення від Master. Якщо повідомлення отримано правильно, на серійному моніторі виводиться підтвердження у вигляді «Hello world». При цьому відбувається посторінкове прийняття даних, тобто один символ за раз. Кожен символ перевіряється, і якщо виникають збої в передачі, можуть спостерігатися зміщення або пропуски символів.

```
cpp

#include <IRremote.h>

int IR_PIN = 3; // Пін для ІЧ-світлодіода

void setup() {
    IrSender.begin(IR_PIN, ENABLE_LED_FEEDBACK); // Ініціалізація
}

void loop() {
    IrSender.sendNEC(0x00FF00FF, 32); // Надсилання сигналу
    delay(500); // Інтервал між сигналами
}
```

Рис. 3.1 - Надсилання сигналу з Master

Для підключення інфрачервоного приймача використовуються модулі KY-022, що є стандартними ІЧ приймачами для платформ Arduino. Вони здатні приймати сигнали, які передаються через інфрачервоні передавачі, і передавати їх на обробку в мікроконтролер Arduino. Код для цих модулів включає ініціалізацію пінів для підключення приймача та обробку отриманих даних.

```
#include <IRremote.h>

int RECV_PIN = 11; // Пін для ІЧ-приймача
IRrecv irrecv(RECV_PIN);
decode_results results;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    irrecv.enableIRIn(); // Активуємо прийом сигналу
}

}

void loop() {
    if (irrecv.decode(&results)) {
        Serial.println("Hello world"); // Успішний прийом
        irrecv.resume(); // Готовність до наступного сигналу
    }
}
```

Рис. 3.2 - Прийом сигналу на Slave

Для обробки сигналу з модуля KY-022 використовується також бібліотека **IRremote**. Код забезпечує прийом даних і виведення їх у термінал.

Також важливо, щоб передавач був правильно налаштований для передачі інформації через певний протокол, який розпізнається приймачем. Однією з особливостей цієї системи є те, що при відбитті сигналу від дзеркала можна було спостерігати відмінності у якості прийому залежно від відстані. Якщо плата Slave знаходилася на відстані до 1 метра від дзеркала,

сигнал приймався з високою ймовірністю. Однак з відстанню в 1,5 метри, якість сигналу знижувалася, і в деяких випадках сигнал не міг бути прийнятий. Це свідчить про те, що інфрачервоний сигнал піддається затуханню, і зменшення дистанції може покращити якість прийому. Окрім цього, важливу роль у передачі сигналу відіграє точність напрямку передавача і приймача. При правильному вирівнюванні пристроїв і відбитті сигналу від дзеркала передача відбувається стабільніше.

Для перевірки працездатності системи була створена певна схема з трьох плат: Master, Slave1 і Slave2. Кожен з пристроїв був оснащений ІЧ передавачем або приймачем, а для підтвердження правильності роботи системи використовувався серійний монітор в Arduino IDE, який дозволяє відстежувати всі дані, що передаються через інфрачервоний канал. Під час експерименту кожен пристрій був перевірений окремо, а після цього ми проводили тестування всієї системи разом.

Програмування таких систем вимагає уважності до деталей, оскільки різні фактори, такі як відстань, розташування пристроїв і навіть точність налаштування пінів, можуть впливати на кінцевий результат. Тому важливо проводити налаштування і тестування на різних етапах розробки, щоб зібрати всю необхідну інформацію для коректної роботи системи в умовах реального середовища.

Загалом, експеримент дозволив не лише перевірити основні принципи роботи інфрачервоних систем, але й виявити важливі моменти щодо передачі сигналу, які можуть бути корисними для подальшого розвитку "розумного будинку".

3.2. Результати експерименту

Тестування інфрачервоного зв'язку на різних відстанях є важливим етапом для оцінки ефективності роботи системи. Для цього експерименту були використані плати Master і Slave, які взаємодіяли за допомогою

інфрачервоних сигналів. Плати були розташовані на різних відстанях одна від одної, і сигнал проходив через дзеркальну поверхню, що дозволило перевірити, як різні умови можуть впливати на якість зв'язку. Усі тести проводилися з використанням серійного монітора в середовищі Arduino IDE для спостереження за результатами.

Проблеми які виникли під час побудови експерименту:

1) Апаратні збої через відсутність резисторів.

У перших спробах підключення не використовувалися резистори, що могло призвести до нестабільності в роботі системи. Після додавання резисторів в схему проблема була частково вирішена, і це підвищило стабільність передачі сигналів.

2) Вибір бібліотеки та помилки компіляції.

Під час розробки коду виникли проблеми з вибором бібліотек для відправки та прийому ІЧ-сигналів. Зокрема, виникала помилка по `matching function for call to 'IRsend::begin(int, bool)'`, оскільки була спроба використовувати параметри, що не підтримуються бібліотекою `IRremote`. Це змусило змінити підхід і спробувати використовувати іншу бібліотеку `TinyIRSender`, але й з нею також були труднощі при компіляції через неправильне форматування.

3) Структура коду і апаратні зміни.

Через складність кодування і апаратної конфігурації було кілька разів перебудовано код, а також змінено схему підключення, зокрема, для відповідності вимогам експерименту (відправка сигналу від Master до Slave та підтвердження у зворотному напрямку). Проблеми з передачею даних і помилки у підключенні також призвели до необхідності кілька разів змінювати структуру та налагоджувати роботу.

4) Налаштування експерименту з відбиттям сигналу від дзеркала.

Додаткові експерименти включали відбиття сигналу від дзеркальної поверхні для перевірки якості прийому сигналу. Це вимагало ретельного налаштування кутів відбиття та позиціонування приймачів, оскільки при

неправильному куті розташування плати Slave могли не приймати сигнал або приймати його із затримкою, що впливало на точність експерименту.

Ці проблеми були поступово вирішені шляхом корекції апаратної частини, внесення змін до коду, вибору відповідних бібліотек та адаптації методики експерименту.

Проводилось тестування прийняття ІЧ сигналу при його відбитті від дзеркала на відстані 0.5м.

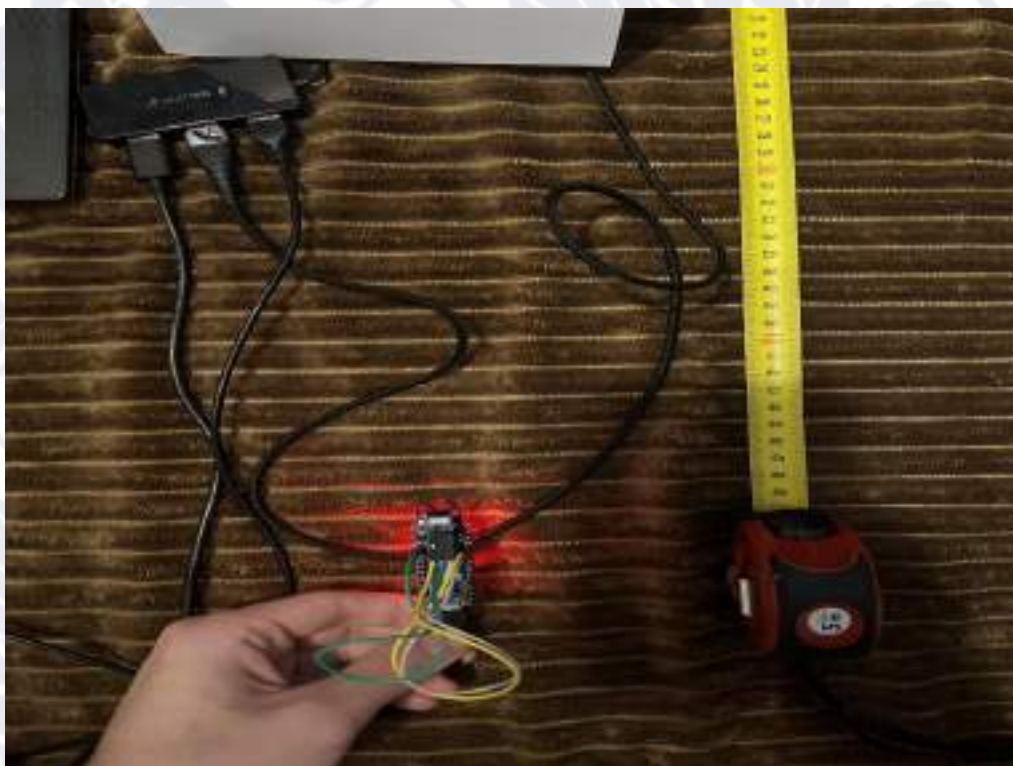


Рис. 3.3 - Тестування прийняття ІЧ сигналу на відстані 0,5 м.

На рис. 3.3 зображено на якій відстані знаходиться плата slave (для прийому іч сигналу) по відношенню до плати master яка відправляє іч сигнал



Рис. 3.4 – Монітор показує що сигнал не прийнято

На рис. 3.4 зображено Serial monitor в серідовисці Arduino IDE. Монітор пустий, тобто сигнал ще не прийнято.



Рис. 3.5 - Плата Slave розташована за загорожею з листа A4 — сигнал не приймається

В процесі тестування плати slave на рівні з загорожею в виді складеного листу A4 і в терміналі (serial monitor) видно що сигнал не приймається.

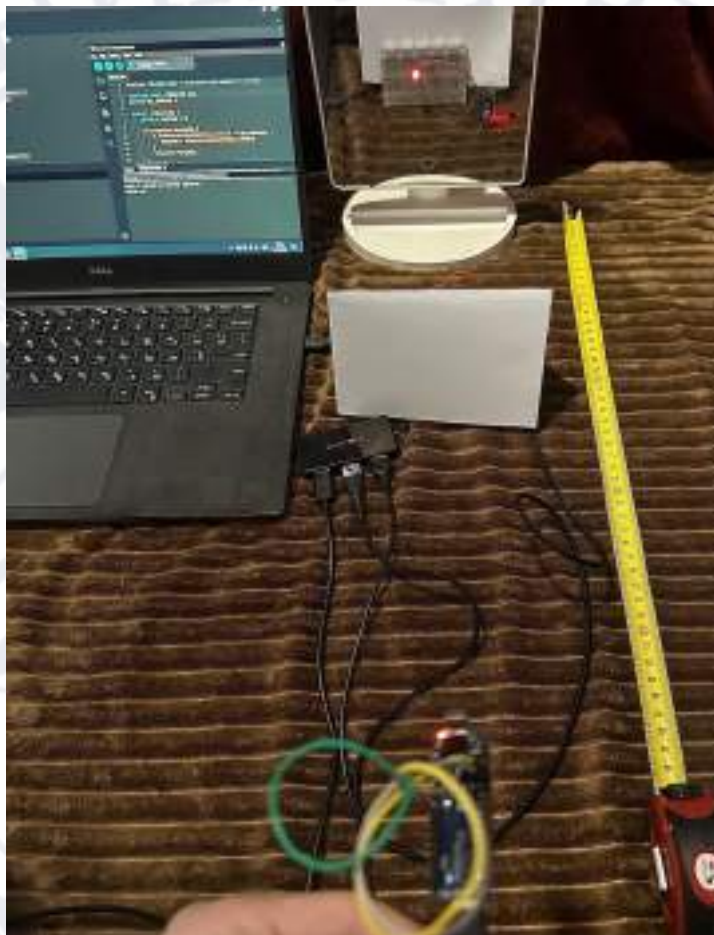


Рис. 3.6 – Демонстрація появи сигналу без загорожі

Підняв плату slave над загорожею та направив прямо у дзеркало. Загорівся червоний світлодіод в дзеркалі на платі master що свідчить про відправлення іч сигналу і загорівся червоний світлодіод (вбудований) на датчику прийняття іч сигналів ky-022 що свідчить про те що сигнал прийнято

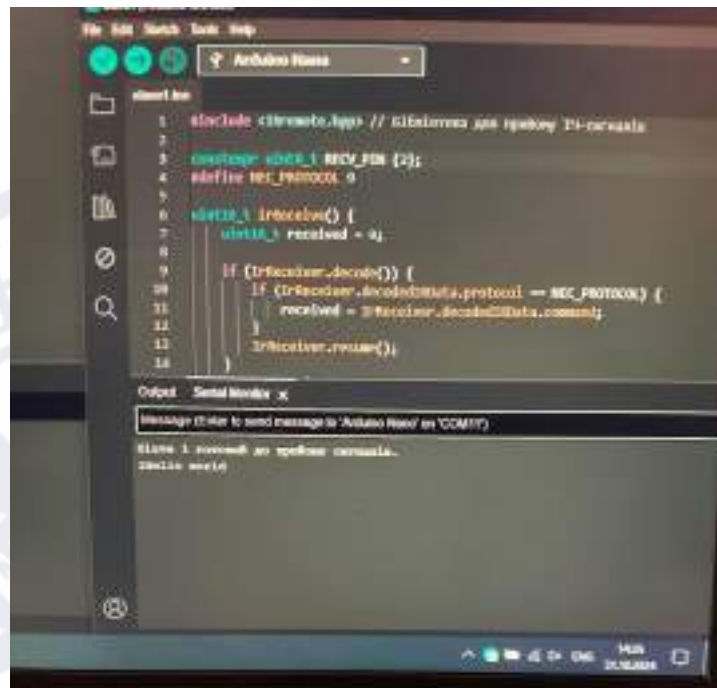


Рис. 3.7 – Програма прийняття сигналу

В Serial monitor видно що сигнал прийнято саме в повній мірі (Hello world). Сигнал передається посимвольно, тому коли відбуваються збої в передачі іч сигналу, то символи можуть мінятися місцями або деяких символів може взагалі не бути.

Отже, початкове тестування проводилося на відстані 0,5 м між платами Master і Slave, що є мінімальною відстанню для перевірки ефективності зв'язку через інфрачервоні сигнали. Плата Master була розташована на цій відстані, а плата Slave була направлена до дзеркальної поверхні, що відображала сигнал. До початку експерименту термінал серійного монітора був порожнім, що свідчить про відсутність передавання або прийому сигналу. Після того, як плата Slave була направлена в дзеркало, почалася активність на обох платах. Це проявилось в тому, що світлодіоди, що підключені до кожної плати, почали світитися. Червоний світлодіод на платі Master загорівся, коли сигнал був переданий, а світлодіод на платі Slave загорівся, коли сигнал був прийнятий. В цей момент на серійному моніторі з'явився повний текст "Hello World", що свідчить про успішний прийом та обробку сигналу. Цей етап

тестування підтвердив, що система здатна працювати на коротких відстанях, і сигнал успішно передається та приймається без збоїв.

Тестування прийняття ІЧ сигналу при відбитті ІЧ сигналу від дзеркала на відстані 1м:

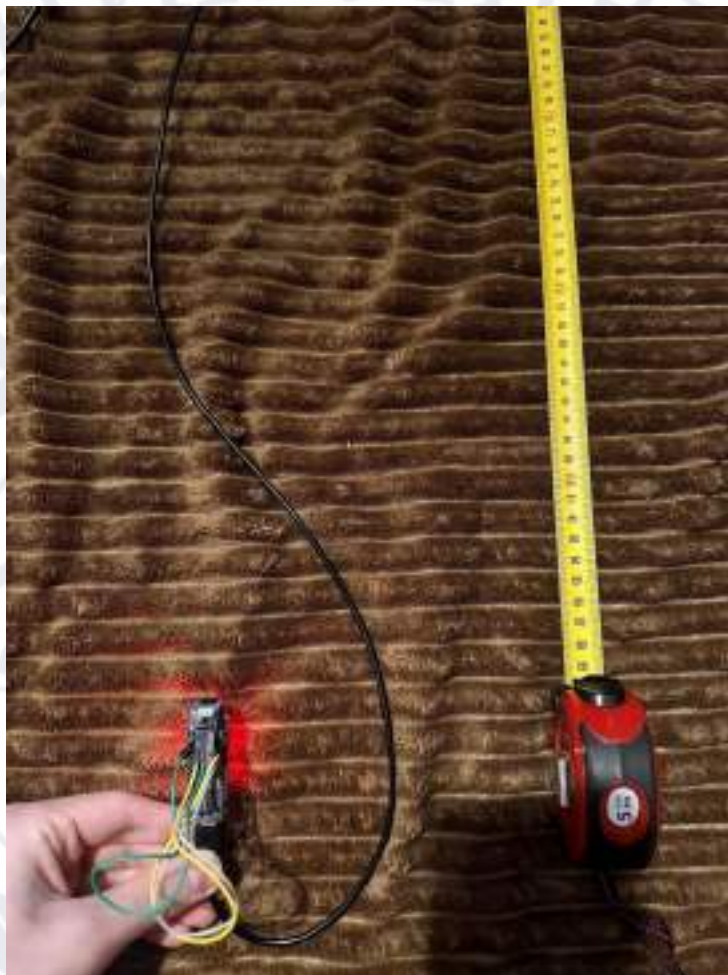


Рис. 3.8 - Тестування прийняття ІЧ сигналу на відстані 1 м.

На рис. 3.8 показано на які відстані знаходиться плата slave (для прийому іч сигналу) по відношенню до плати master яка відправляє іч сигнал.



Рис. 3.9 – Монітор показує що сигнал не прийнято

Показую що Serial monitor в серидовищі Arduino IDE пустий, тобто сигнал ще не прийнято.

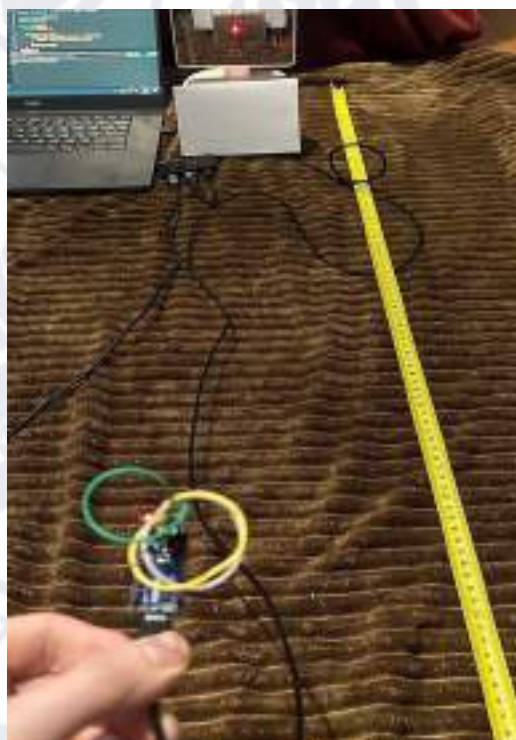


Рис. 3.10 – Відправлення ІЧ сигналу

Підняв плату slave над загорожею та направив прямо у дзеркало. Загорівся червоний світлодіод в дзеркалі на платі master що свідчить про відправлення ІЧ сигналу і загорівся червоний світлодіод (вбудований) на датчику прийняття ІЧ сигналів ky-022 що свідчить про те що сигнал прийнято.

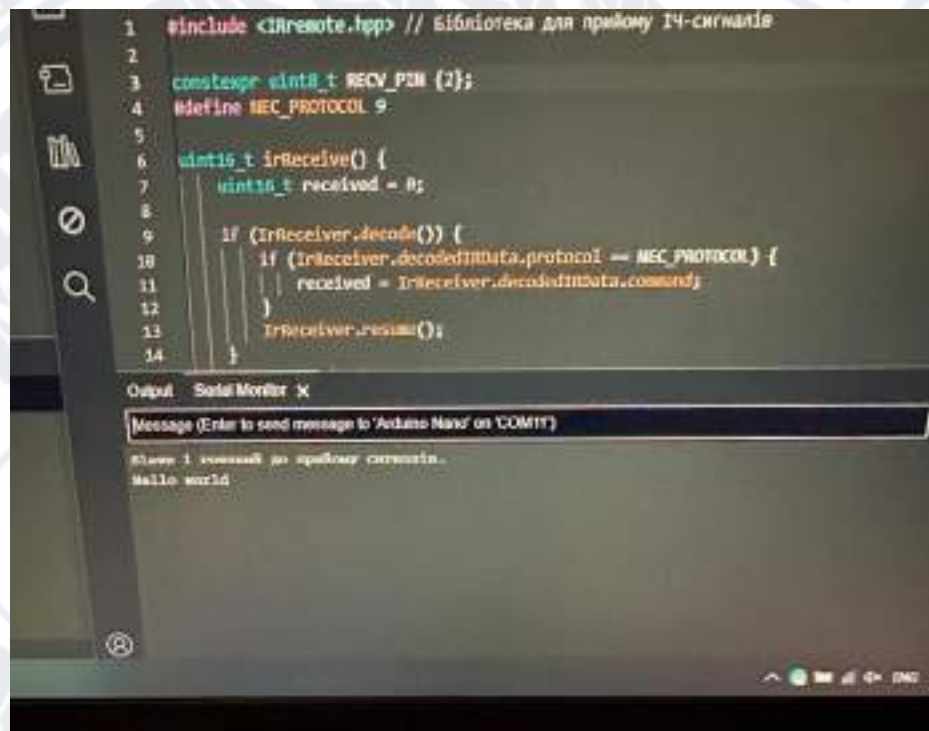


Рис. 3.11 – Монітор показує що сигнал прийнято

Serial monitor видно що сигнал прийнято саме в повній мірі (Hello world). Сигнал передається посимвольно, тому коли відбуваються збої в передачі ІЧ сигналу, то символи можуть мінятись місцями або деяких символів може взагалі не бути.

Отже, у другому експерименті відстань між платами була збільшена до 1 метра. Методика цього тестування була аналогічною попередньому, але збільшена відстань дозволяла перевірити, як зміна дистанції впливає на якість зв'язку. Після направлення плати Slave до дзеркала, сигнал був успішно прийнятий, хоча були виявлені деякі збої в передачі. Це проявилось в тому, що на серійному моніторі іноді спостерігалось зміщення символів або навіть

відсутність деяких символів в отриманому тексті. Такі зміщення можуть бути результатом перешкод на шляху сигналу, які виникають через відстань або неправильне розташування пристроїв. Це свідчить про те, що інфрачервоні сигнали піддаються затуханню на великих відстанях, і для точного прийому сигналу потрібна стабільна і пряма лінія передачі.

Тестування прийняття ІЧ сигналу при відбитті ІЧ сигналу від дзеркала на відстані 1.5м:

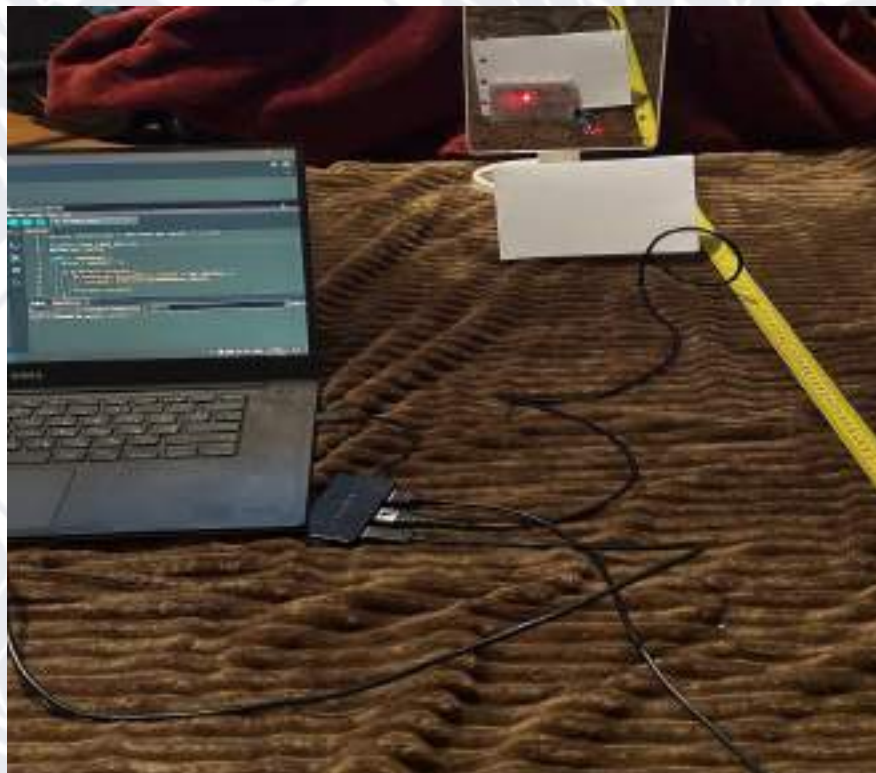


Рис. 3.12 - Тестування прийняття ІЧ сигналу на відстані 1,5 м.

На рис. 3.12 показано на якій відстані знаходиться плата slave (для прийому іч сигналу) по відношенню до плати master яка відправляє іч сигнал.

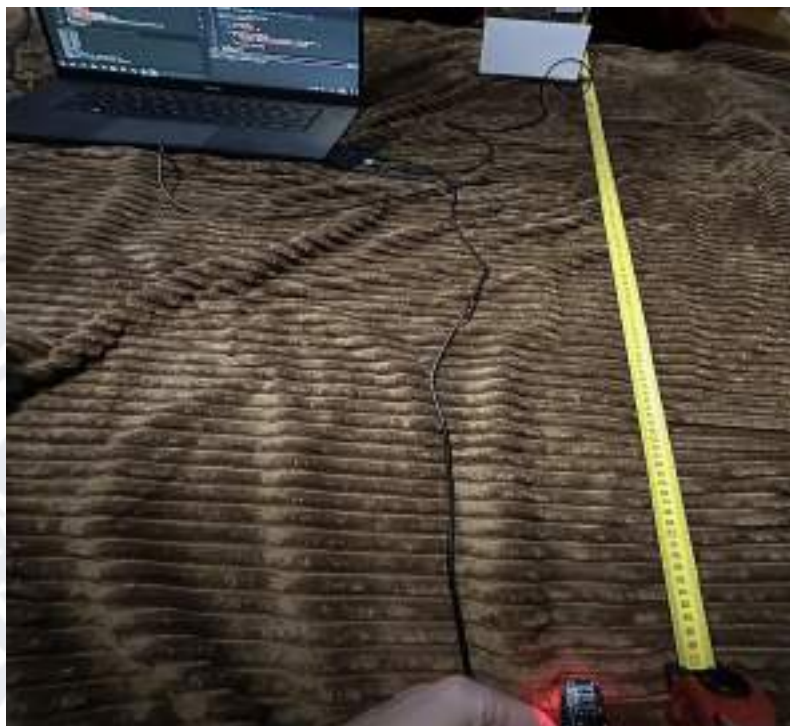


Рис. 3.13 – Демонстрація експерименту із загорожею

Тримаю плату slave на рівні з загорожею в виді складеного листу A4 і в терміналі (serial monitor) видно що сигнал не приймається

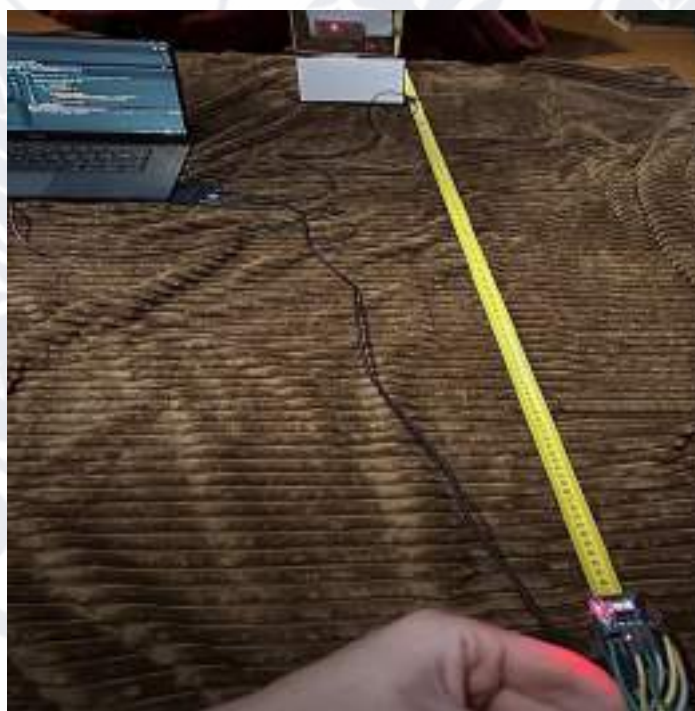


Рис. 3.14 – Демонстрація відправлення ІЧ сигналу

Підняв плату slave над загорожею та направив прямо у дзеркало. Загорівся червоний світлодіод в дзеркалі на платі master що свідчить про відправлення ІЧ сигналу і загорівся червоний світлодіод (вбудований) на датчику прийняття ІЧ сигналів ky-022 що свідчить про те що сигнал прийнято.

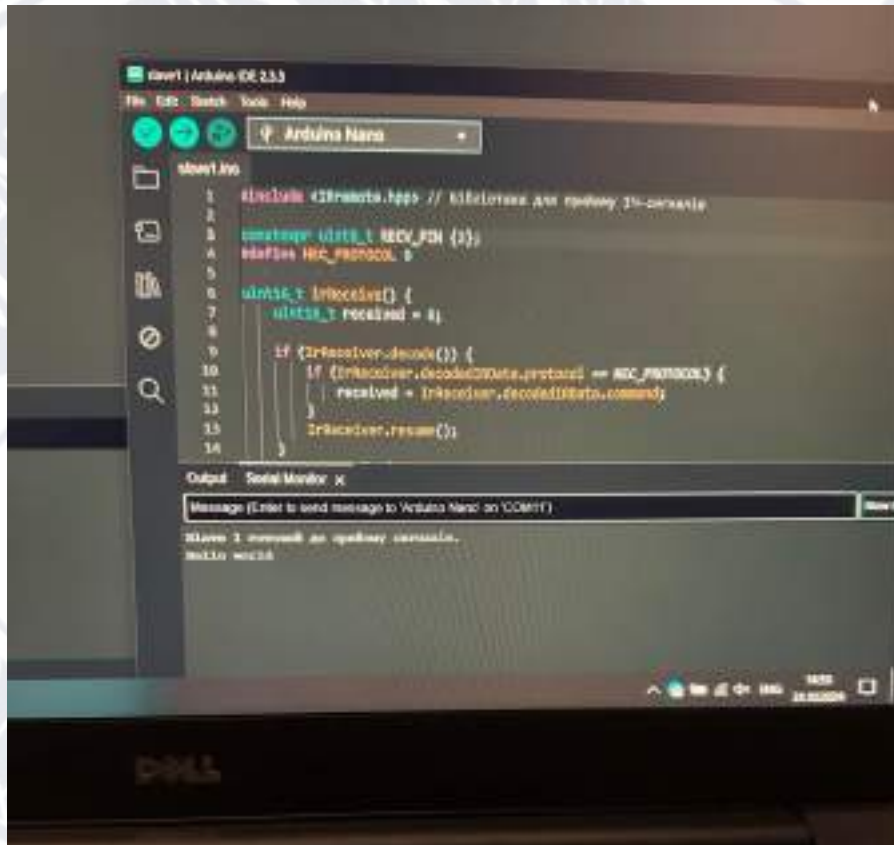


Рис. 3.15 – Демонстрація прийняття сигналу

Serial monitor видно що сигнал прийнято саме в повній мірі (Hello world). Сигнал передається посимвольно, тому коли відбуваються збої в передачі іч сигналу, то символи можуть мінятись місцями або деяких символів може взагалі не бути.

Третє тестування проводилося на відстані 1,5 м. При розташуванні плати Slave на рівні з загорожею, виконаною з листа паперу формату A4, сигнал не був прийнятий. Це може бути пов'язано з тим, що папір блокує або значно зменшує потужність інфрачервоного сигналу, через що сигнал не міг

досягти приймача на платі Slave. Однак після того, як плата Slave була піднята вище рівня загорожі, і сигнал потрапив на приймач без перешкод, сигнал був успішно декодований. Це підтверджує, що на відстані 1,5 м сигнал може бути прийнятий, але тільки за умови прямої видимості між передавачем і приймачем. Якщо сигнал проходить через перешкоди, такі як загорожі або об'єкти, то його ефективність значно знижується.

3.3. Висновок до третього розділу

На основі проведених тестів можна зробити кілька важливих висновків. По-перше, система інфрачервоного зв'язку здатна працювати на відстанях до 1,5 м, за умови, що між передавачем і приймачем не виникають перешкоди. Зі збільшенням відстані зменшується потужність сигналу, що може призвести до помилок у прийомі, таких як перестановка символів або повне їх відсутність. Проте, коли забезпечується пряма видимість між пристроями, система працює стабільно навіть на великих відстанях. Це свідчить про те, що для підтримання ефективного інфрачервоного зв'язку необхідно враховувати умови навколишнього середовища, такі як відстань та наявність перешкод на шляху сигналу.

Таким чином, результати експериментів показують, що інфрачервоний зв'язок є надійним методом передачі даних на коротких і середніх відстанях, але для забезпечення стабільності сигналу потрібно враховувати можливі перешкоди та забезпечувати пряму видимість між передавачем і приймачем.

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз проблеми по вивченню можливостей технології інфрачервоного зв'язку та її інтеграції в системи «розумного будинку» для покращення автоматизації процесів та забезпечення зручного управління пристроями.

Проведені експерименти показали, що інфрачервоні модулі здатні працювати на відстанях до 1,5 м, що є достатнім для використання у внутрішньому просторі приміщень. Основною умовою для стабільної роботи ІЧ зв'язку є пряма видимість між передавачем і приймачем сигналу.

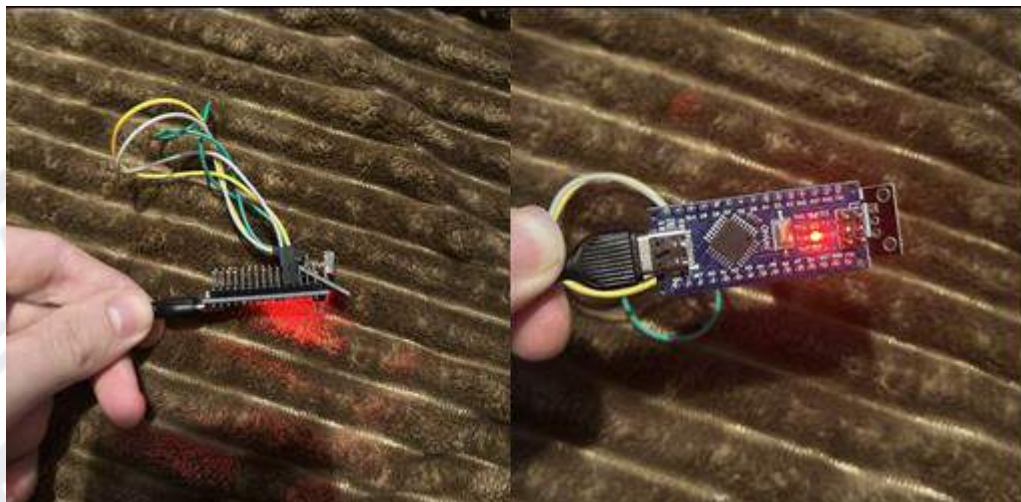
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ЛІТЕРАТУРИ

1. Бантюкова С. О., Головка О. В., Пенкіна О. Є. Серія Комп'ютерні науки: Мережеві інформаційні технології: Навч. посібник. Харків: УкрДУЗТ, 2023. Ч. 2. 111 с.
2. Руденко О. Г., Бодянський Є. В. Штучні нейронні мережі: навч. посіб. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. 404 с
3. Воробієнко П. П., Нікітюк Л. А., Резніченко П. І. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: підруч. для вищ. навч. закл. Київ: САММІТ-Книга, 2010. 708 с.
4. Захарченко М. В. Системи передавання даних. Т. 1. Завадостійке 3-38 кодування : підручник [для студ. вищ. техн. навч. закл.]. Одеса: Фенікс, 2009. 448 с.
5. Мельничук Р.А., Ларченко Л.В. Системи безпеки розумного будинку. / Р.А. Мельничук, Л.В. Ларченко // СХІІ Міжнародна інтернетконференція «Розвиток науки та техніки під час воєнного стану». – м. Херсон, 28 листопада, 2022. С. 156-158.
6. Паньків В. Г. Український ринок систем автоматизації та диспетчеризації. Мережі та бізнес системи, 2011. №3. С. 58–62.
7. Сторчак К. П., Ткаленко О. М. Системи розподілу інформації: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Київ: ДУТ, 2018. 98 с.
8. Кондратенко Н.О., Тарадай В.Н. Механізми підвищення ефективності ресурсозбереження у регіональних економічних системах. Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Економічна». 2011. № 970. Вип. 81. С. 266–273.
9. Dickson B. How to prevent your IoT devices from being forced into botnet bondage URL: <https://techcrunch.com/2016/08/16/how-to-prevent-your-iot-devicesfrom-beingforced-into-botnet-slavery/>. (дата звернення: 02.11.2024).
10. Cisco Networking Academy. Introduction to IoT URL: <https://1331758.netacad.com/courses/1012514> (дата звернення: 10.11.2024)
11. Smart Home Statistics URL: <https://ipropertymanagement.com/research/iotstatistics> (дата звернення: 01.11.2024)
12. Євтух Б.В. «Система управління розумним домом. Підсистема забезпечення безпеки». URL: http://cad.kpi.ua/attachments/093_2015

- [_%D0%B5%D0%B2%D1%82%D1%83%D1%85.pdf](#) (дата звернення: 10.11.2024)
13. Smart Home. URL <https://www.investopedia.com/terms/s/smart-home.asp> (дата звернення: 10.11.2024).
 14. Протоколи розумного будинку: новітні технології для комфортного життя. URL: <https://techhouse.su/protokoly-umnogo-doma-novejshie-texnologii-dlyakomfortnojzhizni/> (дата звернення: 09.11.2024)
 15. Fortune Business Insights. URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/internet-ofthings-iiot-market-100307> (дата звернення: 08.11.2024).
 16. Internet of Things In Smart Home. URL: <https://scand.com/company/blog/internet-of-things-in-smart-home/> (дата звернення: 10.11.2024)
 17. Old versions of Cisco Packet Tracer - V7.1, v7.0, v6.3, v6.2. URL: <https://www.geekdashboard.com/cisco-packet-tracer-download/> (дата звернення: 10.11.2024).
 18. Конфігурація системи розумний дім. URL: <http://amperasmart.ru/article/> (дата звернення: 10.11.2024).
 19. Al-Qutayri, Mahmoud & Jeedella. Integrated Wireless Technologies for Smart Homes Applications. URL: https://www.researchgate.net/publication/221907506_Integrated_Wireless_Technologies_for_Smart_Homes_Applications (дата звернення: 10.11.2024).
 20. Andrea Finardi. IoT simulations with Cisco Packet Tracer. URL: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/150158/Andrea%20Finardi%20Master%20of%20Engineering%20%20Information%20technology.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 10.11.2024).
 21. Розумний будинок — з чого він складається та чи потрібен вам. URL: <https://nachasi.com/2018/06/25/smart-house-faq/> (дата звернення: 10.11.2024)
 22. Як Ajax Systems створює охоронні системи в Україні. І продала вже 1 млн. пристроїв. URL: <https://ain.ua/2019/01/09/kak-rabotaet-ajax/> (дата звернення: 10.11.2024).
 23. Український стартап Ecoisme закривається. URL: <https://ain.ua/2019/06/26/ecoisme-zakryvaetsya/> (дата звернення: 10.11.2024)
 24. Львівський стартап uMuni працює над системою енергозбереження, яка економить до 15%. URL: <https://ain.ua/2015/10/29/lvovskij-startap->

- [umuni-rabotaet-nad-sistemojenergosberezheniya-kotoraya-ekonomit-do-15/](#)
(дата звернення: 10.11.2024).
25. What is CLAP? Why is CLAP? URL: <https://clap.ua/en> (дата звернення: 10.11.2024).
26. Черниш В. 50 осіб у команді та провадження у Вінниці. Як стартап CLAP створює в Україні вітчизняну систему «розумного дому». URL: <https://mc.today/50-chelovek-v-komande-i-proizvodstvo-v-vinnitse-kak-startapclap-sozdaet-v-ukraine-otchestvennuyu-sistemu-umnogo-doma/> (дата звернення: 10.11.2024).
27. Як працює система «розумного будинку» CLAP, яку встановлять у 20 тис. Квартир "Укрбуду URL: <http://abcnews.com.ua/ru/markets/kak-rabotaet-sistema-umnogo-domaclap-kotoruiu-ustanoviat-v-20-tys-kvartir-ukrbuda> (дата звернення: 10.11.2024).
28. Andrea Finardi. IoT simulations with Cisco Packet Tracer URL: <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/150158/Andrea%20Finardi%20%20Master%20of%20Engineering%20%20Information%20technology.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення: 10.11.2024).
29. Feng, L. *The IoT Handbook: Technologies and Applications* / L. Feng, H. Liu. — Singapore: Wiley, 2017. — 256 p. (дата звернення: 22.11.2024).
30. Sharaf, M. *Visible Light Communication Systems* / M. Sharaf. — Berlin: Springer, 2018. — 340 p. (дата звернення: 25.11.2024).
31. Woodward, T. *Infrared Technologies for Smart Automation* / T. Woodward. — London: Taylor & Francis, 2018. — 280 p. (дата звернення: 25.11.2024).

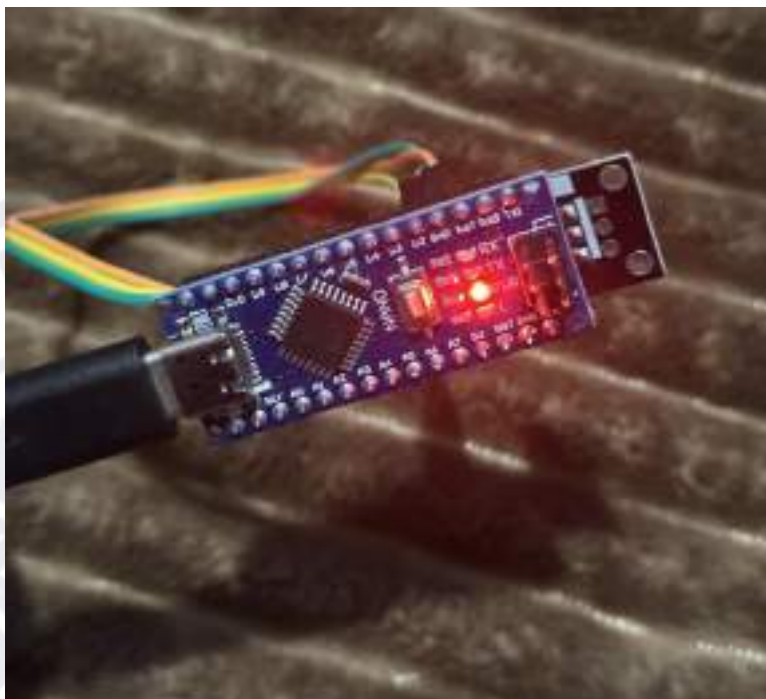
ДОДАТКИ



Плата Slave1



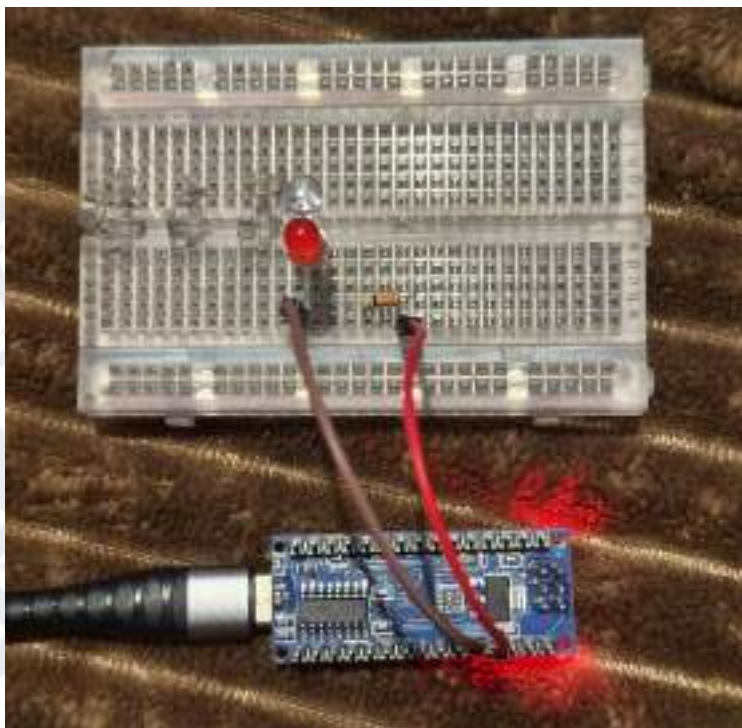
Модуль інфрачервоного приймача KY-022 який підключений до плати Slave 1



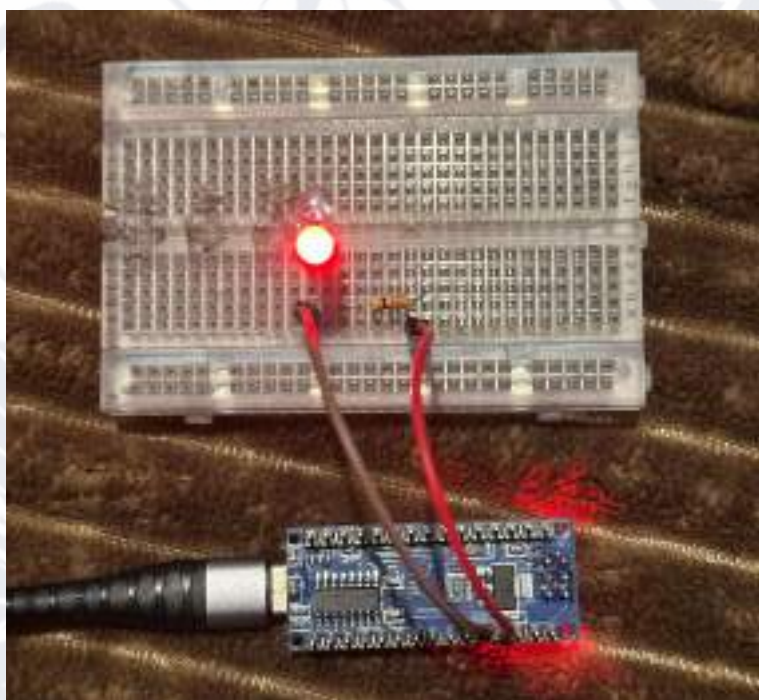
Плата Slave2

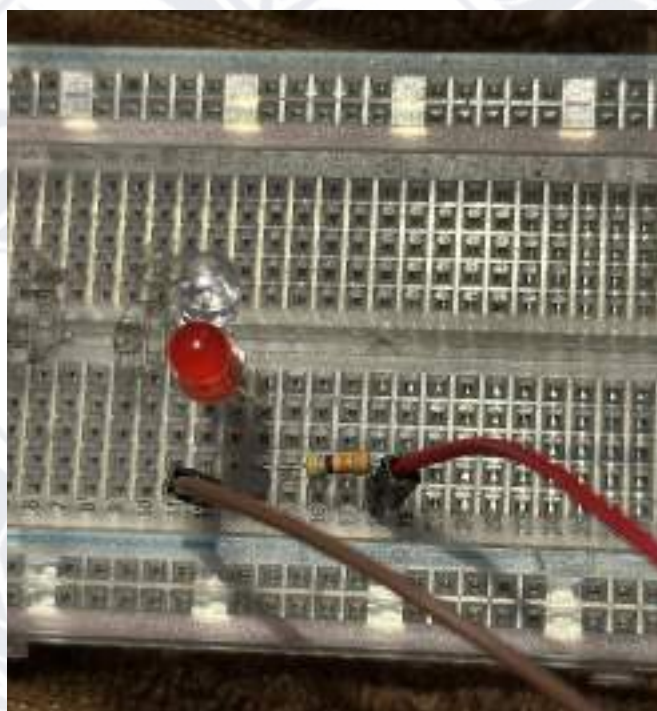
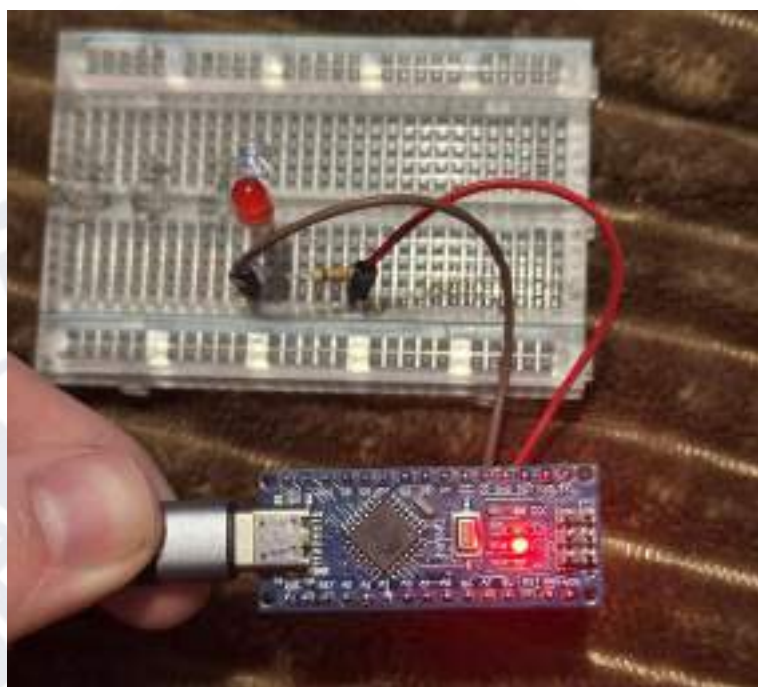


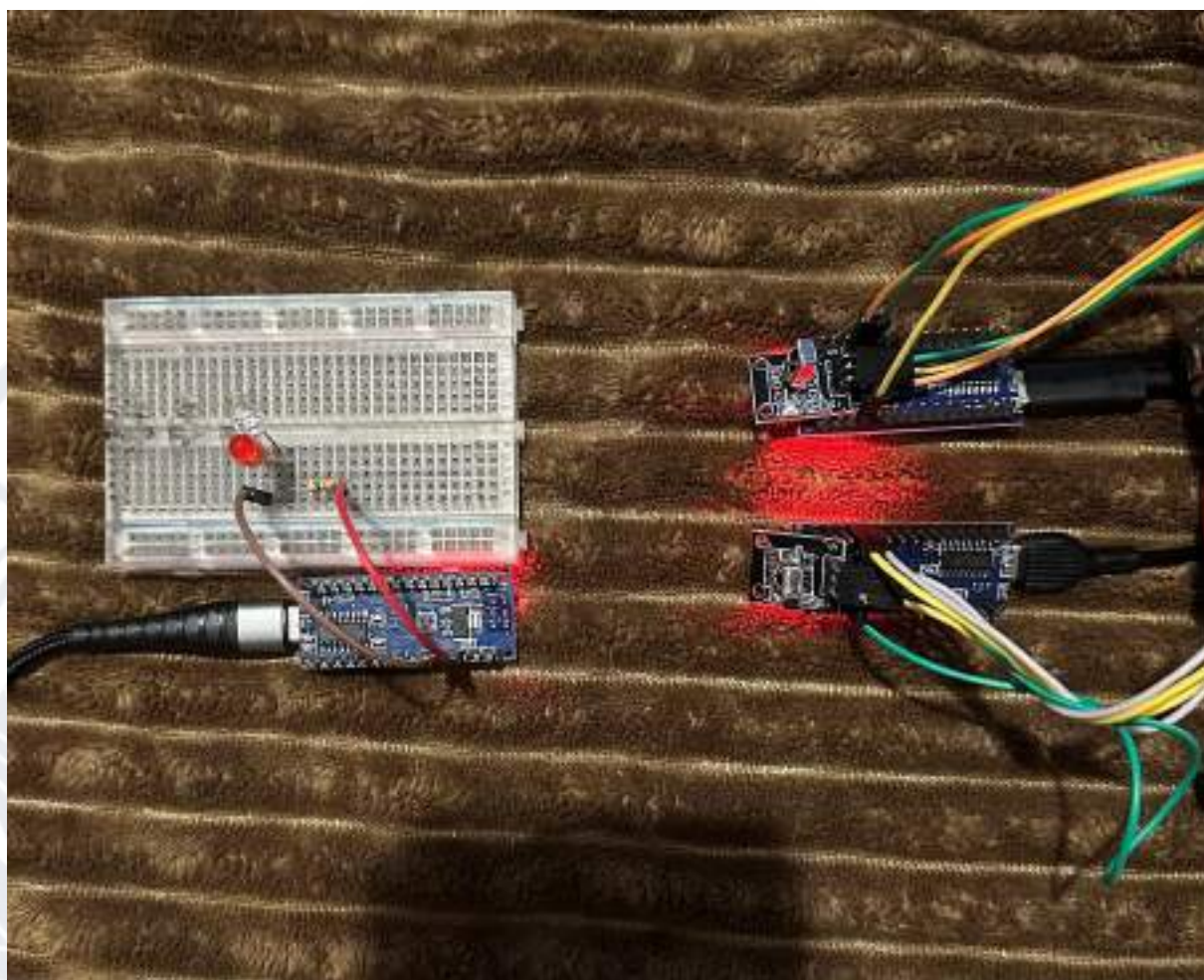
Модуль інфрачервоного приймача KY-022 який підключений до плати Slave2



Плата master зі світлодіодом відправлення ІЧ сигналів







Вся працююча система разом, а саме плата master, slave 1 і slave2

