

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «КубГУ»)

Кафедра информационных технологий

КУРСОВАЯ РАБОТА

**БЕСПРОВОДНАЯ ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПОМОЩИ
РАДИОМОДУЛЯ NRF24L01 ПОД УПРАВЛЕНИЕМ
МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ARDUINO**

Работу выполнил _____ Л.М.Муравьева
(подпись, дата)

Факультет компьютерных технологий и прикладной математики 3 курс

Направление 01.03.02 – «Прикладная математика и информатика»

Научный руководитель
доц., канд. тех. наук _____ С.Г.Синица
(подпись, дата)

Нормоконтролер ст. преп. _____ А.В.Харченко
(подпись, дата)

Краснодар 2018

РЕФЕРАТ

Курсовая работа 31 стр., 12 рис., 5 табл., 14 источников.

BLUETOOTH, РАДИОМОДУЛЬ, NRF24L01, МОДУЛЬ,
БЕСПРОВОДНАЯ СВЯЗЬ, ПРОГРАММА, ПРИЕМНИК, ПЕРЕДАТЧИК.

Цель курсовой работы: разработать и исследовать прототип устройства беспроводной передачи данных, основанный на радиомодуле nRF24L01 с использованием микроконтроллера Arduino.

В рамках курсовой работы изучен материал по беспроводным связям Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee, проанализированы характеристики модулей беспроводной связи. Изучены особенности обмена данными между двумя радиомодулями, изучен инструментарий для организации обмена данными между радиомодулем и мобильным устройством при помощи Bluetooth Low Energy.

В результате исследования принято решение, использовать радиомодуль NRF24L01 для реализации прототипа устройства беспроводной передачи данных. С использованием двух микроконтроллеров Arduino собран прототип устройства и отлажена работа программы для передачи данных с использованием двух таких радиомодулей.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1 Беспроводные технологии.....	5
1.1 Bluetooth	5
1.2 Wi-Fi	7
1.3 ZigBee	8
2 Модули беспроводной связи.....	11
2.1 Модули беспроводной связи Bluetooth.....	11
2.1.1 nRF24L01	11
2.1.2 Модуль HC-06	12
2.2 Модули беспроводной связи Wi-Fi	14
Таблица 4 – Характеристики Wi-Fi модуля ESP8266.....	16
2.3 Модули беспроводной связи ZigBee	16
3 Реализация проекта	18
3.1 Подключение	18
3.2 Программа для передатчика.....	20
3.3 Программа для приемника	24
4 Проектирование устройства, обеспечивающего беспроводную связь с приложением Android по протоколу BLE	27
Заключение	30
Список использованных источников	31

ВВЕДЕНИЕ

Беспроводные технологии - это огромная часть современной информационной жизни. Человека окружают множество устройств, способные принимать и передавать данные без прямого контакта. Более того, почти все устройства имеют связь с беспроводной технологией Wi-Fi. Разработка аппаратно-программных комплексов, способных к беспроводной связи, является актуальной темой в связи со своей востребованностью в каждой точке прогрессивного мира. Радиопередачи используются мобильными устройствами для управления обслуживаемыми аппаратами и первым шагом на пути к работе с данными установками является беспроводная связь радиомодулей.

Целью данной работы является разработка и исследование прототипа устройства беспроводной передачи данных, основанного на радиомодуле nRF24 с использованием микроконтроллера Arduino.

Задачи работы:

- а) выполнить обзор протоколов беспроводной связи и технологий для работы с ними;
- б) реализовать программно-аппаратный прототип с применением радиомодуля nRF24l01;
- в) спроектировать устройство, обеспечивающее беспроводную связь с приложением Android по протоколу BLE.

1 Беспроводные технологии

Беспроводные технологии – это информационные технологии, обеспечивающие передачу информации на расстоянии, без использования проводной связи. Беспроводные технологии могут обеспечить связь двух или более точек. Для обеспечения связи существует вариация средств, такие как радиоволны, инфракрасное излучение, оптическое излучение и лазерное излучение.

К примеру, одними из наиболее широко используемых технологиями беспроводной связи относятся Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee.

1.1 Bluetooth

Bluetooth обеспечивает обмен информацией между персональными компьютерами, мобильными устройствами, а так же другими устройствами, имеющими возможность принимать и отправлять данные при помощи радиочастоты. Расстояние, обеспечивающее данной беспроводной технологией, доходит до 10 метров. Стоит учесть, что из-за специфики способа передачи, дальность сильно зависит от преград и помех.

На данный момент самым распространенной версией Bluetooth в робототехнике является Bluetooth 4. Особенностью является включение в Bluetooth версию 4.0 протоколов:

- а) Классический Bluetooth;
- б) Высокоскоростной Bluetooth;
- в) Bluetooth с низким потреблением (Bluetooth Low Energy).

Классический Bluetooth состоит из протоколов предыдущих спецификаций Bluetooth.

Частоты работы системы Bluetooth (мощность не более 0,0025 Вт).

Полоса частот: 2 402 000 000 - 2 480 000 000 Гц (2,402 ГГц - 2,48 ГГц)

Стоит заострить внимание на протокол Bluetooth Low Energy. Этот протокол предназначен, прежде всего, для передачи данных между миниатюрными электронными датчиками, имеющие своё применение в таких местах, как медицинские сенсоры, тренажеры, спортивная обувь и т.д.

Низкое энергопотребление обеспечивается тем, что Bluetooth передатчик включается только на момент передачи данных, тем самым теоретически гарантируя возможность корректной работы в течении долгого промежутка времени (около нескольких лет) от батарейки типа CR2032, предоставленной на рисунке 1 (литиевый элемент питания, отличающийся миниатюрными размерами и высокой удельной мощностью, теоретически обеспечивающий непрерывную работу на протяжении 840 часов).



Рисунок 1 – Батарейка типа CR2032

Стандарт Bluetooth Low Energy предоставляет скорость передачи данных в 1 Мбит/с при размере пакета данных 8—27 байт. Bluetooth-устройства, в количестве двух, смогут устанавливать соединение менее чем за 5 миллисекунд и поддерживать его на расстоянии до 100 м. Для этого используется усовершенствованная коррекция ошибок, а необходимый уровень безопасности обеспечивает 128-битное Advanced Encryption Standard (AES)-шифрование.

Датчики температуры, давления, влажности, скорости передвижения и т. д. на базе этого стандарта могут передавать информацию на различные устройства контроля: мобильные телефоны, КПК, ПК и т. п.

1.2 Wi-Fi

Wireless Fidelity (Wi-Fi) является технологией беспроводной локальной сети на основе стандартов IEEE 802.11 (IEEE 802.11 – набор стандартов связи для коммуникации в беспроводной локальной сетевой зоне частотных диапазонов 0,9; 2,4; 3,6; 5 и 60 ГГц).

Любое оборудование, соответствующее стандарту IEEE 802.11(), может быть протестировано в Wi-Fi Alliance и получить соответствующий сертификат и право нанесения логотипа Wi-Fi.

Основными преимуществами Wi-Fi является:

- а) Обеспечивает мобильность подключенного устройства в пределах Wi-Fi зоны, а также предоставление подключение множества пользователей;
- б) Широкая распространенность на рынке, с гарантией совместимости оборудования, благодаря обязательной сертификации оборудования;
- в) Излучения от Wi-Fi устройств в момент передачи данных на порядок (в 10 раз) меньше, чем у сотового телефона.

Некоторые недостатки Wi-Fi является:

- а) В диапазоне 2,4 GHz работает множество устройств, таких как устройства, поддерживающие Bluetooth, и др., и даже микроволновые печи, что ухудшает электромагнитную совместимость;
- б) Реальная скорость зависит от доли служебного трафика, которая зависит уже от наличия между устройствами физических преград (мебель, стены), наличия помех от других беспроводных устройств или электронной аппаратуры, расположения устройств относительно друг друга и т. п.;
- в) Частотный диапазон и эксплуатационные ограничения в различных странах не одинаковы. Во многих европейских странах разрешены два дополнительных канала, которые запрещены в США. В Японии есть ещё один канал в верхней части диапазона, а другие страны, например, Испания, запрещают использование низкочастотных каналов. Более того, некоторые

страны, например, Россия, Беларусь и Италия, требуют регистрации всех сетей Wi-Fi, работающих вне помещений, или требуют регистрации Wi-Fi-оператора.

1.3 ZigBee

ZigBee является технологией беспроводной локальной сети на основе стандартов IEEE 802.15.4.

ZigBee был создан из нужды у ряда приложений в определенном типе сети связи, не обладающей высокой скоростью передачи данных, но являющемся надежным (способным к самовосстановлению), простым в развертывании и эксплуатации. Важно также, чтобы оборудование таких сетей допускало длительную работу от автономных источников питания, имело низкую стоимость, и было компактным.

Особенностями беспроводной сети ZigBee являются:

а) Ячеистость (mesh) топологии сети и алгоритмы маршрутизации сеть ZigBee обеспечивают самовосстановление и гарантированную доставку пакетов в случаях обрыва связи между отдельными узлами (появления препятствия), перегрузки или отказа какого-то элемента;

б) Предусматривается криптографическая защита данных, передаваемых по беспроводным каналам;

в) Устройства ZigBee отличаются низким электропотреблением, в особенности конечные устройства, для которых предусмотрен режим «сна», что позволяет этим устройствам работать до трех лет от батареек AA;

г) Сеть ZigBee является самоорганизующейся, ее структура задается параметрами профиля стека конфигурируется и формируется автоматически путем присоединения (повторного присоединения) к сети образующих ее устройств, что обеспечивает простоту развертывания и легкость масштабирования путем простого присоединения дополнительных устройств;

д) Устройства ZigBee компактны и имеют относительно невысокую стоимость.

Связь в сети ZigBee осуществляется путем последовательной ретрансляции пакетов от узла источника до узла адресата. В сети ZigBee предусмотрено несколько альтернативных алгоритмов маршрутизации, выбор которых происходит автоматически.

Стандарт предусматривает возможность использования каналов в нескольких частотных диапазонах. Наибольшая скорость передачи и наилучшая помехоустойчивость достигаются в диапазоне от 2,4 до 2,48 ГГц. В этом диапазоне предусмотрено 16 каналов по 5 МГц. В противовес минимизации энергопотребления, компактности и дешевизны – относительно низкая скорость передачи данных. «Брутто» скорость (включая служебную информацию) составляет 250 кбит/с. Средняя скорость передачи полезных данных, в зависимости от загрузки сети и числа ретрансляций, составляет от 5 до 40 кбит/с. Расстояние между рабочими станциями сети составляет десятки метров внутри помещений и сотни метров на открытом воздухе.

За счет ретрансляций покрываемая сетью зона может быть весьма значительной: до нескольких тысяч квадратных метров в помещении и до нескольких гектар на открытом пространстве. Сеть ZigBee в любой момент может быть расширена добавлением новых элементов или наоборот разбита на несколько зон простым назначением соответствующего числа новых конфигураторов сети. Это бывает полезно для снижения нагрузки и соответственно повышения скорости передачи данных. Общая классификация стандартов беспроводной передачи данных показаны на таблице 1 [1].

Таблица 1 – Классификация стандартов беспроводной передачи данных

	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi
Частотный диапазон, МГц	2400–2483	2400–2483	2412–2484
Скорость передачи данных, кбит/с	250	721	11000/54000
Дальность связи, м	200	Класс:1 — 100; 2 — 10; 3 — 1;	100
Потребление тока, active мА/sleep мкА	30/1	70/20	450
Модуляция, доступ к среде	DSSS	FHSS	DSSS
Топология системы	«точка–точка», «звезда», сеть	«точка–точка», «звезда», сеть	«точка–точка», звезда
Частотный диапазон, МГц	2400–2483	2400–2483	2412–2484

2 Модули беспроводной связи

2.1 Модули беспроводной связи Bluetooth

2.1.1 nRF24L01

Одним из доступных широко используемых радиомодулей является модуль nRF24L01, показанный на рисунке 2.

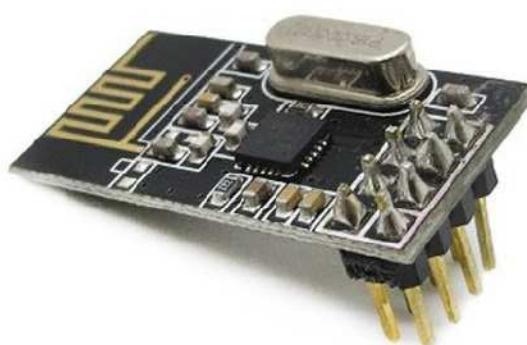


Рисунок 2 - Радиомодуль nRF24L01

Эти приёмопередатчики организуют беспроводной опрос датчиков, отправку команд к исполнительным устройствам [2]. Благодаря высокой скорости передачи информации, через эти радиопередатчики можно достаточно быстро передавать оцифрованный звук, или изображения.

Модуль поддерживает работу со скоростью 250 Кбит/с, 1 Мбит/сек или 2 Мбит/с, и может работать на 126 независимых каналах, обеспечивая связь сразу нескольких устройств. Для передачи данных используется собственный, проприетарный протокол.

nRF24L01 больше подходит для соединений типа «точка-точка», и каналы передачи данных никак не защищены.

nRF24L01 умеет работать с топологией один-ко-многим (один радиомодуль может держать связь одновременно с множеством других) [2].

Благодаря этому, разнообразные датчики, к примеру датчики температуры, влажности и освещенности, установленные по всей площади, могут передавать показания на базовую станцию для последующего анализа.

Схема модуля, показанная на рисунке 3:

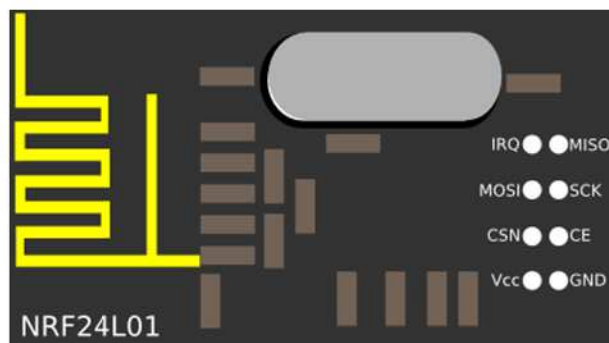


Рисунок 3 – Радиомодуль nRF24L01

Модуль подключается к управляющей электронике по протоколу SPI, с дополнительными управляющими контактами:

- а) SCN используется для выбора режима приёма или передачи;
- б) IRQ может быть использован для аппаратного прерывания.

2.1.2 Модуль HC-06

Модуль HC-06, показанный на рисунке 4, является одним из самых распространенных модулей в случаях, когда существует потребность построить проект, управление которого реализуется с использованием персонального компьютера, мобильного устройства и т.д. [3].



Рисунок 4 – Модуль HC-06

Данный модуль можно использовать и для пересылки показаний сенсоров.

Подключение является стандартным для устройств, подключающихся по последовательному интерфейсу:

- а) Контакт RX модуля подключается к контакту TX целевого устройства;
- б) Контакт TX модуля подключается к контакту RX целевого устройства.

Также у модуля HC-06 существуют ряд настроек по умолчанию, указанных на таблице 2 [3].

Все настройки по умолчанию могут быть изменены с помощью AT-команд.

Bluetooth-модуль HC-06 может выступать только в slave-режиме. Это означает, что он не может самостоятельно подключаться к другим Bluetooth-устройствам [3].

Таблица 2 – Настройка модуля HC-06 по умолчанию

Скорость передачи данных	9600 бод
Имя модуля	HC-06
Пароль для подключения	1234

Можно провести сравнительный анализ между двумя модулями, предоставленный в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение характеристик модулей HC-06 и nRF24L01+

	nRF24L01+	HC-06
Напряжение питания	3,3 В	3,3–6 В
Максимальное входное напряжение логической единицы	5 В	5 В
Выходное напряжение логической единицы	3,3 В	3,3 В
Скорость передачи данных	250–2000 Кбит/сек	1200–1382400 бит/сек
Дальность связи при прямой видимости	до 100 м	30 м
Цена	240 Р	590 Р

Из данного сравнения можно вынести вывод, что несмотря на скорость передачи данных HC-06, модуль nRF24L01+ имеет больший радиус работы и так же является более, чем в два раза экономичнее в цене и напряжении питания.

2.2 Модули беспроводной связи Wi-Fi

Модуль на чипсете ESP8266, показанный на рисунке 5 и на рисунке 6, предоставляет возможность обеспечить устройство беспроводной связью через Wi-Fi [4].

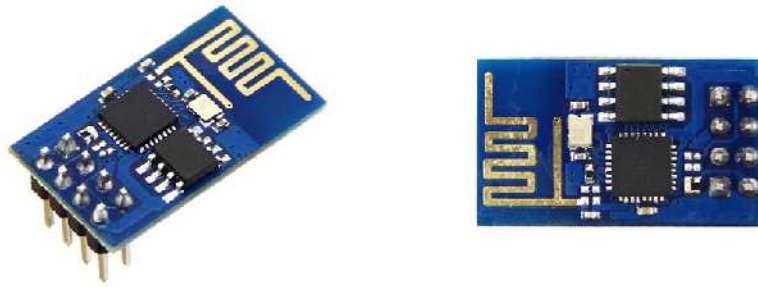


Рисунок 5 – Wi-Fi модуль ESP8266

При использовании модуля ESP8266, становится доступным управлять устройством дистанционно, так же снимать показания с сенсоров через интернет. Устройство подключается к сети или реагирует на данные, получаемые через API от веб-сервисов.

Работа над приёмом и передачей данных выглядит, как взаимодействие с сырым TCP-сокетом или с serial-портом компьютера [4].

Схема Wi-Fi модуль ESP8266 предоставлена на рисунке 6 с характеристикой в таблице 4:

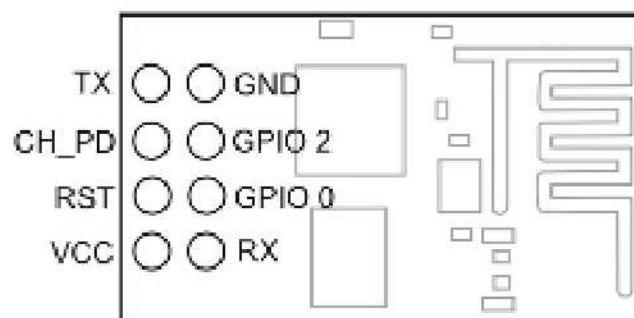


Рисунок 6 – Схема Wi-Fi модуль ESP8266

Таблица 4 – Характеристики Wi-Fi модуля ESP8266

Модификация	ESP-01 V090
Беспроводной интерфейс	Wi-Fi 802.11 b/g/n 2,4 ГГц
Режимы	P2P (клиент), soft-AP (точка доступа)
Максимальная выходная мощность	19,5 дБ·мВт (89 мВт)
Номинальное напряжение	3,3 В
Максимальный потребляемый ток	220 мА
Портов ввода-вывода свободного назначения	2
Частота процессора	80 МГц
Объем памяти для кода	64 КБ
Объем оперативной памяти	96 КБ
Габариты	21×13 мм

2.3 Модули беспроводной связи ZigBee

Модуль XBee, показанный на рисунке 6, предоставляет устройству возможность использования протокола ZigBee [5].

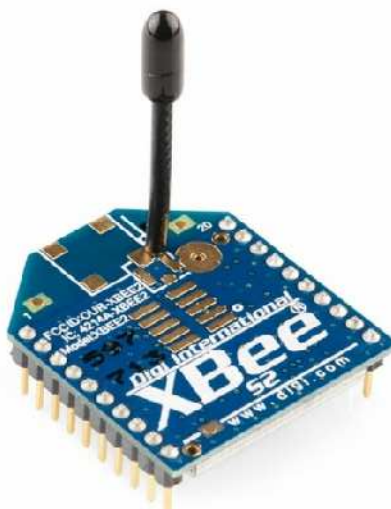


Рисунок 6 – Модуль XBee

Мощности передатчика хватает для общения на расстоянии до 120 м на улице и до 35 м в помещении. Скорость обмена данными: до 250 кбит/с.

Устройство работает на частоте 2,4 ГГц. Возможны как простые соединения «точка-точка», так и сети со сложной топологией [5].

Модуль работает от напряжения 2,8 - 3,4 В, потребляет 45 мА в режиме приёма, 50 мА в режиме передачи и 0,01 мА в режиме энергосбережения.

Отрицательной стороной конкретно данного модуля, находящегося в доступе и поддерживающий протоколы ZigBee, является его дороговизна, представляющая собой 2890 рублей.

3 Реализация проекта

Задача данного проекта заключается в создании аппаратно-программного решения для передачи данных посредством использования радиомодуля nRF24L01, показанного на рисунке 7.

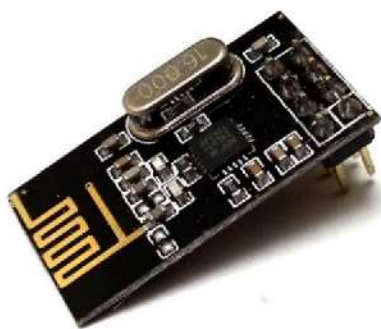


Рисунок 7 - Радиомодуль nRF24L01

3.1 Подключение

Радиомодуль nRF24L01 подключается к Arduino при помощи SPI интерфейса. Схема подключения реализована по таблице 5, а так же показана на рисунке 8 и на рисунке 9 [6].

Таблица 5 – Схема подключения nRF24L01 к Arduino

Радиомодуль nRF24L01	GND	VCC	CE	CSN	MOSI	MISO	SCK
Arduino Uno	GND	+3.3V	7	8	11	12	13

Радиомодуль нуждается в питании напряжением 3.3 Вольта. На платах Arduino существует встроенный стабилизатор напряжения на 3.3 В, который, однако, не обладает достаточной мощностью для правильной работы nRF24L01. В связи с этим, для питания радиомодулей nRF24L01 рекомендуется использовать внешние стабилизаторы. Существует вариант

решения проблемы в виде адаптера под радиомодуль для Адруино. В противном случае для решения этой проблемы существует возможность припаять конденсатор 3.3-10 микроФарад к радиомодулю от +3.3 В до заземления, что и было реализовано в данном проекте.

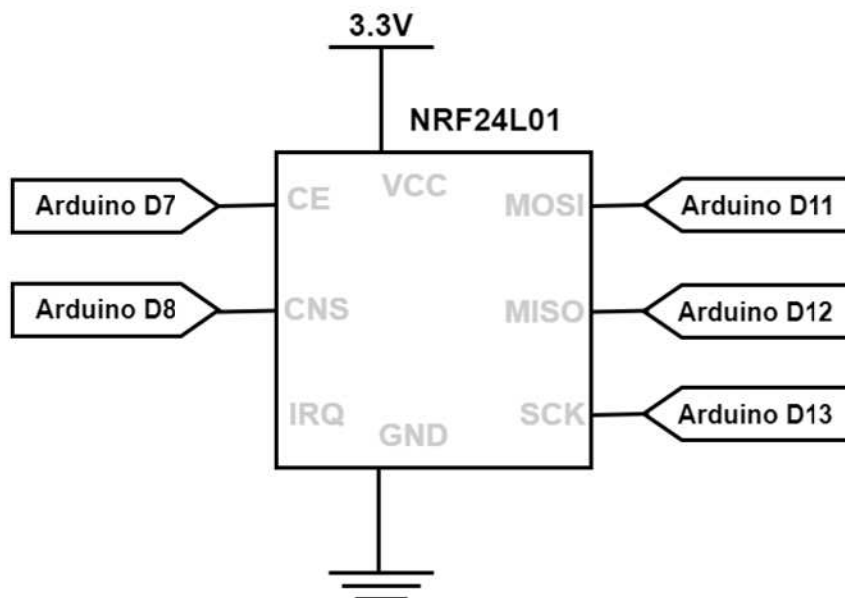


Рисунок 8 – Принципиальная схема

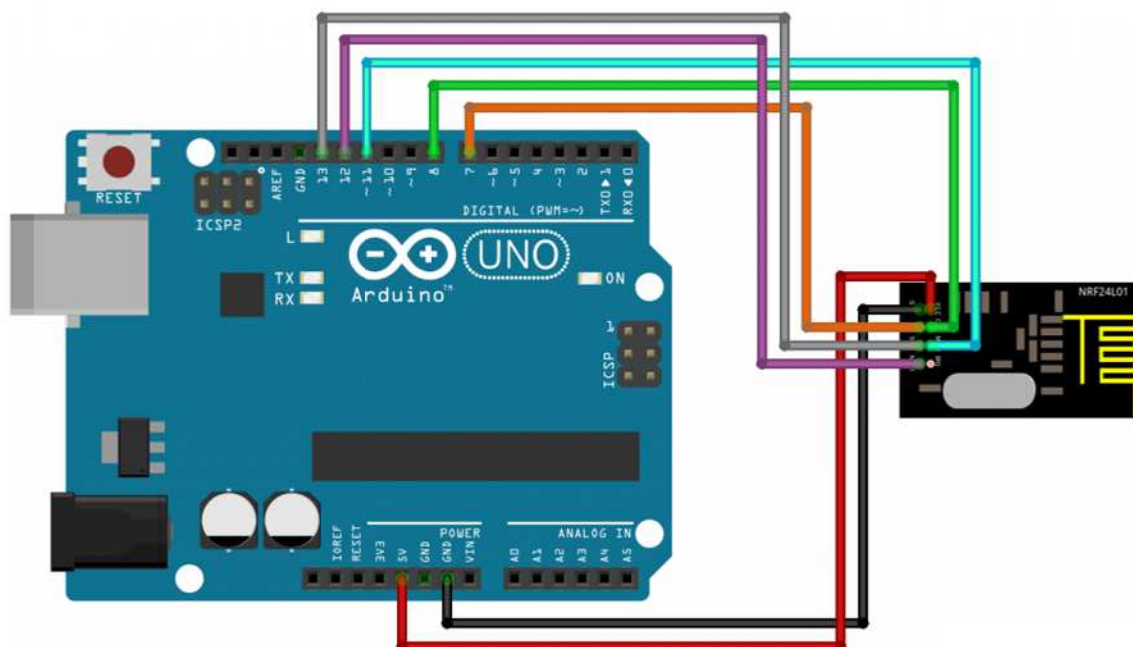


Рисунок 9 – Внешний вид макета

3.2 Программа для передатчика

Для организации передачи данных в данном проекте используются две библиотеки. Первой библиотекой является RF24, необходима для работы с модулем nRF24L01 по интерфейсу SPI.

Последовательный периферийный интерфейс (SPI) - это синхронный протокол последовательной передачи данных, используемый для связи микроконтроллера с одним или несколькими периферийными устройствами. Интерфейс SPI отличается относительно высокой скоростью и предназначен для связи близко расположенных устройств. Он также может использоваться для взаимодействия двух микроконтроллеров [7].

Согласно протоколу SPI, одно из взаимодействующих устройств (обычно микроконтроллер) всегда является ведущим и контролирует ведомые периферийные устройства. Как правило, все взаимодействующие устройства объединены тремя общими линиями:

а) MISO (Master In Slave Out) - линия для передачи данных от ведомого устройства (Slave) к ведущему (Master);

б) MOSI (Master Out Slave In) - линия для передачи данных от ведущего устройства (Master) к ведомым (Slave);

в) SCK (Serial Clock) - тактовые импульсы, генерируемые ведущим устройством (Master) для синхронизации процесса передачи данных.

Помимо перечисленных, на каждое устройство отводится отдельная линия SS (Slave Select) - вывод, присутствующий на каждом ведомом устройстве. Он предназначен для активизации Мастером того или иного периферийного устройства.

Вторая библиотека, в данном конкретном случае базирующаяся на RF24, SerialFlow, служит для пакетной передачи данных.

Данные, передаваемые с одного радиомодуля на другой, будут являться текущим значением таймера, блок-схема алгоритма которого показана на рисунке 10.

Рассмотрим программу, блок-схема которой предоставлена на рисунке под номером 11.

В первом блоке создается объект класса `SerialFlow`, где принимающиеся аргументы 7 и 8 являются номерами выводов Arduino, к которым подключены контакты радиомодуля CN и CSN.

Тип данных `unsigned long`, являющийся одним из основных типов данных в Arduino IDE, используется для хранения положительных целых чисел в диапазоне от 0 до 4,294,967,295 ($2^{32} - 1$) и занимает 32 бита (4 байта) в памяти [8]. Чаще всего данный тип данных используется для хранения результатов функции `millis()`.

В данной программе для передатчика будет использоваться три переменные типа данных, указанных выше. Переменная `data_to` определяет интервал времени, через который будет происходить отправка пакета. Переменная `tm` хранит в себе значение секундомера. Переменная `data_next` определяет время, переступая через которое, осуществляется отправка.

На последующем шаге осуществляется настройка формата передаваемых пакетов при помощи функции `rd.setPacketFormat()`.

Здесь первый аргумент — это размер передаваемых чисел. Число в диапазоне от 0 до 255 занимает 1 байт, а число от 0 до 65535 — 2 байта. Двухбайтного числа хватит на 65 минут передачи таймера с начала работы системы, что соответствует одному часу. В случае переполнения числа отсчет таймера сбросится [7].

Второй аргумент данной функции отвечает за количество чисел в пакете.

После настраивается передатчик, посредством указывания адресов радиомодулей. Первый аргумент — это заданный адрес передатчика, или модуль под номером 1. Второй — заданный адрес приёмника, или модуль под номером 2.

```
rd.begin(0xF0F0F0F0E1LL,0xF0F0F0F0D2LL);
```

После в цикле loop каждые 100 миллисекунд происходит отправка пакета по схеме:

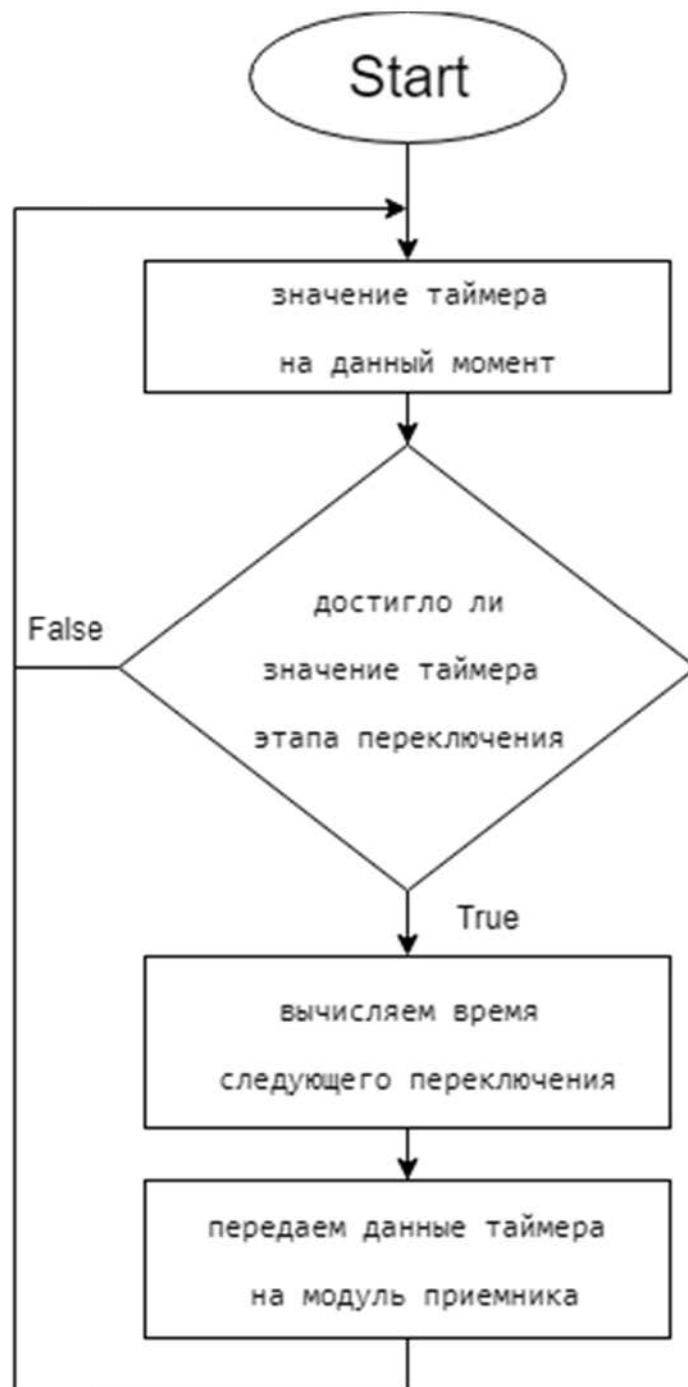


Рисунок 10 – Блок схема алгоритма таймера

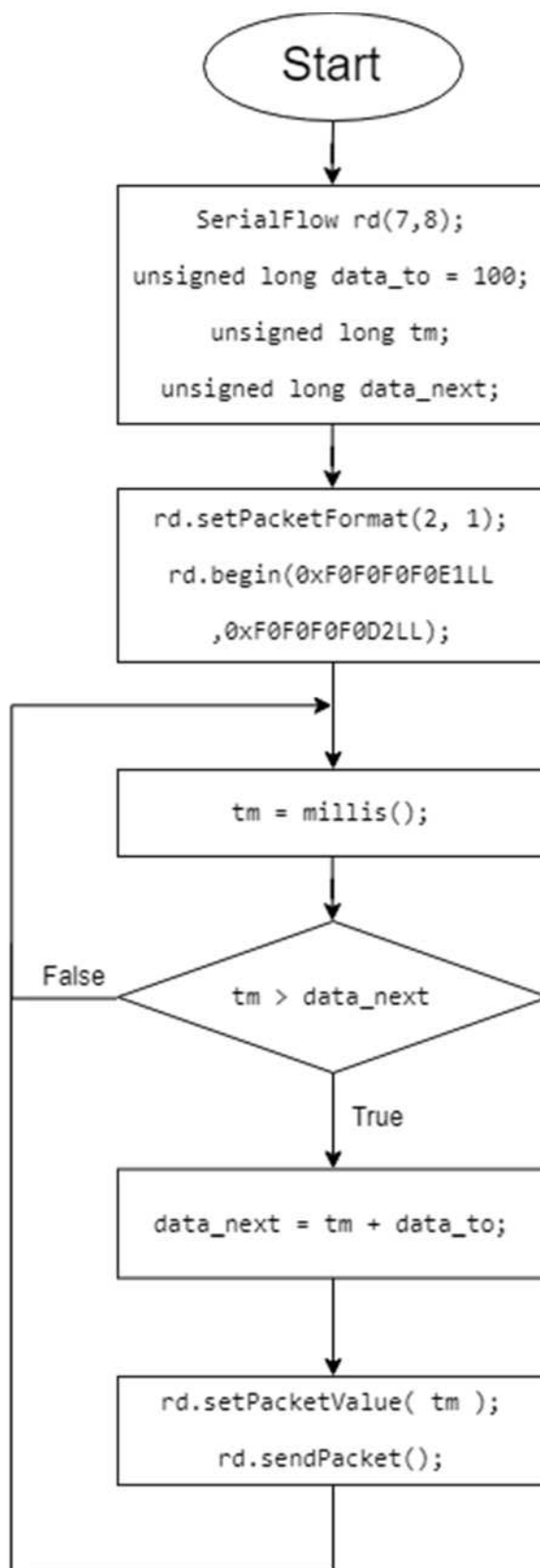


Рисунок 11 – Блок схема программы передатчика

3.3 Программа для приемника

Задача приемника заключается в принятии передаваемых пакетов, а также отображении результата проделанной работы. Полученные данные будут отправляться через последовательный порт Arduino IDE.

В программе, блок-схема которой показана на рисунке 12, точно так же имеет в себе пункт создания объекта `SerialFlow` с аргументами 7 и 8.

Функция `Serial.begin(speed)` Иницирует последовательное соединение и задает скорость передачи данных в бит/с (бод) [9]. Для обмена данными с компьютером используйте следующие значения: 300, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600 или 115200. При соединении через порты вход/выхода 0 и 1, могут быть использованы другие значения скорости, требуемые устройством, с которым будет осуществляться обмен данными. В данной программе, скорость была задана в значении, равном 57600. Стоит отметить, что при открытии порта, следует указать данную скорость для корректного отображения передаваемого пакета.

Затем идет настройка параметров пакета, а также настройка передатчика, посредством указывания адресов радиомодулей, но в данной программе сперва указывается адрес приёмника, в то время как второй адрес принадлежит передатчику.

```
rd.begin(0xF0F0F0F0D2LL,0xF0F0F0F0E1LL);
```

После настройки адресов, следует цикл `loop`, в котором задается переменная типа `unsigned int`.

Тип данных `unsigned int` - беззнаковое целое число, также как и тип `int` (знаковое) занимает в памяти 2 байта. Но в отличие от `int`, тип `unsigned int` может хранить только положительные целые числа в диапазоне от 0 до 65535 ($2^{16}-1$) [10].

Отличие кроется в том, как `unsigned int` использует старший бит, иногда называемый знаковый бит. Если старший бит равен 1, то для типа `int` компилятор Arduino считает, что это число отрицательное, а

остальные 15 bit несут информацию о модуле целого числа в дополнительного кода представления числа, в то время как `unsigned int` использует все 16 бит для хранения модуля числа.

Когда переменная типа `int` в следствие арифметической операции достигает своего максимального значения, она "перескакивает" на самое минимальное значение и наоборот. То есть, при переполнении счетчика, число обнулиться и вновь продолжит работу.

После, в случае получения пакета от передатчика, приемник присвоит переданное значение в переменную типа `unsigned int`.

`Serial.print()` и `Serial.println()` – это основные функции Arduino для передачи информации от платы Arduino к компьютеру через последовательный порт [11]. На самых популярных платах Arduino Uno, Mega, Nano нет встроенного дисплея, поэтому взаимодействие с помощью монитора порта Arduino IDE является самым простым и доступным способом получения информации во время работы.

При использовании функцию `print()`, вся информация в мониторе порта выводится в одной строке. В случае, если целью задачи являться вывод текста в новых строках, то должны использовать функцию `println()` .

Метод `println()` класса `Serial` выполняет ту же функцию, что и `print()` – он выводит в последовательный порт ASCII-текст. Аргументы у методов тоже совпадают – мы передаем текст или число с возможным вторым аргументом, определяющим формат. Отличие же `println` заключается в принудительном добавлении в конце передающейся строки символа новой строки “\n” (ASCII код 13). Суффикс `ln` обозначает сокращенное слово `line` (строка).

С помощью функции `Serial.println()` в мониторе последовательного порта Arduino IDE каждые 100 миллисекунд в окне появляются значения таймера на передатчике.

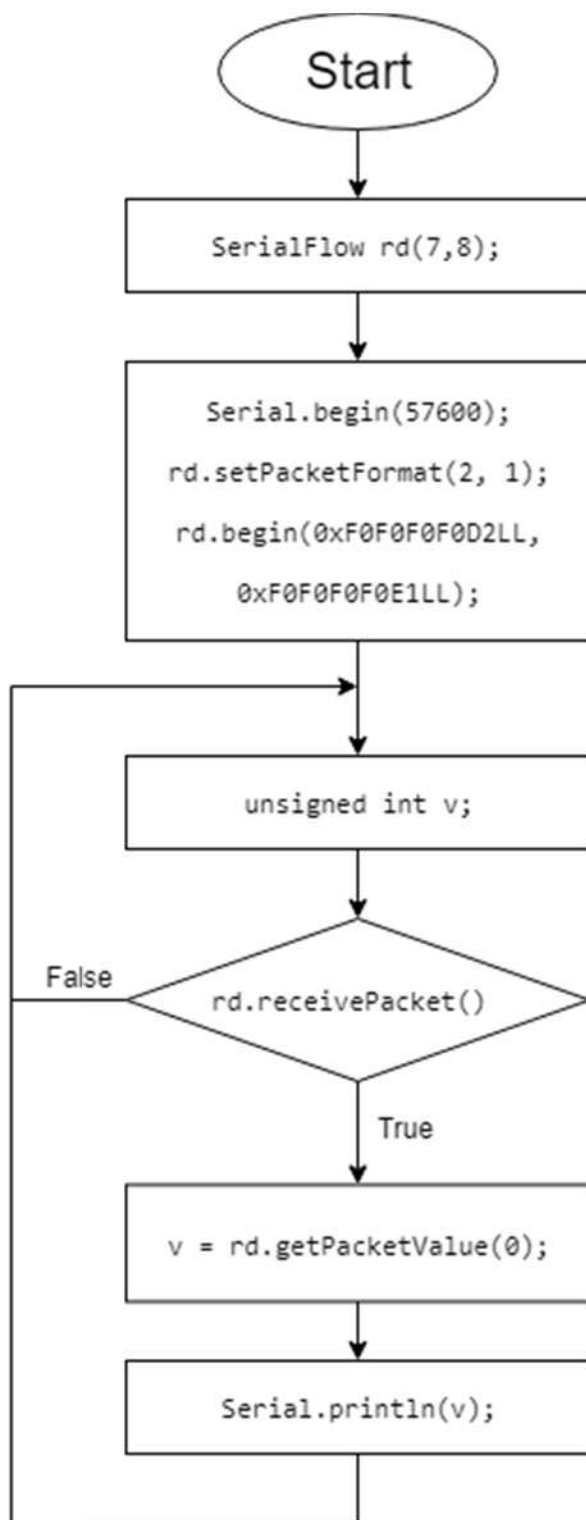


Рисунок 12 – Блок схема программы приемника

4 Проектирование устройства, обеспечивающего беспроводную связь с приложением Android по протоколу BLE

Модуль NRF экономически выгодно использовать для разработки устройств с беспроводной передачей данных так как его стоимость ниже, чем стоимость модулей BLE. Однако модуль имеет ограничения. Нами были изучены возможности модуля и требования протокола BLE для организации передачи данных на мобильное устройство, а также исследованы ограничения на расстояние передаваемых данных.

В процессе исследования было установлено, что контакт между двумя радиомодулями nRF24101 был уверенно стабильным при расстоянии около 56 метров на открытой местности без преград, в то время как на расстоянии около 87 метром начинал давать сбой, некоторые данные терялись и не доходили до приемника или же значение таймера повторялось несколько раз подряд. На расстоянии более 100 метров, что являлось обещанным расстоянием взаимодействия, контакт терялся вовсе, а при сближении вновь возобновлялся.

В случае же контакта между двумя радиомодулями в квартире, было опытным путем установлено, что дальность заметно уменьшается в связи с наличием преград. Практически полная изоляция радиомодуля в руках давала сбои в принятии пакета. Одна стены в 97% случаев не являлась преградой вовсе, в оставшихся 3% вызывая разве что небольшие помехи. В случае же наличия двух стен, радиомодули практически перестали справляться с поставленной задачей. Приемник выводил в порт монитора несколько одинаковых значений подряд, с переменным успехом возвращал скорость 57600, в общем случае упав до одного значения в секунду. При выходе из квартирного помещения связь между микроконтроллерами Arduino пропала вовсе. Однако, чем меньше расстояния и меньше преград, тем быстрее и качественнее совершалась работа по передачи значения таймера от передатчика к приемнику.

В качестве аппарата мобильной связи выбран образец Android системы.

Стандартный поиск устройства Bluetooth в Android не ищет BLE. Обнаружения устройств необходима специальная программа. Программа принимает данные от устройств в протоколе BLE

Можно определить ряд сходств между возможностями радиомодуля и требованиями протокола BLE для мобильных устройств. Существует ряд различий, по причине которых возможность работы протокола BLE в полном объеме с использованием этого модуля реализовать невозможно [12].

Сходства:

а) Одинаковые рабочие частоты 2.4GHz с поддержкой скорости 1Mbps и пересекающаяся сетка каналов;

б) Одинаковые стартовые байты 10101010 или 01010101 (преамбула);

г) Одинаковая модуляция сигнала: GFSK. (GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) - это гауссовская двухпозиционная частотная манипуляция с минимальным сдвигом, обладающая двумя особенностями, одна из которых - "минимальный сдвиг", другая - гауссовская фильтрация. Обе особенности направлены на сужение полосы частот, занимаемой GMSK-сигналом. Использование GMSK в системе сотовой радиосвязи GSM регламентируется стандартом ETSI (Европейский институт стандартов связи) [13].);

д) Возможность задать в nRF24101 адресацию 4 байтами.

Отличия:

а) Разные алгоритмы CRC (Циклический избыточный код— алгоритм нахождения контрольной суммы, предназначенный для проверки целостности данных. CRC является практическим применением помехоустойчивого кодирования, основанным на определённых математических свойствах циклического кода [14].). Однако стоит уточнить, что в микроконтроллере nRF24101 его можно отключить и заниматься расчетом программно;

б) nRF24101 после каждой передачи отключает PLL. Это может несколько осложнить задачу, т.к. повторный запуск PLL требует приличное время;

в) BLE поддерживает пакеты данных с длиной до 39 байт. У микроконтроллера nRF24101 это значение ограничено 32 байтами.

Ограничения в чипе nRF24101 не дают возможности реализовать полноценный BLE-протокол. В результате мобильное устройство видит объект, однако не может с ним никак взаимодействовать. Из этого можно сделать вывод, что передача данных в nRF24101 устройство не является возможным (по крайней мере на данном этапе). Однако возможна однонаправленная передача данных на мобильное устройство с радиомодуля. На данный момент существует идея решения данной задачи. Необходимо модифицировать библиотеку работы с радиомодулем таким образом, чтобы через определенный интервал времени высылался пакет данных, дающий возможность мобильному устройству увидеть радиомодуль по протоколу BLE. В данном случае пакет данных для обнаружения будет высылааться автоматически.

Для удобства пользователя, можно реализовать отдельную специальную функцию для работы с мобильными (или другими) устройствами по протоколу BLE, что будет отличаться от уже имеющейся функции передачи данных наличием идентифицирующего пакета.

За один сеанс можно передавать не более 32 байт (ограничение модуля nRF24101). Стоит учесть, что даже для безымянного устройства, часть предоставленного ресурса отводиться на передачу служебных структур BLE.

При данных условиях одной из задач проекта будет являться построение правильно структурированного пакета данных, что обеспечит визуальную идентификацию устройства Bluetooth Low Energy мобильным устройством на базе системы Android.

Для передачи данных с помощью выбранного модуля в мобильное приложение необходимы формирование и периодическая отправка посылки в протоколе BLE. Соответствующую доработку программы и проведение экспериментов планируется провести на следующем этапе при выполнении выпускной квалификационной работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель курсовой работы – разработать аппаратно-программный прототип устройства для передачи данных с использованием технологии беспроводной связи на основе радиомодуля nRF24101 и микроконтроллера Arduino – достигнута.

Был рассмотрен и проанализирован материал по технологии беспроводной связи Bluetooth, Wi-Fi, ZigBee, изучены основные характеристики модулей, работающие на основе данной технологии. Исследованы принципы обмена данными между двумя радиомодулями, изучен инструментарий для организации обмена данными между радиомодулем и мобильным устройством при помощи Bluetooth Low Energy.

В процессе исследования было принято решение об использовании в разработке прототипа устройства беспроводной передачи данных радиомодуль. При помощи двух микроконтроллерных плат Arduino и двух радиомодулей nRF24101 было собрано устройство и отлажена работа программы для передачи данных.

В дальнейшем планируется реализовать передачу данных с использованием радиомодуля nRF24101 на мобильное устройство и создать мобильное приложение на платформе Android.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Журнал «Беспроводные технологии» – Обзор современных технологий беспроводной передачи данных в частотных диапазонах ISM. URL: http://www.wireless-e.ru/articles/technologies/2011_4_6.php (дата обращения: 28.04.2018).
- 2 Амперка. – Модуль беспроводной связи nRF24L01. URL: <http://amperka.ru/product/nRF24L01-wireless-module> (дата обращения: 28.04.2018).
- 3 Амперка. – Bluetooth-модуль HC-06. URL: <http://amperka.ru/product/hc-06-bluetooth-module> (дата обращения: 28.04.2018).
- 4 Амперка. – Wi-Fi модуль ESP8266. URL: <http://amperka.ru/product/esp8266-wifi-module> (дата обращения: 28.04.2018).
- 5 Амперка. – XBee. URL: <http://amperka.ru/product/xbee> (дата обращения: 28.04.2018).
- 6 Уральская компьютерная школа имени Н.Н.Красовского – Ардуино: радиомодуль nRF24L01. URL: <http://robotclass.ru/tutorials/arduino-radio-nrf24l01> (дата обращения: 03.05.2018).
- 7 RoboCraft – SPI и Arduino: теория. URL: <http://robocraft.ru/blog/arduino/518.html> (дата обращения: 03.05.2018).
- 8 Arduino.ru – unsigned long. URL: <http://arduino.ru/Reference/UnsignedLong> (дата обращения: 03.05.2018).
- 9 Arduino.ru – Serial.begin(). URL: <http://arduino.ru/Serial/Begin> (дата обращения: 03.05.2018).
- 10 Arduino.ru – unsigned int. URL: <http://arduino.ru/Reference/UnsignedInt> (дата обращения: 04.05.2018).

11 ArduinoMaster – Вывод в монитор порта через Serial print, println, write. URL: <https://arduino-master.ru/program/arduino-serial-print-println-write/> (дата обращения: 04.05.2018).

12 Поддельное BLE-устройство на nRF24l01. URL: <https://m.habr.com/post/245671/> (дата обращения: 04.05.2018).

13 Chipinfo – Модуляция GMSK в современных системах радиосвязи. URL: <http://www.chipinfo.ru/literature/chipnews/200108/3.html> (дата обращения: 05.05.2018).

14 Интернет-Университет Информационных Технологий – Лекция: Организация беспроводных сетей. URL: <https://www.intuit.ru/intuit?destination=studies%2Fcourses%2F1004%2F202%2Flecture%2F2785> (дата обращения: 19.05.2018).