

ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Управление образования города Кузнецка
Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение средняя
общеобразовательная школа №5 города Кузнецка

Приемо-передающий модуль СВЧ-диапазона
для охраны дома.

Автор работы: Наумова
Дарья Викторовна
Руководитель: Исаева
Марина Ивановна,
учитель физики
МБОУ СОШ№5
г. Кузнецка
Консультант: Андреев
Валерий Георгиевич
д.т.н., профессор.

Кузнецк
2024-2025

Содержание

1. Введение.....	3
2. Основная часть.....	4
2.1 Охранные устройства.....	4
2.2 Приемно-передающие модули.....	9
2.3 Практическая часть.....	10
3. Заключение.....	17
4. Библиографический список.....	19

Введение

Цель проекта:

Расширить свои знания о приемо-передающих модулей СВЧ –диапазона.

Наглядно показать работу модуля, который должна фиксировать и в некоторых случаях предотвращать угрозу безопасности дому и самим домовладельцам.

Задачи проекта:

Найти информацию в открытых источниках о приемо-передающих модулей СВЧ – диапазона, собрать рабочую модель системы для проверки ее работоспособности и функциональности, провести исследования.

Сформировать практические навыки в работе с электрическими цепями в области электротехники.

Объект и предмет исследования:

Приемо-передающих модулей СВЧ диапазона для охраны периметра частного дома

Актуальность проекта:

Актуальность выбранной темы обосновывается повышенным спросом к мерам безопасности в современном мире.

Установка охранных систем может служить источником безопасности для людей и имущества в повседневной жизни.

Основная часть

2.1 Охранные устройства.

Первая система обнаружения движения началась с экспериментов Генриха Герца. Герц изучал свойства волн и обнаружил, что волны могут отражаться от металлических объектов. Однако только в начале XX века системы, способные использовать эти принципы, стали широко доступны.

Первый детектор движения, работающий как охранная сигнализация, был изобретен в начале 1950-х годов Сэмюэлем Баньо. Используя свои военные знания в области радаров, Баньо разработал устройство, которое использовало ультразвуковые волны и эффект Доплера для обнаружения движения в комнате.

Одним из первопроходцев в коммерческом производстве датчиков движения стала компания Honeywell, которая в 1960-х годах начала производить датчики, основанные на принципе пассивной инфракрасной технологии. Эти устройства использовали тепловые сигналы, испускаемые человеком, и были способны обнаруживать движения в пределах 5–15 метров.

В 70-е годы был создан инфракрасный датчик, принцип работы которого заключался в обнаружении изменений теплового (инфракрасного) излучения объектов.

Современные датчики движения работают по некоторым из тех же основных принципов, что и детектор движения Сэмюэля Баньо. Микроволновые и инфракрасные датчики по-прежнему обнаруживают движение по искажениям излучаемых ими частот. Отличие лишь в том, что современные датчики могут работать на основе ИИ, подключаются к смартфону, а также работают лучше, чем старые их аналоги.

Существует множество охранных систем. Они различаются принципом действия и характеристиками. Мне захотелось узнать больше об охранных системах, об их развитии, истории их использования, перспективах развития охранных систем.

В настоящее время наибольшее распространение получили следующие типы датчиков движения:

1. Инфракрасные датчики движения (ИК)
2. Ультразвуковые датчики движения (УЗ)
3. Микроволновые датчики движения (СВЧ)
4. Комбинированные датчики движения (СВЧ + инфракрасный)

Каждый из этих типов датчиков движения имеет свои сильные и слабые стороны и используется в различных ситуациях и условиях.

ИНФРАКРАСНЫЕ (ИК) ДАТЧИКИ ДВИЖЕНИЯ

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ

Принцип работы инфракрасных датчиков движения заключается в обнаружении изменений инфракрасного (теплового) излучения окружающих объектов.

Каждый объект имеющий температуру испускает инфракрасное излучение, которое через систему линз или специальных вогнутых сегментированных зеркал, попадает на расположенный внутри датчика движения чувствительный сенсор, регистрирующий это.



Основные недостатки ИКД движения.	Плюсы ИКД движения.
<ul style="list-style-type: none">- Возможность ложных срабатываний.- Снижена точность работы на улице.- Относительно небольшой диапазон рабочих температур- Не обнаруживает объекты облаченные/покрытые не пропускающими ИК - излучение материалами	<ul style="list-style-type: none">Возможность довольно точной регулировки дальности и угла обнаружения движущихся объектов- Удобен в использовании вне помещений- При работе абсолютно безопасны для здоровья человека или домашних питомцев

Области применения:

Системы безопасности, автоматическое освещение, домашняя автоматизация

УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ (УЗ) ДАТЧИКИ ДВИЖЕНИЯ

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАТЧИКА ДВИЖЕНИЯ

Принцип работы ультразвукового датчика движения заключается в исследовании окружающего пространства с помощью звуковых волн, частотой находящейся за пределами слышимости человеческим ухом – ультразвуком. При обнаружении изменения частоты отраженного сигнала, в следствии движения объектов, датчик запускается.



Области применения:

Системы безопасности, автоматизация зданий, промышленность, «Умные дома»

МИКРОВОЛНОВЫЕ (СВЧ) ДАТЧИКИ ДВИЖЕНИЯ.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ МИКРОВОЛНОВОГО ДАТЧИКА ДВИЖЕНИЯ.

Микроволновый датчик движения излучает высокочастотные электромагнитные волны (частота волн может быть различной в зависимости от производителя, обычно она составляет 5,8ГГц), которые отражаясь от окружающих объектов регистрируются сенсором и в случае обнаружения малейших изменений отраженных электромагнитных волн, микропроцессор устройства приводит в действие заложенную в него функцию.



Основные недостатки СВЧ датчиков движения.	Преимущества СВЧ датчиков движения.
--------------------------------------------	-------------------------------------

<ul style="list-style-type: none"> - Имеет более высокую стоимость - Возможность ложных срабатываний - СВЧ излучение небезопасно для здоровья человека 	<ul style="list-style-type: none"> - Датчик способен обнаруживать объекты за разнообразными диэлектрическими или слабо проводящими ток препятствиями - Микроволновый датчик движения способен реагировать на самые незначительные движения объекта - Датчик обладает более компактными размерами - Может иметь несколько независимых зон обнаружения.
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Области применения:

Автоматизация освещения в офисах и производственных помещениях, системы охранной сигнализации коммерческих объектов, управление климатическими системами в жилых домах.

КОМБИНИРОВАННЫЕ ДАТЧИКИ ДВИЖЕНИЯ СВЧ+ ИК-КРАСНЫЙ.

Принцип действия комбинированных датчиков движения СВЧ и инфракрасных (ИК) основан на параллельной работе нескольких независимых каналов. ИК-датчик фиксирует тепловое (инфракрасное) излучение объектов, которые попадают в его зону действия. Датчик представляет собой систему линз или специальных сегментированных зеркал, расположенных вокруг чувствительного сенсора (фотоэлемента). Когда инфракрасное излучение попадает на этот сенсор, датчик срабатывает.



СВЧ-датчики эффективны в крупных помещениях — складах, торговых залах, производственных цехах. Они способны «видеть» через неметаллические преграды (гипсокартон, стекло, тонкие стены), что полезно для скрытого монтажа.

Области применения:

Системы охранной сигнализации коммерческих объектов. СВЧ-датчики обнаруживают злоумышленников или несанкционированное движение в зонах с ограниченным доступом.

Автоматические двери, парковочные системы, автоматическое освещение

Принципы работы датчиков движения



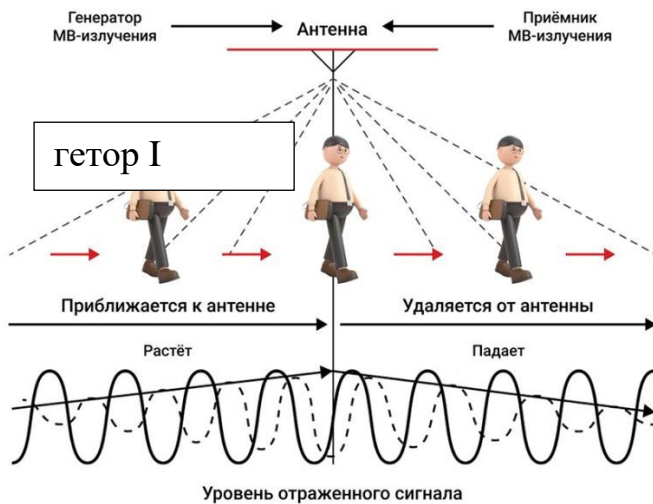
Объясняет интерференция.

Интерференция физическое явление, которое заключается в устойчивом перераспределении энергии в пространстве при наложении когерентных волн. Условия образования максимумов и минимумов в интерференционной картине электромагнитных волн зависят от разности хода двух волн, возбуждающих колебания в данной точке и изменение частоты отраженного сигнала из-за эффекта Доплера. Если источники волн не перемещаются, а возбуждаемые волны имеют одинаковую частоту и постоянную разность фаз (когерентные волны). Формируется устойчивая интерференционная картина. Если источники не когерентны, то во всех точках среды условия минимумов и максимумов начинают постоянно меняться, и устойчивая интерференционная картина сменяется хаотичным волновым процессом. Даже в случае когерентных волн в результате перемещения объектов, от которых отражаются волны, изменяется интерференционная картина, поскольку изменяется фаза отраженной волны и частота отраженной волны из-за эффекта Доплера.

Таким образом амплитуда результирующих волн зависит от разности фаз излучаемых и принимаемых волн т.е. $\Delta\phi=0$ следовательно $A=0$. Если $\Delta\phi\neq 0$, то амплитуда увеличивается (уменьшается) прибор фиксирует эти колебания.

2.2 Приемо-передающие модули

Приемо-передающий модуль СВЧ диапазона (микроволнового диапазона) — это электронное устройство, предназначенное для приема и передачи радиосигналов в сверхвысокочастотном диапазоне. Он сочетает в себе функции приёмника и передатчика, работающих на одной и той же частоте или в близких частотных диапазонах.



Анализирует принимающий сигнал, который получается в результате интерференции и изменение частоты отраженного сигнала в результате эффекта Доплера.

Результат интерференции.

Рассчитаем разность фаз колебаний падающей и отраженной волны.

$$\Delta\varphi = \omega t = 2\pi\nu t$$

ν — частота модуляции 24 ГГц.

$$x = c \cdot t ;$$

$t = x / c$, $x = 2l$, где $l = 8$ м — максимальное расстояние движущегося объекта.

$c = 3 \cdot 10^8$ м/с — скорость света.

$$\Delta\varphi = (2\pi\nu x) / c$$

$\Delta\varphi = (2\pi \cdot 24 \cdot 10^9 \cdot 16) / (3 \cdot 10^8) = 64\pi$ (рад) — разность фаз колебаний.

Для расчета изменения частоты отраженного сигнала от движущихся объектов при не подвижном датчике используется формула Доплера.

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - v/c}}{\sqrt{1 + v/c}}$$

ν - частота принимаемого излучателя.

ν_0 - частота излучения, когда источник и приемник

неподвижны. v - скорость объекта от которого отражается волна ($v > 0$ в случае приближения, $v < 0$ в случае удаления).

c - скорость света.

Принцип работы заключается в следующем:

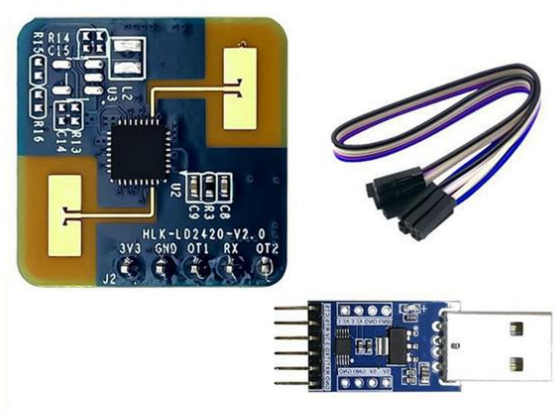
1. Микроволновый датчик непрерывно создаёт электромагнитные волны. Их частота может различаться в зависимости от технических характеристик конкретной модели.
2. Волны проходят контролируемую датчиком зону, проецируются на окружающее пространство и все находящиеся на этом участке предметы.
3. От находящихся в контролируемой зоне предметов происходит интерференция волн, которое и фиксируется устройством. Даже незначительные амплитуды и частоты колебания становятся стимулом для срабатывания заложенной функции.
4. Все принятые волны фиксируются сенсором и анализируются на предмет изменения сигнала. Если фиксируется несоответствие частоты, срабатывает звуковое либо световое исполнительное устройство.

Сканирование пространства происходит постоянно, весь период работы микроволнового датчика.

2.3 Практическая часть

Для сборки модуля потребуется высокопроизводительный радиолокационный модуль с частотой 24Г Гц, HLK-LD2420 и плата адаптера последовательного порта.

Приём передающие СВЧ-модули выполнены в виде корпусных устройств, внутри которых расположена радиоэлектронная ячейка с функциональной платой печатного типа.



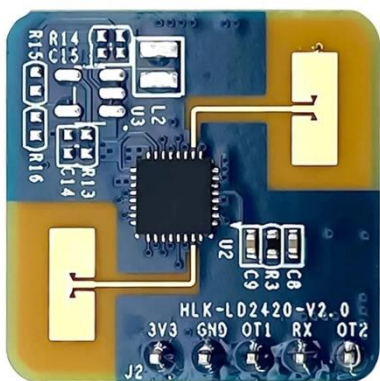
Что такое HLK-LD2420?

HLK-LD2420 — это высокопроизводительный радиолокационный модуль с частотой 24 ГГц и антеннами отправки и приёма. Его алгоритм распознавания человеческого тела использует миллиметровые волны.

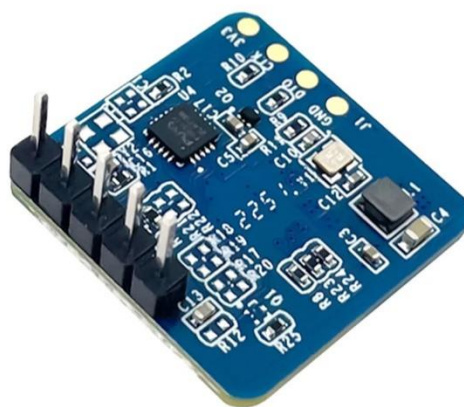
Технология радиолокационного измерения расстояния технология обработки сигнала чипа обеспечивают точное восприятие движения, микро движений и положения тела человека.

HLK-LD2420 в основном используется для обнаружения объектов внутри помещений, чтобы определить, есть ли в зоне движущееся или слегка движущееся человеческое тело, и обновить результаты обнаружения в режиме реального времени.

Максимальное расстояние срабатывания движущегося человеческого тела составляет 8 м. Диапазон расстояния срабатывания, чувствительность срабатывания в различных интервалах и время обновления можно легко настроить.



Вид спереди



Вид сзади

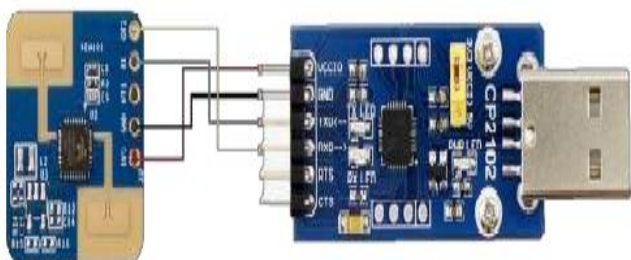
Плата адаптера последовательного порта.



Адаптер последовательного порта — это устройство, которое позволяет добавить к компьютеру или ноутбуку несколько последовательных портов. В качестве упрощённого примера типичный стандартный USB-последовательный адаптер состоит из микросхемы USB-процессора, которая обрабатывает USB-сигналы. USB-процессор отправляет обработанные USB-сигналы на микросхему последовательного драйвера, которая подаёт правильное напряжение и отправляет обработанные сигналы данных на последовательный выход.

Сборка модуля

Производится сборка купленных комплектующих изделий по инструкции к этим изделиям.



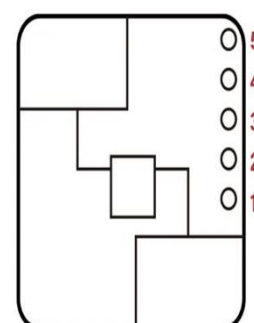
Описание контактов

	Функция	Напряжение
Земля	Заземление	
ДИО	Интерфейсный кабель передачи данных SWD	0-3,3В
КЛК	Вход питания линии синхронизации	0-3,3В
3V3	Кабель интерфейса SWD	3,0-3,6В

Тип интерфейса:

- 1.VCC,3.3V вход питания
- 2.GND,источник питания
- 3.OT1,индукционный выход высокий уровень
- 4.RX,TTL последовательный прием
- 5.OT2,TX,TTL последовательный порт

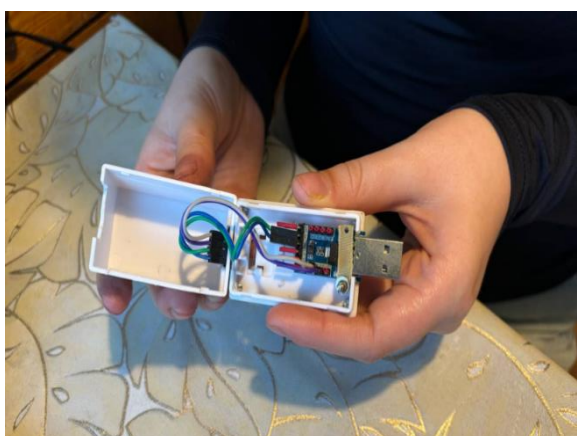
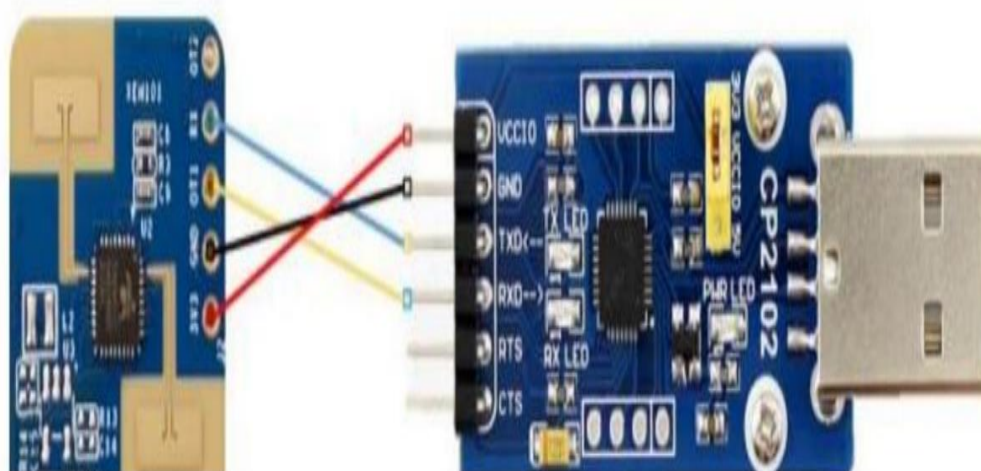
Конфигурация отладки



Соответствующее соотношение между контактами при подключении радара к плате адаптера последовательного порта USB

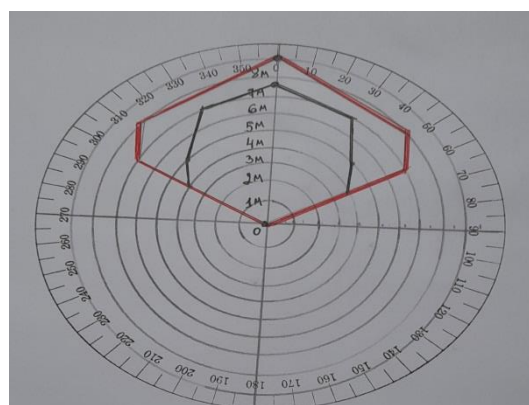
Радарный модуль	Плата адаптера
-----------------	----------------

PX	ТХД
O-T1	RxD
3V3	VCCIO
Земля	Земля

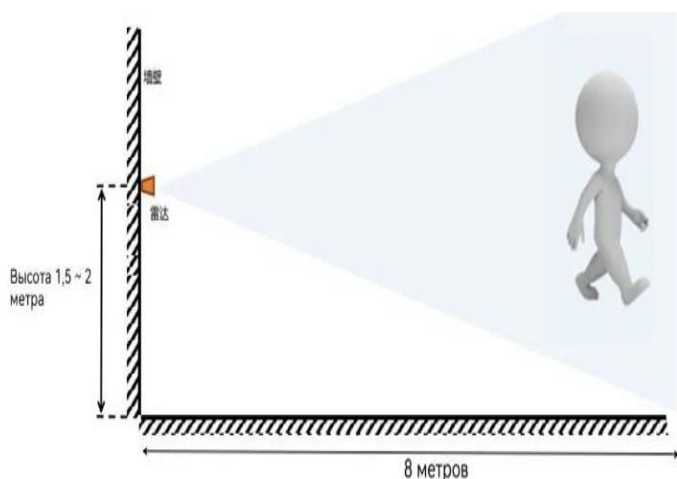


Подключение модуля.

На сайте изготовителя датчика я нашла программу обнаружения движения. Чтобы ноутбук мог обнаруживать и обрабатывать сигналы данных, установила драйвер.



Подключила USB к ноутбуку, работала согласно инструкции.



Большой угол обнаружения, диапазон покрытия до $\pm 60^\circ$, что бы защитить дом от постороннего проникновения нужно 6 модулей СВЧ- диапазона.

Сравнение цены

Я нашла датчик движения в интернет-магазине, его цена оказалась 1560 рублей.

Мой набор, состоящий из датчика обнаружения движения, USB- порта обошелся в 520 рублей.

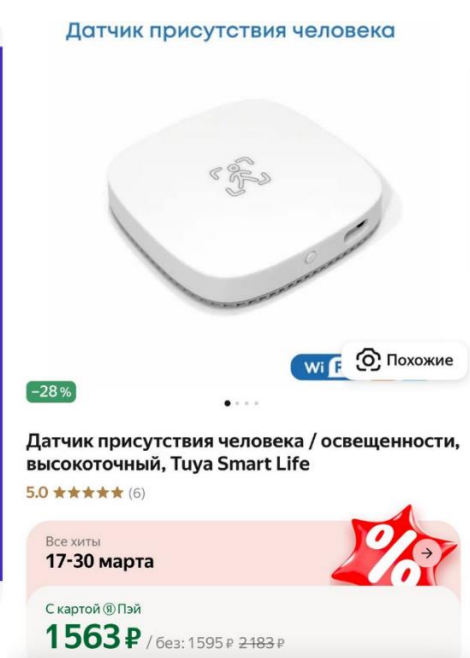


Таблица . Сравнительные данные по излучаемой мощности некоторых СВЧ-устройств

Параметр	СВЧ-печь	Сотовый телефон	Микроволновый ДД	Wi-Fi роутер в пределах 10 метров	Мой модуль
Мощность, Вт	1000	10	0.1	10	0,15
Частота, ГГц	2,45	1,82	6	2,45	24

Зная напряжение и силу тока, рассчитала мощность. $P=IU$

Напряжение 3В. Рабочий ток 50мА.

Где его можно применить.

Умный дом. Определяет присутствие и расстояние до человека и передает результаты обнаружения на главный модуль управления для интеллектуального управления работой бытовой техники.

Умный бизнес. Определяет приближение или удаление человека в пределах установленного диапазона расстояний; вовремя включает подсветку экрана и поддерживает включение устройства при присутствии человека.

Умная безопасность. Индукционный контроль доступа, домофон, электронный дверной звонок «кошачий глаз».

Умное освещение. Распознает и ощущает тело человека, точно определяет положение и может использоваться для осветительного оборудования в общественных местах (индукционные лампы).

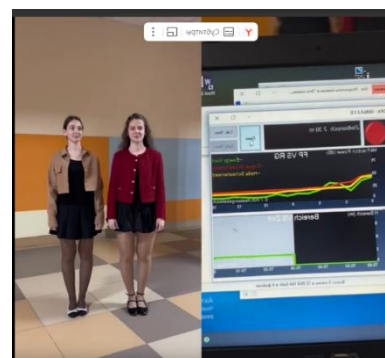
Провела исследования.

1. Два человека стоят на месте.

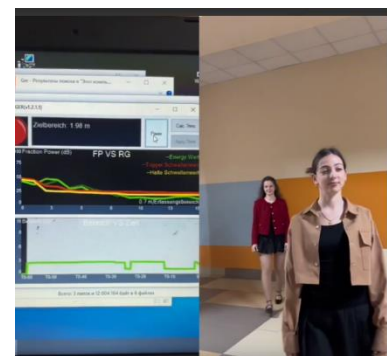
Зеленая линия показывает зависимость расстояния от времени.

Желтая линия – относительная мощность.

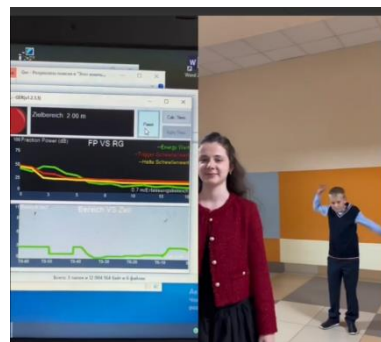
Красная линия показывает соотношение мощности и расстояния.



2. Происходит движение, регистрирует того, кто ближе.



3. Изменили высоту объекта и скорость движения.



Заключение

В настоящее время широкое распространение получила так называемая система «Умного дома», при которой каждая из его систем управляется своим контроллером и решает свои локальные задачи. Однако во все времена человек был в первую очередь заинтересован вопросами безопасности своего жилища и стремился сделать его максимально надежным и защищенным от разного рода угроз, исходящих, как от природы, так и от других людей.

В рамках данного проекта была успешно разработана и протестирована модель передающего модуля СВЧ диапазона, предназначенная для охраны дома.

В процессе выполнения проекта были изучены и оптимизированы ключевые компоненты передающего модуля. Таким образом, собранный передающий модуль СВЧ диапазона представляет собой перспективное решение для охраны и может быть использован в дальнейших разработках.

Моя цель и задачи были выполнены. Устройства из системы «Умный дом» достаточно популярны у потребителей уже сейчас, поскольку они позволяют повысить безопасность жилища и сократить расходы ЖКХ с помощью умных счетчиков. Экономический эффект от внедрения устройств «умных домов» за период до 2025 года может достичь 387 млрд рублей.



Библиографический список.

1. Мякишев Г.Я. Синяков А.З. Физика. Колебания и волны 11 класс. Профильный уровень. М. Дрофа. 2010.
2. Кашкаров А.П. Электронные системы охраны с пирозлектрическими датчиками и способы их нейтрализации. М.: ДМК Пресс, 2015. 96 с.
3. Кашкаров А.П. Микроволновые датчики движения для помещений. Обзор функционала и практические рекомендации. СОВРЕМЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА № 9 2022
4. В.А.Пронин, С.В. Слесарев, Приемно-передающие СВЧ модули o03_09_proninva_priemo_peredajuchie.pdf
5. Умный дом по-русски: комфорт против энергоэффективности [Электронный ресурс]. URL: <https://iot.ru/gorodskaya-sreda/umnyu-dom-po-russki-komfort-protiv-energoeffektivnosti> (дата обращения: 21.02.2018).
6. «Интернет вещей» (IoT) в России. Технология будущего, доступная уже сейчас // PricewaterhouseCoopers URL: https://www.pwc.ru/ru/publications/iot/IoT-inRussia-research_rus.pdf
7. Шэньчжэньская компания Hailingke Electronics Co., Ltd. Руководство пользователя HLK-LD2420
8. Микроволновые двухпозиционные средства охраны периметра. Современные технологии <https://algoritm.org/arch/arch.php?id=94&a=2299>

