

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
"ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ"
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

Факультет компьютерных наук
Кафедра информационных систем

Канал связи 433 МГц на базе Arduino
Отчет по учебной практике,
научно-исследовательской работе
09.03.02 Информационные системы и технологии
Информационные системы в телекоммуникациях
6 семестр 2022/2023 учебного года

Зав. кафедрой



к. т. н., доцент Д. Н. Борисов

Обучающийся



ст. 3 курса оч. отд. С. В. Долгих

Руководитель



к. т. н., доцент С. А. Зув

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 Постановка задачи.....	5
1.1 Цель работы.....	5
1.2 Структура работы.....	6
2 Радиосвязь.....	7
2.1 История и изобретение радио.....	7
2.2 Принцип работы радиосвязи.....	8
2.3 Радиоволны, частоты и частотные диапазоны.....	9
2.4 Каналы радиосвязи	11
3 Канал связи 433 МГц	13
3.1 Технические характеристики канала связи 433 МГц.....	13
3.2 Сравнение каналов связи 433 МГц и 2.4ГГц	14
4 Реализация канала связи 433 МГц на базе Arduino	16
4.1 Используемые компоненты.....	16
4.1.1 Arduino Nano.....	16
4.1.2 Arduino Uno	17
4.1.3 Радио модули 433 МГц.....	18
4.2 Схема подключения.....	21
4.3 Управление электромагнитным реле по каналу связи 433 МГц.....	23
4.4 Программирование микроконтроллера	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	26
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	27
Приложение А	28
Приложение Б.....	29

ВВЕДЕНИЕ

Общение – один из важнейших инструментов развития любого биологического вида, благодаря которому коллективный опыт становится достоянием каждого в отдельности. Жизнь в социальной группе повышает конкурентоспособность и выживаемость вида среди прочих. Если в животном мире для коммуникации применяются различные генетически заложенные способности, например, общение посредством запахов или эхоимпульсов, то человек, в основном, использует голос, изначально имеющий весьма ограниченное применение. В поисках превосходства люди всегда стремились вывести общение за рамки визуального контакта, изобретая все новые формы удаленной коммуникации.

Развитие радиосвязи повлекло за собой эволюцию жизнедеятельности человека. Новые фундаментальные исследования, изобретения и опытные разработки позволили уменьшить габариты приемников и передатчиков, объединив их в одно целое, использовать различные стандарты и протоколы передачи данных и голоса, встроить в устройства связи надежные системы управления и индикации. В итоге, по мере увеличения энергоэффективности передаваемого сигнала современные радиостанции преодолевают все большие расстояния.

Радиосвязь стала повсеместно внедряться в жизнь людей и машин. Оперативность и четкое взаимодействие при спасательных операциях, ведении боев, выполнении сложных работ позволяют значительно снижать финансовые затраты и повышать эффективность проводимых действий. Миллионы людей были спасены благодаря радиосвязи, не говоря о тех, кто с ее помощью создает и транслирует новую информацию в окружающий нас мир, работает, творит и может быть услышан теми, кому это действительно необходимо. В наше время по беспроводным сетям передается невероятное количество информации, и все это имеет одну основную цель – связь должна объединять социум.

В основе сегодняшней радиосвязи лежат современные принципы построения беспроводных сетей и технологии создания удовлетворяющих этим принципам устройств. С развитием электроники, прежде всего, расширился частотный спектр передачи информации, а за этим изменился подход к самой радиосвязи посредством совершенствования радиостанций.

Преимущество обычной радиосвязи перед мобильной, спутниковой и другими видами заключается, прежде всего, в отсутствии дополнительной инфраструктуры. Благодаря отсутствию в топологии лишних узлов - линий передач, любых дополнительных элементов, подверженных износу, за амортизацию которых необходимо платить дополнительно, а также финансовых затрат непосредственно на саму связь, радиосвязь остается самым доступным средством оперативной коммуникации. Государство активно регулирует данный сегмент, ограничивая использование частот с тем, чтобы не создавать помехи специализированным службам, а также содержать весь радиочастотный спектр в состоянии контролируемого порядка. Таким образом, появилось три открытых для пользователей частотных диапазонов:

- 27 МГц;
- 433 МГц;
- 446 МГц.

Радиостанции, работающие в этих диапазонах, не подлежат специальному лицензированию и могут свободно применяться на территории РФ в любительских и профессиональных целях.

1 Постановка задачи

Современный мир требует передачи данных на расстояние. Для этого используется различное оборудование, включая радиосвязь. Одним из самых распространенных каналов связи является радиосвязь на частоте 433 МГц, которая широко используется в различных сферах, таких как автоматизация дома, системы безопасности, телеметрия и другие.

Однако, для создания надежного и эффективного канала связи на базе радиосигналов необходимо учитывать множество факторов, таких как помехи, ограничения дальности передачи, безопасность передаваемой информации и другие.

1.1 Цель работы

Цель данной курсовой работы - изучить возможности и ограничения канала связи на частоте 433 МГц на базе Arduino, а также разработать прототип системы передачи данных на расстояние с использованием данного канала связи.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- изучить основные принципы работы канала связи на частоте 433 МГц на базе Arduino;
- изучить принципы передачи данных по беспроводным каналам связи;
- рассмотреть возможности и ограничения данного канала связи;
- разработать прототип системы передачи данных на расстояние с использованием канала связи на базе Arduino и частоте 433 МГц;
- провести экспериментальные исследования полученного прототипа и оценить его эффективность.

1.2 Структура работы

Данная курсовая работа состоит из четырех глав.

В первой главе проводится постановка задачи, определение целей и структура работы.

Во второй главе рассматривается радиосвязь, ее основные принципы работы и применение в различных областях. Также рассматриваются основные характеристики радиосвязи, такие как дальность передачи, скорость передачи данных, помехозащищенность и другие.

В третьей главе рассматривается канал связи на частоте 433 МГц. Описываются его технические характеристики и сравнение с каналом связи 2,4ГГц

В четвертой главе описывается проектирование канала связи 433 МГц на базе Arduino. Описываются этапы проектирования, включая выбор компонентов, сборку системы, программирование микроконтроллера и тестирование полученного прототипа.

В заключении проводится общий анализ полученных результатов и выводы о возможностях и ограничениях использования канала связи на частоте 433 МГц на базе Arduino для передачи данных на расстояние. Также рассматриваются перспективы развития данной технологии и ее возможное применение в будущем.

2 Радиосвязь

Радиосвязь – это передача информации по радиоволнам между устройствами, находящимися на расстоянии друг от друга. Она широко применяется в нашей жизни и используется в различных областях, таких как телекоммуникации, безопасность, транспорт и многие другие.

Одним из основных применений радиосвязи являются беспроводные сети. Например, Wi-Fi используется для доступа к интернету в домашних и офисных сетях, а Bluetooth – для подключения различных устройств, таких как наушники, клавиатуры и мыши. Также радиосвязь используется в системах управления и контроля, например, в умном доме или системах безопасности.

Одной из главных целей радиосвязи является обеспечение связи на больших расстояниях без необходимости проводной связи. Это особенно важно в тех случаях, когда проводная связь невозможна или неэффективна. Например, в транспортных системах радиосвязь используется для связи между поездами и диспетчерским центром.

Однако, радиосвязь также имеет свои проблемы и ограничения. Одной из основных проблем является помеха от других устройств, работающих на той же частоте. Это может привести к снижению качества связи или полной потере связи. Кроме того, радиоволны могут быть перехвачены или заменены злоумышленниками, что создает риск для безопасности информации.

В целом, радиосвязь играет важную роль в нашей жизни и используется во многих областях. Однако, ее использование требует внимательного подхода и соблюдения соответствующих правил и мер безопасности.

2.1 История и изобретение радио

Попытки осуществить радиосвязь предпринимал ещё Т. А. Эдисон в 80-е гг. 19 в., до открытия в 1888 электромагнитных волн Г. Герцем; хотя работы Эдисона не имели практического успеха, они способствовали появлению

других работ, направленных на реализацию идеи беспроводной связи. Герцем был создан искровой излучатель электромагнитных волн, который (с последующими различными усовершенствованиями) в течение нескольких десятилетий оставался наиболее распространённым в радиосвязи видом радиопередатчика.

Возможность и основные принципы радиосвязи были подробно описаны У. Круксом в 1892, но в то время ещё не предвиделось скорой реализации этих принципов. Развитие радиосвязи началось после того, как в 1895 А. С. Поповым, а годом позже Г. Маркони были созданы чувствительные приёмники, вполне пригодные для осуществления сигнализации без проводов, т. е. для радиосвязи.

Первая публичная демонстрация Поповым работы созданной им радиоаппаратуры и беспроводной передачи сигналов с её помощью состоялась 7 мая 1895, что даёт основание считать эту дату фактическим днём появления Радиосвязи.

Радиоприёмник Попова не только оказался пригодным для радиосвязи, но и (с некоторыми дополнительными узлами) был впервые успешно применен им в том же 1895 для автоматической записи грозовых разрядов, чем было положено начало радиометеорологии. В странах Западной Европы и США была развёрнута активная деятельность по использованию радиосвязи в коммерческих целях. Маркони в 1897 зарегистрировал в Англии Компанию беспроводного телеграфирования и сигнализации, в 1899 основал Американскую компанию беспроводной и телеграфной связи, а в 1900 - Международную компанию морской связи.

2.2 Принцип работы радиосвязи

Для осуществления радиосвязи в пункте, из которого ведётся передача сообщений, размещают радиопередающее устройство, содержащее радиопередатчик и передающую антенну, а в пункте, в котором ведётся приём

сообщений, - радиоприёмное устройство, содержащее приёмную антенну и радиоприёмник. Генерируемые в передатчике гармонические колебания с несущей частотой, принадлежащей какому-либо диапазону радиочастот, подвергаются модуляции в соответствии с передаваемым сообщением.

Модулированные радиочастотные колебания представляют собой радиосигнал. От передатчика радиосигнал поступает в передающую антенну, посредством которой в окружающем антенну пространстве возбуждаются соответственно модулированные электромагнитные волны. Распространяясь, радиоволны достигают приёмной антенны и возбуждают в ней электрические колебания, которые поступают далее в радиоприёмник.

Принятый таким образом радиосигнал очень слаб, так как в приёмную антенну попадает лишь ничтожная часть излученной энергии. Поэтому радиосигнал в радиоприёмнике поступает в электронный усилитель, после чего он подвергается демодуляции, или детектированию; в результате выделяется сигнал, аналогичный сигналу, которым были модулированы колебания с несущей частотой в радиопередатчике. Далее этот сигнал преобразуется при помощи соответствующего воспроизводящего устройства в сообщение, адекватное исходному.

2.3 Радиоволны, частоты и частотные диапазоны

Электромагнитные волны определенного спектра называются радиоволнами или волнами Герца и имеют свойства распространяться через открытое пространство вокруг нас, без использования искусственных направляющих – проводов, волноводов и так далее.

Это принципиальное отличие радиоволн от, например, света, свет так же представляет собой электромагнитные волны и применяется в оптической связи. Но свет не проходит сквозь туман, стены зданий и другие препятствия в отличие от радиоволн.

Границы спектров электромагнитных волн определяются длинами волн, либо количеством волн, проходящим через данную точку за 1 секунду – частотами.

Таблица 1 – Диапазоны частот

Наименование диапазона		Границы диапазона		Термины
Радиоволн	Частот	Радиоволн	Частот	
КМВ Километровые	Низкие частоты (НЧ) LF	10-1 км	30-300 кГц	СДВ, ДВ
ГКМВ Гектометровые	Средние частоты (СЧ) VF	1000-100 м	0,3-3 МГц	СВ
ДКМВ Декаметровые	Высокие частоты (ВЧ) HF	100-10 м	3-30 МГц	КВ
МВ Метровые	Очень высокие частоты (ОВЧ) VHF	10-1 м	30-300 МГц	УКВ
ДЦМВ Дециметровые	Ультравысокие частоты (УВЧ) UHF	10-1 дм	0,3-3 ГГц	УКВ
СМВ Сантиметровые	Сверхвысокие частоты (СВЧ) SHF	10-1 см	3-30 ГГц	УКВ
ММВ Миллиметровые	Крайне высокие частоты (КВЧ) EHF	10-1 мм	30-300 ГГц	УКВ

Сверхдлинные волны (СДВ) – радиоволны с длиной волны свыше 10 км. Они легко огибают Землю, слабо поглощаются земной поверхностью, проникают вглубь морской воды, хорошо отражаются от ионосферы.

Длинные волны (ДВ) – это электромагнитные волны длиннее 1000 м. Они сравнительно хорошо огибают земную поверхность за счет явления дифракции радиоволн. По мере удлинения волны уменьшаются потери энергии в почве (воде) и улучшаются условия отражения радиоволн от ионосферы, что приводит к увеличению дальности действия радиостанции. При расстоянии менее 100 км до передатчиков длинных волн преобладают сигналы, распространяющиеся вдоль земной поверхности, а на больших расстояниях решающую роль играют сигналы, отраженные от ионосферы.

Средние волны (СВ) – это электромагнитные волны длиной от 1000 до 100 м, что соответствует частотам 300 - 3000 КГц. Энергия средних волн очень сильно поглощается в почве и морской воде (с уменьшением длины волны поглощение увеличивается).

Короткие волны (КВ) – это электромагнитные волны длиной от 100 до 10 м, что соответствует частоте колебаний от 3 МГц до 30 МГц. Основной особенностью распространения коротких волн является их способность отражаться от ионосферы при сравнительно небольших потерях. Отраженная от ионосферы волна, на больших отдалениях от передатчика возвращается на землю, что и позволяет установить радиосвязь между точками, закрытыми друг от друга выпуклостью земного шара.

Ультракороткие волны (УКВ) – это радиоволны короче 10м, что соответствует электромагнитным колебаниям с частотой более 30 МГц. УКВ в обычных условиях не отражаются от ионосферы. Прямые волны, распространяющиеся вблизи поверхности земли, сильно ею поглощаются. Диапазон УКВ принято разбивать на: метровые, дециметровые, сантиметровые и миллиметровые.

2.4 Каналы радиосвязи

Каналы радиосвязи могут быть соединены между собой, путем:

- распространения радиоволн вдоль земной поверхности с огибанием ее (так называемые земные или поверхностные волны – КМВ, ГКМВ);
- распространения радиоволн в пределах прямой видимости (прямые волны – профессиональная и любительская УКВ радиосвязь);
- отражения радиоволн от ионосферы (ионосферные волны – ДКМВ, ГКВМ);
- распространения радиоволн в тропосфере (тропосферные волны – УКВ);
- отражения радиоволн от метеорных следов (УКВ радиоволны);
- отражения от искусственных спутников Земли (спутниковая связь – СМВ и ММВ).

Таким образом для каждого вида радиосвязи применим свой диапазон частот, который за счет своих свойств позволяет получить эффективную связь.

В России для гражданской радиосвязи выделены три диапазона частот:

- 27 МГц (CB, Citizen Band), с разрешённой выходной мощностью передатчика до 10 Вт;
- 433 МГц (LPD, Low Power Device), выделено 69 каналов для носимых радиостанций с выходной мощностью передатчика не более 0,01 Вт;
- 446 МГц (PMR, Personal Mobile Radio), выделено 8 каналов для носимых радиостанций с выходной мощностью передатчика не более 0,5 Вт.

Для использования в радиосвязи всех остальных частот на территории РФ необходимо получать разрешение Роскомнадзора.

3 Канал связи 433 МГц

Канал связи на частоте 433 МГц является одним из наиболее распространенных каналов для беспроводной связи в различных областях, таких как домашняя автоматизация, системы безопасности, телеметрия и другие.

3.1 Технические характеристики канала связи 433 МГц

Характеристики канала связи на частоте 433 МГц:

- Частотный диапазон: 433,05-434,79 МГц;
- Мощность передатчика: до 25 мВт;
- Дальность связи: до 1000 метров в открытом пространстве;
- Тип модуляции: ASK (Amplitude Shift Keying);
- Протоколы связи: различные, включая протоколы с открытым исходным кодом, такие как LoRa и Zigbee.

Преимущества канала связи на частоте 433 МГц:

- Низкая стоимость оборудования и компонентов;
- Низкое потребление энергии;
- Высокая дальность связи;
- Широкое распространение и поддержка со стороны производителей оборудования.

Недостатки канала связи на частоте 433 МГц:

- Ограниченная пропускная способность;
- Возможность помех от других устройств, работающих на этой же частоте;
- Невысокая степень защиты от перехвата и вмешательства в сигнал.

Применение канала связи на частоте 433 МГц:

- Домашняя автоматизация: управление освещением, кондиционерами, дверными замками и другими устройствами;
- Системы безопасности: передача сигналов тревоги, контроль доступа, видеонаблюдение;
- Телеметрия: сбор данных о погоде, состоянии окружающей среды, уровне жидкостей и т.д.;
- Другие области, где требуется беспроводная связь на небольших расстояниях.

3.2 Сравнение каналов связи 433 МГц и 2.4 ГГц

Радиосвязь на частоте 433 МГц и 2,4 ГГц имеют свои особенности и применяются в различных областях.

Характеристики канала связи на частоте 2,4 ГГц:

- Частотный диапазон: 2,4-2,4835 ГГц;
- Мощность передатчика: до 100 мВт;
- Дальность связи: до 100 метров в помещении, до 400 метров в открытом пространстве;
- Тип модуляции: FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) или DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum);
- Протоколы связи: различные, включая Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee и другие.

Преимущества радиосвязи на частоте 2,4 ГГц:

- Высокая пропускная способность;
- Широкое распространение и поддержка со стороны производителей оборудования;
- Высокая степень защиты от перехвата и вмешательства в сигнал.

Недостатки радиосвязи на частоте 2,4 ГГц:

- Высокое потребление энергии;

- Ограниченная дальность связи;
- Возможность помех от других устройств, работающих на этой же частоте.

Применение радиосвязи на частоте 2,4 ГГц:

- Беспроводные сети: Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee и другие;
- Беспроводные периферийные устройства: мыши, клавиатуры, наушники и т.д.;
- Системы управления и контроля: умный дом, системы безопасности и т.д.

Частота 433 МГц и 2,4 ГГц имеют свои преимущества и недостатки и выбор зависит от конкретной задачи. Если требуется высокая дальность связи и низкое потребление энергии, то лучше выбрать частоту 433 МГц. Если же требуется высокая пропускная способность и большая степень защиты от перехвата, то лучше выбрать частоту 2,4 ГГц.

4 Реализация канала связи 433 МГц на базе Arduino

4.1 Используемые компоненты

Для проектирования канала связи 433 МГц на базе Arduino необходимо две отладочных платы. Для передатчика использовалась плата Arduino Nano, для приемника – Arduino Uno.

4.1.1 Arduino Nano

Arduino Nano – одна из самых популярных моделей плат семейства Ардуино. Построена на базе 8-битного микроконтроллера ATmega328p семейства AVR – довольно старом, но хорошо сбалансированном по характеристикам и комфортном в освоении и программировании.

Таблица 2 – Характеристики Arduino Nano (ATmega328p)

Напряжение питания МК	~3...5V (от 1.5V при пониженной частоте)
Питание через стабилизатор	7.. 15V
Макс. ток с пина	40 mA
Мак. суммарный ток с пинов	200 mA
Ток потребления	От ~5 мкА до ~20 мА
Частота процессора	16 MHz
Flash память (программа)	32 кБ
SRAM память (оперативная)	2 кБ
EEPROM память	1 кБ
Цифровые пины	20
Аналоговые пины	8
Аппаратные ШИМ пины	6
Аппаратные интерфейсы	SPI, I2C, UART



Рисунок 1 – Arduino Nano

4.1.2 Arduino Uno

Arduino Uno – это базовая версия платы микроконтроллеров. С ней очень удобно работать благодаря тому, что пины распаяны однорядными коннекторами типа «мама». Контроллер платы построен на ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ), 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъем USB, силовой разъем, разъем ICSP и кнопку перезагрузки. Технические характеристики Arduino Uno в целом схожи с Arduino Nano.

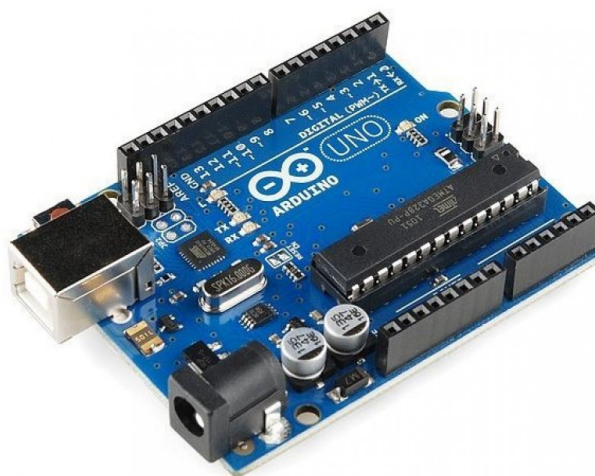


Рисунок 2 – Arduino Uno

4.1.3 Радио модули 433 МГц

Радио модули с частотой 433 MHz – самый простой способ организовать беспроводной канал связи на базе Arduino. Их главные преимущества над другими способами:

- Неприхотливы к питанию
- Потребляют небольшой ток
- Занимают один пин микроконтроллера
- Низкая стоимость
- Выше дальность связи при той же мощности
- Более высокая проникающая способность

Также на этой частоте работают пульты управления (брелоки) радиореле и шлагбаумов, что позволяет перехватывать их команды и подменять при желании.

Модулей данного типа на китайских площадках существует несколько, продаются они парой (передатчик TX и приёмник RX), либо по отдельности.

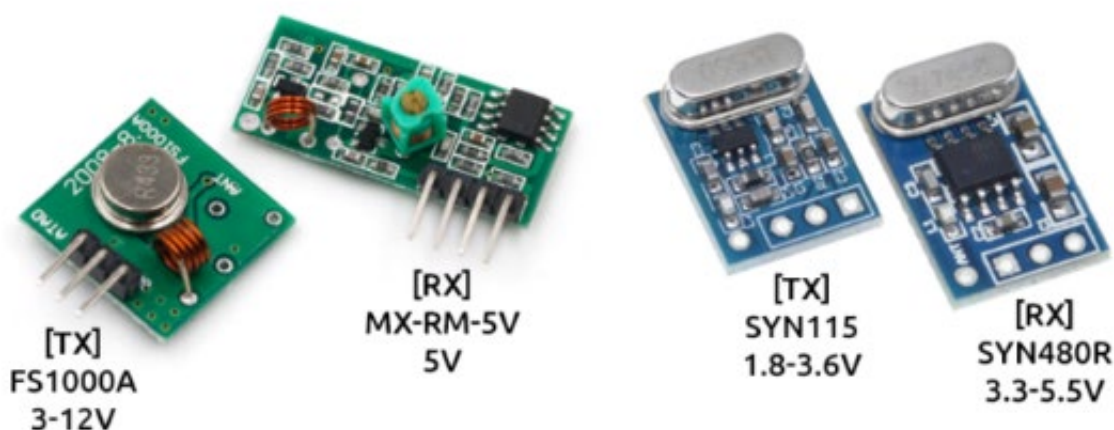


Рисунок 3 – Радио модули 433 МГц

В данной работе будут использоваться модули радиопередатчика типа FS1000A и приемника типа MX-RM-5V. Они оказались доступными и удобными к подключению, за счет выведенных ножек выходов.

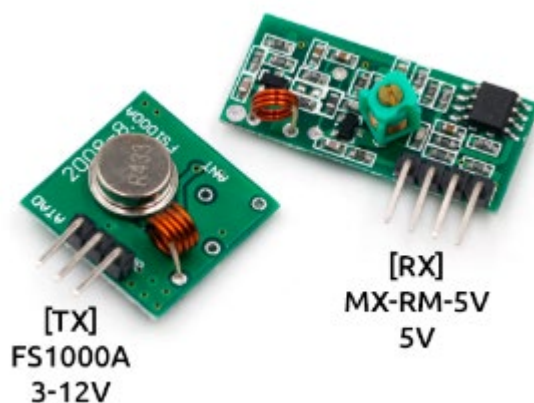


Рисунок 4 – Модули радиопередатчика типа FS1000A и приемника типа MX-RM-5V

Передатчик FS1000A представляет собой простейший генератор на основе ПАВ-резонатора на 433 МГц. Генератор собран на транзисторе Q1 (Рисунок 5), а транзистор Q2 (Рисунок 5), на базу которого подаются цифровые данные – просто ключ, который подключает генератор к питанию (к шине GND) при наличии высокого уровня (логической единицы) на входе.

Передатчик имеет четыре контакта:

- Питание;
- Земля;
- Цифровой вход;
- Антенна.

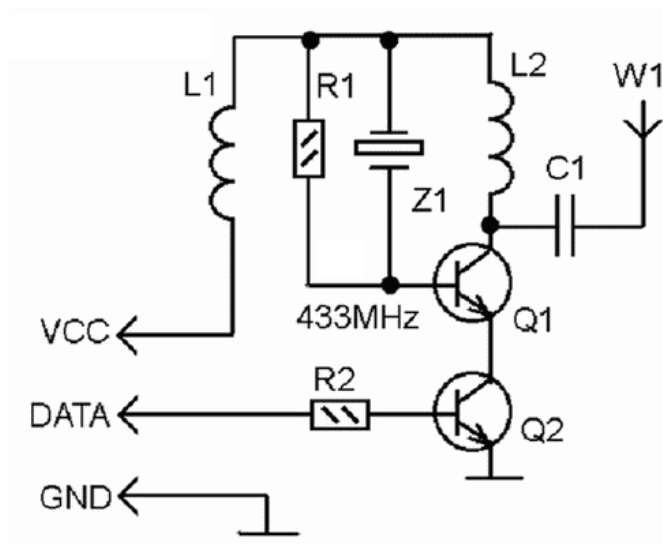


Рисунок 5 – Схема радиопередатчика FS1000A

Таблица 3 – Технические характеристики передатчика FS1000A

Напряжение питания	3~12 В
Несущая частота	433МГц
Потребляемый ток	передача 12 мА, холостой 10 мкА
Выходная мощность	32 мВт

Приемник MX-RM-5V относится к классу сверхрегенеративных. Он реагирует на любую электромагнитную энергию, которая попадает в полосу приема. На выходе радио модуля расположен компаратор, который в зависимости от полученных подает на контакт Data логическую единицу или ноль.

Приемник имеет более сложную схему. Она должна принять и усилить высокочастотный сигнал, отфильтровать частоту 433 МГц, выделить всплески и преобразовать их в логические уровни. Модуль имеет подстроечный дроссель (в центре платы), но его можно регулировать только точными приборами для измерения амплитудно-частотной характеристики.

Приемник имеет пять контактов:

- Питание;
- Земля;

- Цифровой выход (дублируется на два контакта);
- Антенна.

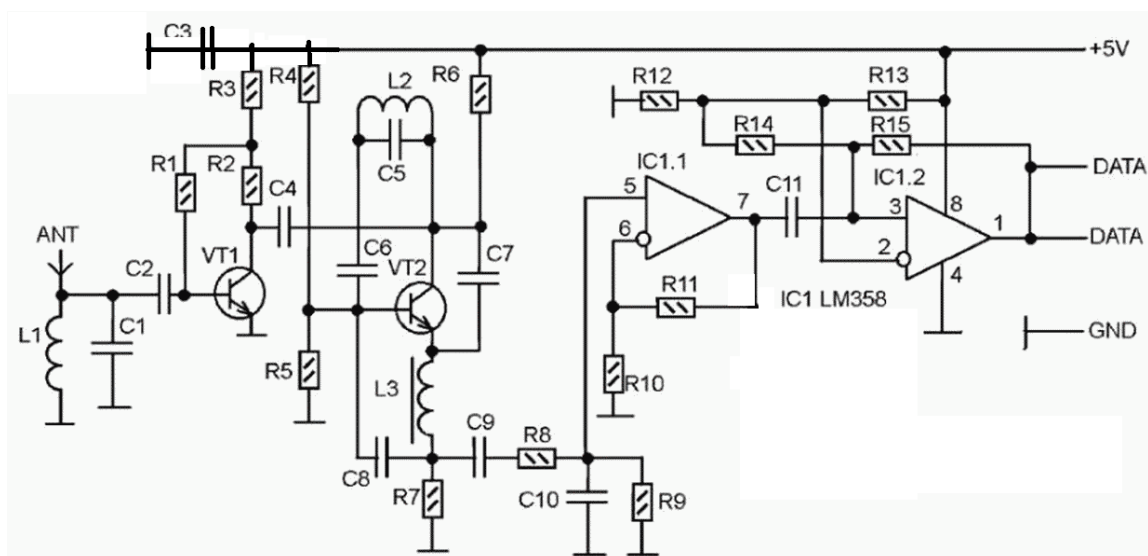


Рисунок 6 – Схема радиоприемника MX-RM-5V

Таблица 4 – Технические характеристики приемника MX-RM-5V

Напряжение питания	5 В
Несущая частота	433 МГц
Потребляемый ток	4,5 мА
Чувствительность	От -106 до -110 дБм

4.2 Схема подключения

Подключение приемника и передатчика довольно простое. Модули подключаются к питанию и Data – на любой цифровой пин.

Передатчик FS1000A подключается тремя соединительными проводами типа «мама-папа» в необходимые пины макетной платы, в которую заранее подсоединена Arduino Nano, согласно схеме (Рисунок 7).

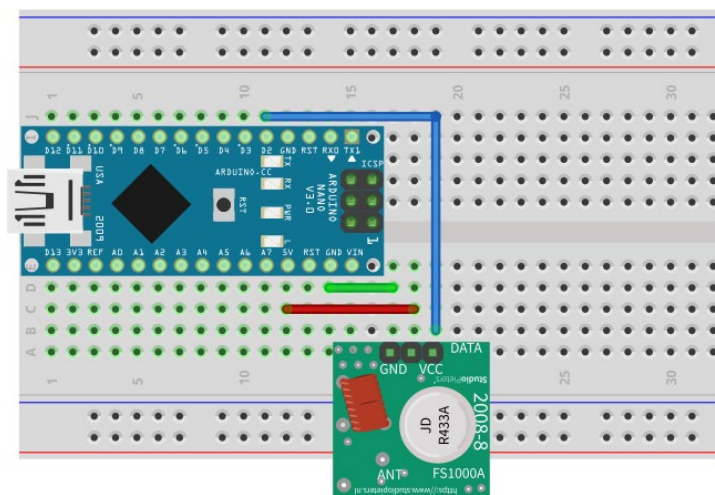


Рисунок 7 – Схема подключения передатчика к Arduino Nano

Приемник MX-RM-5V подключается тремя соединительными проводами типа «мама-папа» в необходимые пины платы Arduino Uno, согласно схеме (Рисунок 8).

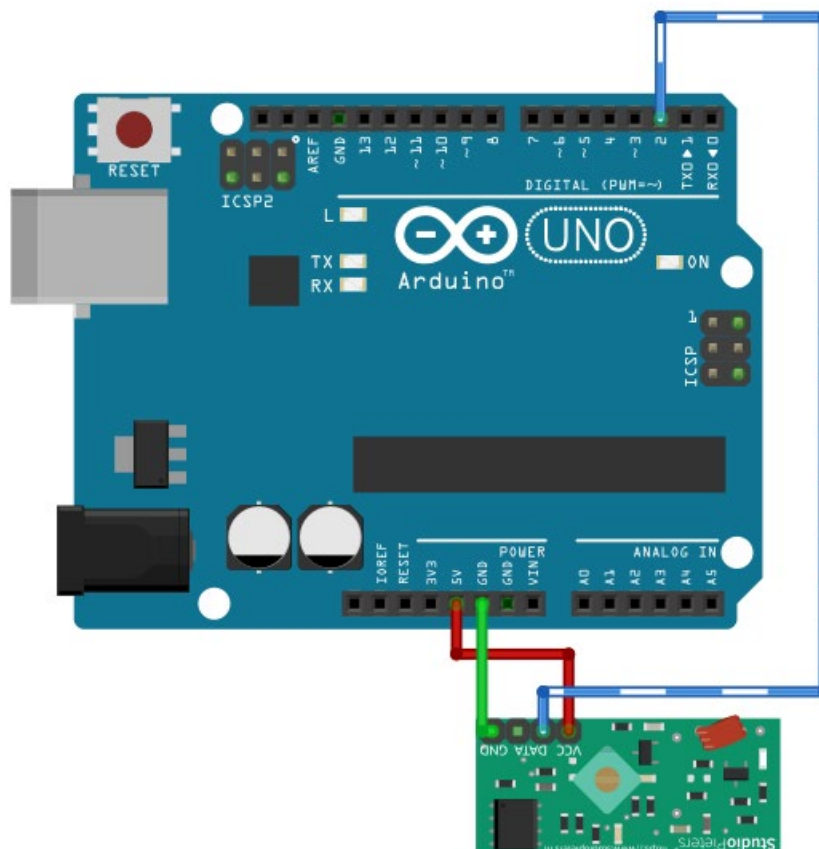


Рисунок 8 – Схема подключения приемника к Arduino Uno

Также к каждому модулю желательно припаять антенну – штырь длиной $\frac{1}{4}$ длины волны – 17,3 см. Ее можно сделать из одножильного провода с сечением 0,5 – 0,75 мм². Для улучшения качества и дальности связи рекомендуется оставлять антенну прямой, не скручивать в спираль и при работе канала связи держать антенны параллельно.

4.3 Управление электромагнитным реле по каналу связи 433 МГц

Для наглядного примера работоспособности канала связи было принято реализовать управление электромагнитным реле с кнопки. Для этого к Arduino передатчика необходимо подключить обычную кнопку с одиночным нажатием (Рисунок 9), а к Arduino приемника реле (Рисунок 10).

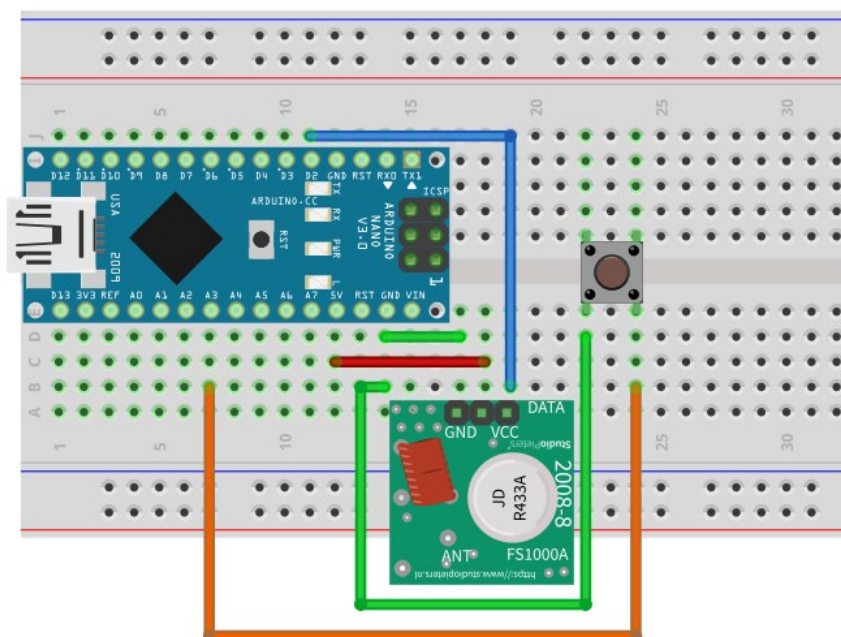


Рисунок 9 – Схема подключения кнопки к макетной плате с Arduino Nano и передатчиком 433 МГц

Кнопка подключается одной ножкой к любому аналоговому пину, а второй к пину GND, при условии выбора режима работы аналогового пина INPUT_PULLUP.

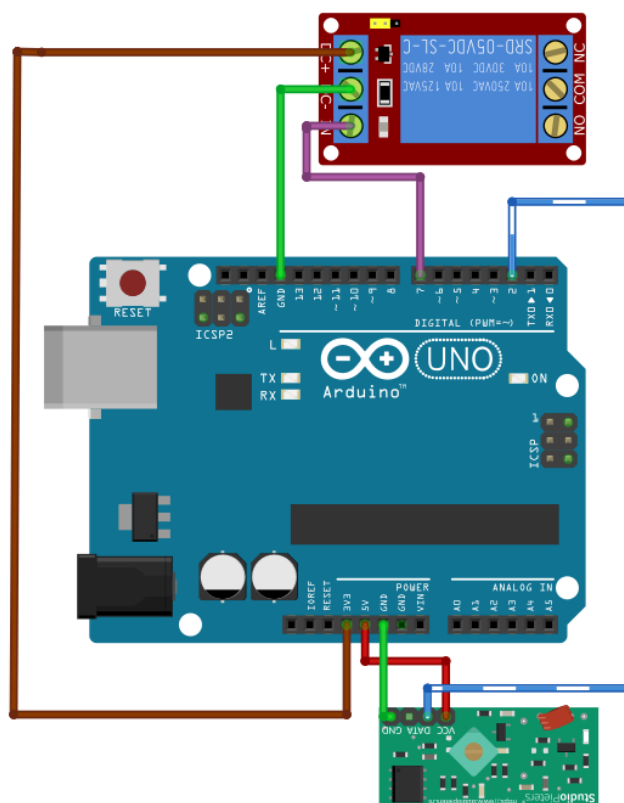


Рисунок 10 – Схема подключения электромагнитного реле к Arduino Uno с приемником 433МГц

У электромагнитного реле три контакта для подключения – питание, земля и логический управляющий сигнал, соединяем с платой Arduino согласно схеме.

Принцип работы довольно простой. Изначально устройство, подключенное к реле – включено, например это могут быть бытовые приборы, электродвигатели ворот, насосов и т.д. С помощью кнопки на передающей Arduino будет возможность отключать их, за счёт размыкания контактов реле. И в последующем, при необходимости по нажатию кнопки можно обратно замкнуть контакты реле и тем самым включить устройство.

Дальность связи модулей, вычисленная практическим путем, составляет 30 м в замкнутом пространстве.

4.4 Программирование микроконтроллера

Для модулей радиопередатчика типа FS1000A и приемника типа MX-RM-5V можно использовать библиотеки:

- VirtualWire – устаревшая библиотека для передачи данных при помощи радио модулей
- RadioHead – “обновлённая” VirtualWire, поддерживает некоторые протоколы пультов и может передавать пользовательские данные
- RCSwitch – библиотека поддерживает работу со стандартными пультами.
- Gyver433 – библиотека для удобной передачи любых данных по своему протоколу

В данной работе предлагается использовать Gyver433 как наиболее простую для понимания, также она работает даже с “плохими” китайскими модулями. Библиотека позволяет отправлять данные любого типа (массив, структура) любой длины, что охватывает все возможные сценарии работы с радио. У нее имеется:

- Встроенный CRC контроль целостности
- Ускоренный алгоритм IO для AVR Arduino
- Асинхронный приём в прерывании

Ознакомится с кодом программы для передатчика можно в Приложении А, для приемника в Приложении Б

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной курсовой работе была рассмотрена тема радиосвязи и ее применение в передаче данных на расстояние. Особое внимание было уделено каналу связи на частоте 433 МГц, который является одним из самых распространенных в мире. Были рассмотрены основные принципы работы канала связи на базе Arduino, а также его преимущества и недостатки.

Одним из главных преимуществ использования канала связи на базе Arduino является его низкая стоимость и простота в использовании. С помощью Arduino можно создать недорогое и эффективное решение для передачи данных на расстояние до нескольких сотен метров. Однако, при использовании радиосвязи необходимо учитывать ее ограничения и проблемы, такие как помехи и риск безопасности информации.

Одной из основных проблем радиосвязи являются помехи, которые могут возникнуть в результате воздействия различных факторов, например, других радиосигналов или электромагнитных полей. Для уменьшения влияния помех на канал связи необходимо использовать специальные фильтры и антенны.

Кроме того, при использовании радиосвязи необходимо учитывать риск безопасности информации. Радиосигналы могут быть перехвачены злоумышленниками, что может привести к утечке конфиденциальной информации. Для защиты от таких угроз необходимо использовать шифрование данных и другие методы защиты информации.

В заключение можно отметить, что радиосвязь является важной и широко применяемой технологией в нашей жизни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Головин О. В., Чистяков Н. И., Шварц В., Хардон Агиляр И. Радиосвязь: учебник / О. В. Головин, Н. И. Чистяков, В. Шварц, И. Хардон Агиляр; под ред. проф. О. В. Головина. – 2-е изд. – М.: Горячая линия - Телеком, 2003. – 288 с.
2. Финк Л. М. Сигналы, помехи, ошибки... / Л. М. Финк – М.: Связь, 1978. – 272 с.
3. Иванов Шишков А. Первые шаги в радиоэлектронике / А. Иванов Шишков – София, Болгария: Государственная типография Г. Димитров, 1986. – 174 с.
4. Верховцев О. Г., Лютов К. П. Практические советы мастеру-любителю: Электроника. Электротехника. Материалы и их применение. / О. Г. Верховцев, К. П. Лютов. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербург. отд-ние, 1991. – 272 с.
5. Чистяков Н. И. Радиоприемные устройства / Н. И. Чистяков. – М.: Современное радио, 1978. – 152 с.
6. Андреев В. А. Усилительные устройства: учеб. пособие для вузов по направлению "Радиосвязь, радиовещание и телевидение" и спец. "Телекоммуникация" / В. А. Андреев [и др.]; под ред. О.В. Головина. – М.: Радио и связь, 1993. – 352 с.
7. Розов А. К. Алгоритмы последовательного обнаружения сигналов / А. К. Розов. – СПб.: Политехника, 1992. - 234 с.
8. Борисов В. Г. Юный радиолюбитель / В. Г. Борисов. – 8-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1992. – 416 с.

Приложение А

Программный код передатчика 433 МГц на базе Arduino

```
// обмен данными без CRC
// принимает raw_rx
// #define G433_SPEED 1000 // скорость 100-10000
// бит/с, по умолч. 2000 бит/с
#include <Gyver433.h>
Gyver433_TX<2, G433_NOCRC> tx; // передатчик подключен
// ко второму пину
void setup() {
    pinMode(A3, INPUT_PULLUP); // кнопка подключена к
    // третьему аналоговому пину
    Serial.begin(9600); // монитор порта
}
char btn[] = "266325"; // переменная кода кнопки
unsigned long last_press; // для задержки нажатия
// кнопки
void loop() {
    boolean button = !digitalRead(A3); // переменная
    // кнопки
    if (button && millis() - last_press > 100) {
        tx.write((byte*)btn, sizeof(btn)); // отправка
        // данных
        Serial.write((byte*)btn, sizeof(btn)); // запись
        // нажатия кнопки в порт
        Serial.println();
        last_press = millis();
    }
}
```

Приложение Б

Программный код приемника 433 МГц на базе Arduino

```
// обмен данными без CRC
// отправляет raw_tx
// принимаем без прерывания
// #define G433_SPEED 1000 // скорость 100-10000
// бит/с, по умолч. 2000 бит/с
#include <Gyver433.h>
#define rele 7 // реле подключено к 7 пину
Gyver433_RX<2, 20, G433_NOCRC> rx; // приемник
// подключен ко второму пину, буфер 20 байт
void setup() {
    pinMode(rele, OUTPUT);
    digitalWrite(rele, HIGH); // по умолчанию на реле
    // подается питание
    Serial.begin(9600); // монитор порта
}
boolean butt_flag = 1; // переменная для сохранения
// значения кнопки
void loop() {
    if (rx.tick()) {
        char btn[7]; // переменная для принятия кода кнопки
        if (rx.readData(btn)) {
            Serial.println(btn); // выводим код кнопки в порт
            int i = 1;
            if (butt_flag == 0 && i == 1) {
                butt_flag = 1;
                digitalWrite(rele, HIGH); // подаем питание на
                // реле
            }
        }
    }
}
```

```

        Serial.println("HIGH"); // выводим состояние
реле в порт
        i = 0;
    }
    if (butt_flag == 1 && i == 1) {
        butt_flag = 0;
        digitalWrite(rele, LOW); // убираем питание с
реле
        Serial.println("LOW"); // выводим состояние
реле в порт
        i = 0;
    }
}
}
}
}

```