МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ФГБОУ ВО «КубГУ»)**

**Физико-технический факультет**

**Кафедра теоретической физики и компьютерных технологий**

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ЛОКАЛЬНОЙ**

**НАВИГАЦИИ**

Работу выполнил \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Докучаев Николай Дмитриевич

Курс 2

Направление 09.03.02 Информационные системы и технологии

Научный руководитель

канд. физ.-мат. наук, доцент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А. А. Мартынов

Нормоконтролер инженер \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Г. Д. Цой

Краснодар 2018

# Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| Введение . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 3 |
| 1 Актуальность проблемы создания бюджетных быстроразвёртываемых радиомодулей для ориентирования на местности . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| 1.1 Описание методов ориентирования радиомодулями иным способами ориентирования . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .  1.2 Диапазон частот работы используемых радио-модулей . . . . . . . . . | 4  10 |
| 1.3 Микроконтроллеры Arduino . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| 1.4 RSSI-модули . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| 2 Разработка модуля для ориентирования на местности . . . . . . . . . . . . . . | 9 |
| 2.1 Функционал . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 9 |
| 2.2 Описание готового модуля и ПО к нему . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 14 |
| Заключение . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 52 |
| Список использованных источников . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 53 |
|  |  |
|  |  |

# Введение

разработка модуля локальной навигации заключается в следующем, требуется найти бюджетные, точные, простые в реализации, быстроразвёртываемые, понятные обычному пользователю, технологии для создания модулей. Главная идея данной курсовой, как раз и заключается в нахождении способов реализации данных критериев в сборке используемого модуля. Для начала, требовалось найти способ реализовать связь между отдельными модулями, а также устройство, на основе которого будет базироваться обработка принимаемых и отправляемых пакетов информации. Было принято решение использовать кроссплатформенный , бюджетный микроконтроллер Arduino, и совместимый с ним RSSI-модуль SI-4432, так как они попадают под критерии бюджетности и простоты в реализации. Далее, требовалось провести аналогии с способами ориентированием на местности, чтобы в конечном итоге дать оценку нашему способу, выявить положительные моменты и недостатки. Было принято решение обратиться, к уже известными методами, таким как, например, ориентирование по азимутам, GPS(Global Positioning System) , GSM (Global System for Mobile telecommunications) и так далее. После этого, требовалось начать сборку самого проекта, установить программное обеспечение, для связи с микроконтроллерами, распределить роли ("ведущего" и "ведомого") для каждого из микроконтроллеров, настроить связь, сделать предварительные измерения расстояния между модулями, измерить показатели RSSI на каждом модуле, изменять расстояние каждого модуля, и в месте с этим не переставать считывать значения RSSI. Наконец, используя полученные значения, рассчитать расстояние между каждым из них, если значения получились не подходящие, к примеру отрицательные, то потребуется провести все измерения заново, в другом месте, например, вы замеряли в помещении, следует попробовать на улице, так как в помещении может быть слишком много помех от радиоприборов, электроприборов и тому подобное. В итоге мы получим готовый модуль локальной навигации.

**1 Актуальность проблемы создания бюджетных быстроразвёртываемых радиомодулей для ориентирования на местности**

Данная проблема актуальна, для многих сфер современного общества. Например, использование данных модулей в военной сфере, значительно улучшит быстроразвёртываемость систем наблюдения за определёнными объектами. Так же и в научной сфере, есть возможность использования данных модулей, например, использование одного из модулей позволит пронаблюдать за животными, к ошейникам которых он будет прицеплен, так как появится возможность отображения, на каком расстоянии они находятся от ведущих модулей.

**1.1 Описание методов ориентирования радиомодулями и иными способами ориентирования**

GPS (Global Positioning System) – это спутниковая навигационная система, позволяющая с точностью не хуже 100 м определить местоположение объекта: широту; долготу; - высоту над уровнем моря, а также направление и скорость его движения. Кроме того, с помощью GPS можно определить время с точностью до 1 наносекунды.

GPS состоит из работающих в единой сети 24 спутников, находящихся на 6 орбитах высотой около 17 000 км над поверхностью Земли. Спутники постоянно движутся со скоростью около 3 км/сек, совершая два полных оборота вкруг планеты менее чем за 24 часа.

Орбиты спутников располагаются примерно между 60 градусами северной и южной широты. Этим достигается то, что сигнал хотя бы от некоторых спутников может приниматься повсеместно в любое время. Даже на полюсах можно «увидеть» спутники. GPS приёмник или GPS навигатор – это прибор, позволяющий определить ваше местоположение в любой точке: на суше, на море и в околоземном пространстве.

В зависимости от области применения, диапазон которой довольно широк, а также от стоимости, которая может колебаться от сотен до нескольких тысяч долларов, исполнение GPS-приемников также весьма разнообразно. В целом весь спектр моделей можно разделить на четыре большие группы: Портативные GPS приемники индивидуального применения - эти модели отличаются малыми габаритами и широким набором сервисных функций, от возможности формирования и расчета маршрут следования, до функции приема и передачи электронной почты; Автомобильные GPS приемники, которые предназначены для установки в любом наземном транспортном средстве и имеют возможность подключения внешней приемо-передающей аппаратуры для автоматической передачи параметров движения на диспетчерские пункты; Морские GPS приемники, оснащенные ультразвуковым эхолотом, а также дополнительными сменными картриджами с картографической и гидрографической информацией для конкретных береговых районов; Авиационные GPS приемники, используемые для пилотирования летательных аппаратов, включая коммерческую авиацию.

Для определения местоположения GPS приемник сравнивает время отправки сигнала со спутника со временем его получения на Земле. Эта разница во времени говорит приемнику о расстоянии до конкретного спутника. Если добавить к этому информацию о расстоянии, измеренном до нескольких других спутников, то можно триангулировать свое местоположение. Имея сигналы от (минимум) трех спутников, можно определить широту и долготу – это называется двумерной фиксацией. Если же спутников четыре или более, то GPS приемник может определить положение в 3-х мерном пространстве, т.е. указать широту, долготу и высоту над уровнем моря. Постоянно отслеживая ваше местоположение в течение некоторого времени, приемник также может рассчитать скорость и направление Вашего движения. Одним из важнейших преимуществ GPS перед существовавшими ранее наземными системами является всепогодность. Независимо от того, для каких целей Вы используете навигацию, GPS приемник готов показать Ваше местоположение – и именно тогда, когда вам это надо.

На точность GPS влияет геометрия спутников. Понятие «геометрия спутников» означает то, как они расположены относительно друг друга и GPS-приемника. Если, например, приемник «видит» четыре спутника и все четыре расположены в северном и западном направлениях, то спутниковая геометрия скорее плохая. Причем вплоть до того, что приемник вообще не сможет определить местоположение. Почему? Потому что все расстояния, измеренные до спутников, будут лежать в одном глобальном направлении. Это означает, что триангуляция будет плохой и что область пересечения построенных прямых будет довольно большой (т. е. область вероятного положения будет занимать значительное пространство и точно указать координаты невозможно). В этом случае, даже если приемник выдает некоторые значения координат, их точность не будет достаточно хороша (возможно, 100 – 150 м). Если же эти четыре спутника будут находиться в разных направлениях, то точность значительно возрастет. Геометрия спутников становится особенно важной при использовании GPS приемника в автомобиле, среди высоких зданий, в горах или в глубоких ущельях. Если сигналы от некоторых спутников оказываются экранированными, то точность определения местоположения будет зависеть от оставшихся «видимых» спутников.

Другим источником ошибок является переотражение спутникового сигнала от различных объектов (в быту мы встречаемся с эти явлением в виде появления раздвоенного изображения на экране телевизора). В случае GPS переотражение возникает при взаимодействии сигнала со зданиями или рельефом местности до того, как он достигнет приемной антенны. Такому сигналу требуется больше времени для достижения приемника, чем прямому. Это увеличение времени заставляет приемник считать, что спутник находится на большем расстоянии, чем на самом деле и это увеличивает ошибку при определении положения. Такие переотражения, если происходят, то могут добавить около 5 м в общую ошибку.

Технология A-GPS, значительно ускоряет запуск системы GPS слежения. Такой запуск системы назвали «холодный старт». Ускорение происходит за счет получение координат от спутника, с использованием альтернативных способов передачи данных.

В качестве альтернативных способов передачи данных можно использовать технологию GSM (GPRS, EDGE, 3G). То есть, первые приблизительные координаты телефона с точностью до 2км приходят по интернет каналу. Это координаты ближайшей базовой станции вашего сотового оператора. В результате, пока модуль GPS будет обрабатывать данные со спутников, а на это ему потребуется время, в зависимости от внешних факторов, Вы уже получите свое приблизительное местоположение. После того, как модуль GPS обработает все полученные данные, Ваше местоположение будет уточнено по новым координатам со спутников.

Для применения технологии A-GPS, необходимо, чтобы такую возможность предоставляли сотовые операторы Вашего региона. Так как передача данных происходит не напрямую от спутников, а через наземные беспроводные сети связи, следовательно, и стоимость этой услуги определяется операторами, предоставляющими Вам связь. Основные достоинства A-GPS—значительно возрастает скорость запуска системы GPS слежения, увеличивается скорость работы GPS модуля и обновления координат. Одно из главных преимуществ системы A-GPS—это экономия энергии, в следствие чего, выросло время работы мобильных устройств.

В списке характеристик одних смартфонов указывается наличие GPS-модуля, других – A-GPS. Чем же отличаются эти модули? Устройство с обычным GPS-приемником при холодном старте (когда системой навигации долго не пользовались) спутники может искать долго – время ожидания порою достигает 10 и более минут. Это объясняется тем, что GPS-приемник ищет спутники, не имея информации об их местоположении. При использовании A-GPS устройство сразу же получает часть необходимой информации с помощью сети GPRS/3G (трафик не более 10 КБ). Таким образом, A-GPS представляет собою программную надстройку над GPS-приемником, которая значительно уменьшает время поиска спутников при холодном старте. Кроме того, эта надстройка позволяет увеличить точность определения местонахождения в зонах со слабым сигналом от спутников. Есть, однако, у A-GPS один небольшой минус. В отличие от GPS, пользоваться которой можно абсолютно бесплатно, A-GPS приходится оплачивать согласно установленному вашим провайдером тарифу, поскольку она потребляет интернет-трафик (пусть и незначительный).

GPS - это один из способов ориентирования на местности, но так же существует, такой способ ориентирования, как ориентирование по азимутам. Азимут направления с точки стояния на местный предмет называется прямым магнитным азимутом. В некоторых случаях, например, для отыскания обратного пути, используют обратный магнитный азимут, который отличается от прямого на 180°. Чтобы определить обратный азимут, нужно к прямому азимуту прибавить 180°, если он меньше 180°, или вычесть 180°, если он больше 180°. На рис. обратный азимут равен 150°. Для определения направления на местности по заданному магнитному азимуту необходимо установить на шкале компаса против мушки отсчет, разный значению заданного магнитного азимута. Затем, отпустив тормоз магнитной стрелки, повернуть компас в горизонтальной плоскости так, чтобы северный конец стрелки установился против нулевого деления шкалы.

После этого, не меняя положения компаса, заметить на местности по линии визирования через целик и мушку какой-нибудь удаленный ориентир. Направление на ориентир и будет определяемым направлением, соответствующим заданному азимуту. Совмещение визирной линии с направлением на предмет (цель) достигается многократным переводом взгляда с визирной линии на цель и обратно. Не рекомендуется поднимать компас до уровня глаз, так как в этом случае снижается точность измерения. Точность измерения азимутов с помощью компаса Андрианова составляет плюс-минус 2-3°.

Не стоит забывать про GSM. GSM является самой распространенной системой сотовой связи в мире, а её название расшифровывается иначе - Global System for Mobile telecommunications или «глобальная система мобильных телекоммуникаций».

В сотовой связи стандарта GSM используются радиочастоты 900, 1800 или 1900 МГц (трехдиапазонные телефоны при этом могут использоваться в сетях любого из перечисленных частотных диапазонов). В сравнении с аналоговыми стандартами GSM имеет целый ряд преимуществ. Основные из них – применение маломощных передатчиков в абонентских аппаратах и в базовых станциях. Это удешевляет саму аппаратуру, но не сказывается на качестве связи. Кроме того, передача информации в цифровом виде позволяет легко обеспечить высокую степень конфиденциальности переговоров.

Технология GSM совмещает в себе множество сложнейших технологий. Первая из них – технология оцифровка и кодирование звука. Поскольку оцифровка звука требует немалых вычислительных ресурсов, в каждом сотовом телефоне, даже в самом дешевом, работает достаточно мощный специализированный компьютер, который выполняет функции аналого-цифрового и цифро-аналогового преобразователей - АЦП и ЦАП.

Далее – технология многоканального выравнивания. Дело в том, что в диапазоне 900 МГц и выше радиосигнал легко отражается от стен зданий и других препятствий. В результате телефон получат множество отличающихся по фазе сигналов, из которых выделяет нужный, а остальные игнорирует.

При передвижении абонента сотовый телефон должен автоматически переходить с частоты на частоту без прерывания сеанса связи. Это обеспечивает технология «медленного частотного скачка». При этом каждая «порция» информации (а весь поток цифровой информации разделяется на «порции» в рамках так называемого тайм-слота – временного промежутка) передается по разным частотам.

Рассмотрев некоторые популярные способы ориентирования, перейдём к преимуществам модуля RSSI. Во-первых, стоимость, такой модуль можно приобрести по цене 3,30 $ за одну штуку, к примеру, минимальная стоимость телефона с GPS, составляет около 32 $ за штуку. Во-вторых, простота использования, такой модуль не требует тщательной подготовки местности, для передвижения по определённым точкам, как например требуется для осуществления ориентирования по азимуту. И наконец, модуль не требует дополнительных радио станций (спутников и т.д.).

**1.2 Диапазон частот работы используемых радиомодулей**

RSSI – модули бывают разных частот. Например, существуют модули с частотой 433/470/868/915 мГц. Все эти модули попадают в диапазон дециметровых волн, частотный диапазон электромагнитного излучения, радиоволны с длиной волны от 10 см до 1 м, что соответствует частоте от 300 МГц до 3 ГГц (ультравысокие частоты, УВЧ). Для передачи дециметровых волн, как правило, используются коаксиальные кабели. При передаче с помощью антенны используются параболические антенны или антенны «волновой канал». При распространении вдоль земной поверхности дециметровые волны распространяются только в пределах прямой видимости и передача, при нормальных условиях, более чем на 100 километров затруднена. Дальность приема сигнала может быть увеличена за счет способности дециметровых волн рассеиваться на неоднородностях тропосферы. Дециметровые волны не отражаются ионосферой, почти не рассеиваются и не поглощаются дождями и туманами. Они применяются в радиолокации, в радиорелейной связи, для связи к космическими объектами, в телевидении, в сотовой связи. В данном диапазоне работает много разнообразных радиостанций и аппаратуры связи, мы рассмотрим лишь интересную часть диапазона, а именно 400-470 МГц, получивший за счет своей длины волны название «70 сантиметров». За счет оптимальных характеристик для использования в условиях большого индустриального города (хорошая помехозащищенность, дальнее распространение в условиях радиовидимости при небольшой мощности), многие крупные службы в крупных городах переходят или перешли на данный диапазон частот. Здесь уже не обойтись без использования «репитеров» — специальных приемо-передатчиков сигнала, устанавливаемых в самых высоких точках, имеющих качественные и чувствительные антенны, и соответственно способные принимать и передавать сигнал на большие расстояния (не забываем: при наличии прямой радиовидимости для данных частот сигнал распространяется далеко и без затуханий, даже при небольшой мощности).   
 Мы подошли к самой интересной части: в диапазоне «70 сантиметров» находятся выделенные полосы частот, как для официальных радиолюбителей, так и для свободного использования всеми желающими (на некоммерческой основе). Для радиолюбителей отведены частоты 430-440 МГц, для бытового использования выделены 433.075 МГц – 434.775 МГц (сетка из 69 каналов с шагом 25 кГц, LPD) и 446.00625 – 446.09375 МГц сетка из 8 каналов с шагом 12.5 кГц, PMR). Перейдём непосредственно к LPD и PMR. LPD – расшифровывается как Low Power Device, то есть «устройства с низкой мощностью излучения». Именно так и есть – по стандарту, мощность, излучаемая передатчиком радиостанции стандарта LPD не должна превышать 10 мВт, что крайне мало, хотя даже этого достаточно для связи на расстоянии до нескольких километров, в условиях прямой видимости.   
 PMR – расшифровывается как Private Mobile Radio, то есть радиосвязь для частного пользования. По стандарту разрешенная мощность излучения здесь уже больше, чем у LPD, а именно 0.5 Ватта. Однако, в отличии от LPD эта мощность как правило и является честной, редкая радиостанция PMR имеет мощность более 1 Ватта, так как этот стандарт разрешен во многих странах Европы, и сертификация там проходит более серьезно. Так же, диапазон частот PMR более узкий, и в нем «помещаются» всего лишь 8 каналов (против 69 каналов у LPD). 

**1.3 Микроконтроллеры Arduino**

А теперь хотелось бы затронуть одну из главных частей проекта - это микроконтроллеры Arduino. Почему же было принято решение использовать именно их? Возникновение платформы Arduino стало закономерным ответом индустрии на запрос со стороны пользователей электронных приборов, не желающих тратить кучу времени на поиск нужного (и, возможно, отсутствующего) устройства на рынке, а сделать его своими руками, причем, желательно, с наименьшей затратой сил, средств и времени. Развитие микроэлектроники в последние десятилетия подготовило все условия для решения такой задачи, тем самым переведя радиолюбительство на принципиально иной уровень. Переворот, который совершила Arduino в области любительского конструирования электронной техники, можно сравнить с революцией в фотографии, наступившей с появлением цифровых камер. Если еще лет тридцать назад увлеченному радиолюбителю, как и фотографу, приходилось заводить дома целую лабораторию, то теперь на все про все достаточно одного настольного компьютера. Своим возникновением Arduino создала новую категорию любителей и целую отрасль индустрии, направленную на их обеспечение нужными комплектующими.В основе платформы лежат несколько типовых плат-модулей, в современной версии большей частью построенных на контроллере А Tmega328. Этот контроллер имеет 32 килобайта памяти программ, чего достаточно для загрузки даже столь объемных загрузочных файлов, какие получаются при компилировании в среде Arduino IDE. Подробно описывать базовые модули Arduino здесь нет особого смысла - с ними можно познакомиться на официальном сайте. Они в целом соответствуют структуре типового АVR,но дополнительно содержат стабилизаторы питания, несколько светодиодов и других компонентов, и, главное - встроенный загрузчик с преобразователем USB/UART, позволяющим и программировать контроллер через последовательный порт, и организовать «общение» программы с компьютером. Для этой цели в контроллер на платах Arduino заранее записывается программа загрузчик. Если вы будете программировать Arduino напрямую, через обычный ISР-программатор, то загрузчик, естественно, окажется испорченным. Однако его всегда можно восстановить с помощью среды Arduino IDE, потому любые эксперименты не приведут к фатальным последствиям. С другой стороны, на некоторых платах Arduino контроллер установлен на панельку, что позволяет применять плату совместно со средой программирования, как удобный программатор для МК АVR, которые потом можно устанавливать в другие схемы.

Среда программирования Arduino или Arduino IDE (Integrated Development Environment, интегрированная среда разработки) отличается от других подобных продуктов простотой и компактностью. Установки фактически не требуется - скачивается ZIР-архив с официального сайта и распаковывается на компьютере в любую папку, учитывая при этом, что размещать среду предпочтительно не в привычной Program Files (или в Program Files (х86) для 64-разрядных Windows), а в отдельном каталоге вне системных папок - иначе могут возникнуть проблемы с правами доступа. Программы для Arduino (скетчи) пишутся на варианте языка Processing/Wiring, специально разработанном для этой среды. Как и многие другие языки, он основан на языке С/С++, потому в случае затруднений в правилах синтаксиса можете смело обращаться к любому сетевому справочнику по функциям этих популярных языков.

В среде Arduino работает большинство стандартных функций языка С, так что проблема будет не в том, чтобы найти способ осуществления, какого-либо действия (такого, как извлечение корня или преобразование числа в строку и наоборот), а в том, чтобы выбрать подходящий способ из всего многообразия, которым почему-то так гордятся приверженцы этого языка. Справку по большинству функций языка С можно найти в соответствующем разделе классического учебника Герберта Шилдта.И раз уж мы заговорили о программировании, то рассмотрим язык программирования C. Появление языка С потрясло компьютерный мир. Его влияние нельзя было переоценить, поскольку он коренным образом изменил подход к программированию и его восприятие. Язык С стал считаться первым современным "языком программиста", поскольку до его изобретения компьютерные языки в основном разрабатывались либо как учебные упражнения, либо как результат деятельности бюрократических структур. С языком С все обстояло иначе. Он был задуман и разработан реальными, практикующими программистами и отражал их подход к программированию. Его средства были многократно обдуманы, отточены и протестированы людьми, которые действительно работали с этим языком. В результате этого процесса появился язык, который понравился многим программистам- практикам. Язык С быстро завоевал умы и сердца многочисленных приверженцев, у которых возникло к новому языку почти религиозное чувство, что способствовало быстрому и широкому его распространению в сообществе программистов. Короче говоря, С — это язык, который разработан программистами для программистов. Именно это и обусловило его бешеный успех. Язык С изобрел Дэнис Ритчи (Dennis Ritchie) для компьютера PDP-11 (разработка компании DEC — Digital Equipment Corporation), который работал под управлением операционной системы (ОС) UNIX. Язык С — это результат процесса разработки, который сначала был связан с другим языком — BCPL, созданным Мартином Ричардсом (Martin Richards). Язык BCPL индуцировал появление языка, получившего название В (его автор — Кен Томпсон (Ken Thompson)), который в свою очередь привел к разработке языка С. Это случилось в начале 70-х годов. На протяжении многих лет стандартом для языка С де-факто служил язык, поддерживаемый ОС UNIX и описанный в книге Брайана Кернигана (Brian Kernighan) и Дэниса Ритчи The С Programming Language (Prentice-Hall, 1978). Однако формальное отсутствие стандарта стало причиной расхождений между различными реализациями языка С. Чтобы изменить ситуацию, в начале лета 1983 г. был учрежден комитет по созданию ANSI-стандарта, призванного — раз и навсегда — определить язык С. Конечная версия этого стандарта была принята в декабре 1989, а его первая копия стала доступной для желающих в начале 1900. Эта версия языка С получила название С89, и именно она явилась фундаментом, на котором был построен язык C++. Язык С часто называют компьютерным языком "среднего уровня". Применительно к С это определение не имеет негативного оттенка, поскольку оно отнюдь не означает, что язык С менее мощный и развитый (по сравнению с языками "высокого уровня") или его сложно использовать (подобно ассемблеру). (Для языка ассемблера характерно символическое представление реального машинного кода, который может выполнять компьютер.) С называют языком среднего уровня, поскольку он сочетает элементы языков высокого уровня (например, Pascal, Modula-2 или Visual Basic) с функциональностью ассемблера. С точки зрения теории в язык высокого уровня заложено стремление дать программисту все, что он может захотеть, в виде встроенных средств. Язык низкого уровня не обеспечивает программиста ничем, кроме доступа к реальным машинным командам. Язык среднего уровня предоставляет программистам некоторый (небольшой) набор инструментов, позволяя им самим разрабатывать конструкции более высокого уровня. Другими словами, язык среднего уровня предлагает программисту встроенную мощь в сочетании с гибкостью. Будучи языком среднего уровня, С позволяет манипулировать битами, байтами и адресами, т.е. базовыми элементами, с которыми работает компьютер. Таким образом, в С не предусмотрена попытка отделить аппаратные средства компьютера от программных. Например, размер целочисленного значения в С напрямую связан с размером слова центрального процессора (ЦП). В большинстве языков высокого уровня существуют встроенные инструкции, предназначенные для чтения и записи дисковых файлов. В языке С все эти процедуры выполняются посредством вызова библиотечных функций, а не с помощью ключевых слов, определенных в самом языке. Такой подход повышает гибкость языка С. Язык С позволяет программисту (правильнее сказать, стимулирует его) определять подпрограммы для выполнения операций высокого уровня. Эти подпрограммы называются функциями. Функции имеют очень большое значение для языка С. Их можно назвать строительными блоками С. Программист может без особых усилий создать библиотеку функций, предназначенную для выполнения различных задач, которые используются его программой. В этом смысле программист может персонализировать С в соответствии со своими потребностями. Необходимо упомянуть еще об одном аспекте языка С, который очень важен для C++:

С — структурированный язык. Самой характерной особенностью структурированного языка является использование блоков. Блок — это набор инструкций, которые логически связаны между собой. Например, представьте себе инструкцию IF, которая при успешной проверке своего выражения должна выполнить пять отдельных инструкций. А если эти инструкции (специальным образом) сгруппировать и обращаться к ним как к единому целому, то такая группа образует блок. Структурированный язык поддерживает концепцию подпрограмм и локальных переменных. Локальная переменная — это обычная переменная, которая известна только подпрограмме, в которой она определена. Структурированный язык также поддерживает ряд таких циклических конструкций, как while, do-while и for. Однако использование инструкции goto либо запрещается, либо не рекомендуется, и не несет в себе той смысловой нагрузки для передачи управления, какая присуща ей в таких языках программирования, как BASIC или FORTRAN. Структурированный язык позволяет структурировать текст программы, т.е. делать отступы при написании инструкций, и не требует строгой привязки к полям, как это реализовано в ранних версиях языка FORTRAN. Наконец (и это, возможно, самое важное), язык С не несет ответственности за действия программиста. Основной принцип С состоит в том, чтобы позволить программисту делать все, что он хочет, но за последствия, т.е. за все, что делает программа (пусть даже очень необычное, что-то из ряда вон или даже подозрительное), отвечает не язык, а программист. Язык С предоставляет программисту практически полную власть над компьютером, но эта власть ложится на его плечи тяжким бременем ответственности.

Итак, подытожим, Arduino - это один из самых дешёвых микроконтроллеров, но в тоже время обладающим полным набором технологий, заключённых в стандартных микроконтроллерах, в добавок он кроссплатформенный, что позволяет работать в практически любых средах разработки.

**1.4 RSSI-модули**

RSSI (Received Signal Strength Indication) - уровень мощности принимаемого сигнала, дословно: индикатор силы принимаемого сигнала. Под силой в этой аббревиатуре следует понимать мощность радиосигнала. Физический смысл несут единицы mW или dBm. Чем выше число RSSI, или чем оно менее отрицательное, тем сильнее сигнал. Показатель RSSI плохо коррелирует с качеством сигнала, но может использоваться для приблизительной оценки качества.

Децибел (decibel, dB) — логарифмическая величина, которая отражает отношение физической величины (обычно мощности или интенсивности) к заданному референсному уровню. Отношение в децибелах – это десятикратная величина десятичного логарифма отношения двух мощностей. Двукратная разница в мощностях будет записана в децибелах как ~ 3dB. Десятикратная разница в мощностях будет записана как 10dB. Отношение мощности 1000 к 1 в децибелах будет записана как 30dB. В децибелах удобно выражать очень большие и очень маленькие величины, в силу его логарифмической природы. Часто децибел получает суффикс, который показывает используемую референсную величину. Суффикс m в dBm обозначает милливатт.

Перейдём непосредственно к RSSI - модулю, который мы использовали. SI -4432 Чувствительность приёмника -121 dBm. Мощность передатчика до +20 dBm (возможна программная настройка с шагом 3 dBm). Имеется встроенная функция разнесённого приёма (Antenna Diversity). Микросхема способна работать на частотах от 240 до 960 МГц с шагом 156 (240-480 МГц) или 312 Гц (480-960 МГц). Также микросхема имеет такие особенности как: таймер автоматического пробуждения, детектор низкого заряда батареи, 64-х байтный буфер приема/передачи, автоматический обработчик пакетов, датчик температуры, 8-ми разрядный АЦП, источник опорного напряжения, три вывода GPIO, различные виды модуляции сигнала (OOK, FSK, GFSK) и др. Микросхема работает от 1.8 до 3.6 В питающего напряжения. На модуле отсутствуют какие-либо стабилизаторы напряжения, таким образом нужно соответствующее обеспечение питания и соответствующий уровень на логических входах. На модуле видна еще одна мелкая шестивыводная микросхема с маркировкой G4C. Это микросхема uPG2179TB, которая выполняет функцию переключения антенны между выводами TX и RX, обеспечивая тем самым возможность работы модуля как в режиме приема, так и в режиме передачи. Управление микросхемой переключателя осуществляется самой SI4432 по портам GPIO0 и GPIO1, которые, при инициализации нужно соответственно запрограммировать, для смены/установки режима приема/передачи. При этом данная схемотехническая конфигурация не позволяет использовать функцию разнесённого приема, а функционирование выводов GPIO0 и GPIO1 должно быть отведено только на управление переключателем uPG2179TB.  
 Номиналы конденсаторов и индуктивностей установленных в обвязке антенных входов SI4432 должны выбираться исходя из рабочего частотного диапазона, характеристик антенны и диапазона питающих напряжений. Какие именно номиналы имеют указанные элементы неизвестно.

Распиновка:

- NSEL, SCLK, SDI, SDO — интерфейс SPI (работа с SI4432 сводится к записи и чтению регистров SI4432 по интерфейсу SPI);  
 - NIRQ — вывод прерываний (если произошло событие прием/передача и пр., то уровень на этом выводе падает в 0, какие именно события будут приводить к прерываниям зависит от значений битов в соответствующих регистрах);  
 - SDN — вывод управления режимом работы SI4432, если установить высокий уровень на SDN, то SI4432 переходит в режим Shutdown, в котором микросхема переходит в режим энергосбережения с током потребления 15 нА, при этом всё содержимое регистров возвращается к исходному состоянию и невозможна передача данных по SPI;   
 - VDD —питание модуля от 1.8 до 3.6 В;  
 - GND —«земля»;  
 - GPIO0, GPIO1, GPIO2 — программируемые порты ввода/вывода (если не перепаивать модуль, то под свои цели можно запрограммировать только GPIO2, так как GPIO0 GPIO1 уже заняты для переключения режима приема/передачи).

Подключение модуля производится в соответствии с распиновкой приведенной выше. Для простого приёма или передачи данных выводы GPIO можно не заводить на входы микроконтроллера и оставить их висящими в воздухе. Выводы SPI подключаются к соответствующим выводам микроконтроллера, NIRQ можно повесить на любой свободный вывод микроконтроллера (наверное, лучше на такой вывод, где можно получить внешнее прерывание по фронту). SDN можно завести на «землю» или на вывод МК, но при этом не забыть установить его в 0.

Обработчик пакетов используется в режиме приёма и в режиме передачи. Можно передавать данные и без обработчика пакетов, в этом случае нужно описывать структуру пакета в регистрах самостоятельно. Обычно структура пакета выглядит следующим образом: Преамбула (Preamble) — последовательность 0101… используемая для синхронизации приёмника и передатчика. SI4432 имеет встроенный детектор преамбулы. При настройке SI4432 в регистрах задаётся значение длины преамбулы и величины порога детектирования преамбулы. Если длина преамбулы или порог детектирования преамбулы будет меньше определённого значения, то возрастёт вероятность потери пакетов данных. Детектор преамбулы ищет преамбулу в соответствии с порогом детектирования. Если найдена соответствующая преамбула, то запускается механизм определения слова синхронизации (Sync Word).   
 Передаваемый пакет всегда начинается с преамбулы (010101… битовый паттерн), которая позволяет приемнику приготовится для приема передаваемых данных. Дина преамбулы, как и порог, зависят от настроек радио: типа модуляции, автоматической частотной подстройки (AFC). В SI4432 есть встроенный детектор преамбулы, который автоматически сравнивает полученные из эфира биты с битовым паттерном преамбулы, если детектор преамбулы обнаруживает предопределенную длину последовательности битов преамбулы в принятом сигнале, то SI4432 сообщает о приеме валидной преамбулы в статусных регистре или по выводу GPIO, если произведена соответствующая настройка GPIO.

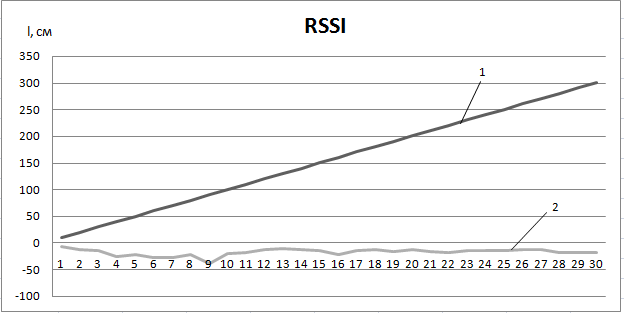
Порог детектирования преамбулы — программируемая величина. В зависимости от типа модуляции (FSK, GFSK, OOK), задействования автоматической частотной подстройки (AFC) и разнесённого приёма (antenna diversity) производитель рекомендует выбирать длину преамбулы и порог детектирования преамбулы.

После успешного детектирования преамбулы, радио ожидает слова синхронизации. По его приходу сравнивает полученные биты. После успешного сравнения SI4432 начинает заполнять FIFO передаваемыми данными. Слово синхронизации, известная для приемника и передатчика последовательности битов, позволяет идентифицировать передаваемые данные.   
 Если передаваемые данные имеют произвольную длину (можно сделать фиксированную), то в пакет добавляется байт с информацией о длине передаваемых данных. Также в пакет добавляется контрольная сумма CRC.  
 Используя обработчик пакетов, микроконтроллер конфигурирует формат передаваемого пакета один раз при первичной настройке SI4432, затем, чтобы передать данные микроконтроллер должен просто записать их в соответствующий FIFO регистр SI4432.  
 Отключение заголовка, установка переменного количества байт передаваемых данных (количество переданных байт записывается автоматически в передаваемый пакет данных) и 2 байта для слова синхронизации. Источник модуляции — данные которые необходимо промодулировать, чтобы передать в эфир. В данном случае FIFO установлен источником. Но есть и прямой режим, когда биты данных, с определенным таймингом, подаются на какой-либо вывод SI4432 (GPIOn, SDI, NIRQ).  
 Как было описано ранее, модуль имеет один вывод под антенну и переключатель режима прием передача на микросхеме uPG2179TB, выводы которой заведены на GPIO0 и GPIO1. Таким образом, можно запрограммировать GPIO на автоматическое переключение.

Точность установки центральной частоты определяется точностью кварцевого резонатора, его нагрузочной ёмкостью, а также различными паразитными ёмкостями в цепи резонатора. Уменьшить влияние указанных факторов на точность установки центральной частоты можно следующими способами:  
 - Использовать более высокое значение частоты отклонения для передатчика и более широкий диапазон для приемника.  
 - Использовать AFC (Auto-frequency calibration), для этого необходимо увеличить длительность преамбулы.  
 - Настроить регистр ответственный за нагрузочную ёмкость кварцевого резонатора.

**2 Разработка модуля для ориентирования на местности**

**2.1 Функционал**

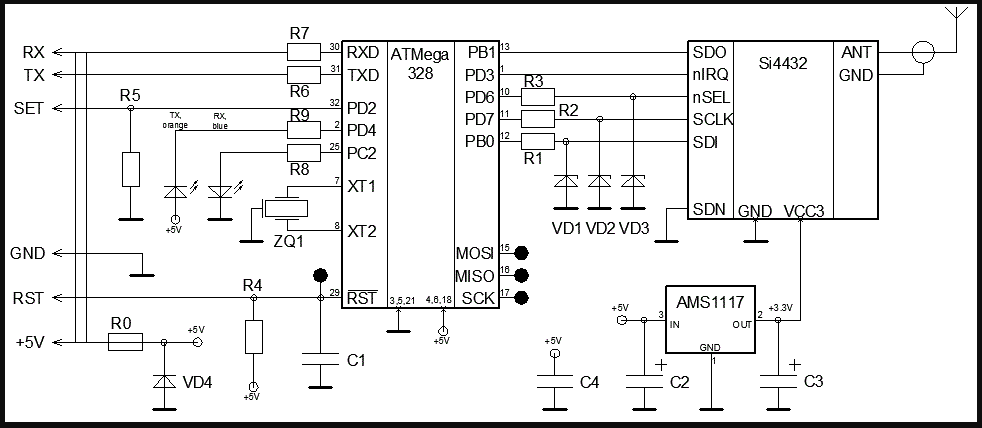
Итак, функционал данного проекта - модуль локальной навигации, это совокупность нескольких отдельных модулей передачи и приёма сигналов RSSI. Существует 2 типа модулей - это "ведущий" и "ведомый". Ведущий модуль принимает и обрабатывает значения уровня сигнала "ведомого" модуля, после чего выводит на экран значение RSSI, и расстояние от данного модуля до сообщающегося с ним. "Ведомый" модуль - просто отправляет сигнал RSSI. При идеальных условиях, мы можем с точностью до нескольких сантиметров определить, на каком расстоянии находится передатчик. Однако, на стадии тестирования мы столкнулись с такой проблемой, как помехи. Как видно на "Рисунке 1", значения RSSI сигнала отрицательны, либо приближены к 0.

1- расстояние см.; 2 - RSSI сигнал

Рисунок 1 - значение RSSI сигнала от растояния

Эта проблема решилась довольно просто, достаточно было сменить само место, где производились измерения, так как , использованная для проведений замеров, лаборатория не имела идеальных условий для проведения тестирования, так как находящиеся в лаборатории радиоприборы, компьютеры и прочее, создавали помехи, и потому было принято решение произвести измерения на улице, что привело к гораздо более приемлемому результату, хотя и на улице показатели давали приличную погрешность, но расстояние рассчитывалось правильно.

**2.2 Описание готового модуля и программного обеспечения к нему**

****

На "Рисунке 2" схематично изображено устройство самого модуля.

Рисунок 2 - устройство модуля локальной навигации

Он состоит из трёх элементов - это микроконтроллер Arduiono Uno, RSSI модуль - SI -4432, и стабили затор AMS-1117. Для перехода к связи таких модулей необходимо разобрать программное обеспечение для данного микроконтроллера. Среда программирования Arduino или Arduino IDE (Integrated Development Environment, интегрированная среда разработки) отличается от других подобных продуктов простотой и компактностью. Установки фактически не требуется — просто скачайте ZIP-архив с официального сайта и распакуйте его на компьютере в любую папку, учитывая при этом, что размещать среду предпочтительно не в привычной Program Files (или в Program Files (x86) для 64-разрядных Windows), а в отдельном каталоге вне системных папок — иначе придется возиться с правами доступа .Обычно среды программирования перед компиляцией автоматически сохраняют текущий вариант текста программы, но здесь его придется сохранять отдельной операцией (перед выходом из среды об этом вам напомнят). Причем каждый проект вас заставят сохранять в отдельной папке, имя которой должно совпадать с именем файла. А вот скомпилированный hex-файл, если он вдруг вам понадобится (его можно ведь загружать обычным программатором, без среды Arduino), придется поискать. Результаты деятельности Arduino IDE размещаются в корне папки**"Пользователи"<"имя пользователя">"АррDatаLосаlТеmр"** (не путайте AppData с системной Application Data).

# Заключение

Рассмотрев все аспекты данного курсового проекта, можно сказать , что данный модуль является бюджетным, простым в использовании и быстроразвертываемым приспособлением, для навигации в пространстве, и так же стоит заметить, что данный модуль можно усовершенствовать. Например, использовать его для составления на экране, который связан с модулем, объемной модели статичных объектов, путём добавления в него ультразвуковых дальномеров или эхолокаторов, предварительно установив сами модули на дроны, что позволит менять их положение в пространстве, тем самым отсылая информацию, на каком расстоянии от каждого модуля находиться край объёмного объекта.

# **Список использованных источников**

1. Оппейгейм А. Цифровая обработка сигналов / А. Оппенгейм, Р. Шафер. – М.: Техносфера, 2011. – 855 с.

2. Программное обеспечение для обработки пространственной географической информации / Ю. Р. Архипов, В. М. Московкин, М. В. Панасюк и др. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. – 2013. –№ 4. – С. 10–14.

3.