

г. **Караганда**, ул. Алиханова 37, офис 108  
г. **Алматы**, ул. Байтурсынова 85, блок Г,  
офис 11  
г. **Астана**, проспект Абая, 24/1, офис 47

E-Mail: [support@radiomart.org](mailto:support@radiomart.org)



**Артикул: 12948      Цена в прайсе: 17941 тг.**

### **3DR телеметрия для Ardupilot arpm 2.8**



Радиомодули являются идеальным способом для настройки телеметрии между АРМ и наземной станцией. Сам модуль небольшого размера и с большим диапазоном радиодействия используемый открытую прошивку с открытым исходным кодом, которая позволяет нам делать то, что не может быть сделано с другими радиомодулями.

- Очень малый размер
- Легкий вес до 4 грамм без антенны
- Работа в диапазонах 915MHz или 433MHz
- Чувствительность приемника -121 дБм
- Может передавать мощность до 20 дБм (100 мВт)
- Прозрачный последовательный канал
- Скорость передачи данных до 250kbps
- Протокол MAVLink и отчетов о состоянии
- Поддержка частотного прыжка (FHSS)
- Адаптивное мультиплексирование с временным разделением (TDM)
- Поддержка LBT и AFA
- Настраиваемый рабочий цикл
- Встроенный код коррекции ошибок (можно исправить до 25% битовых ошибок данных)
- Модуль продемонстрировал дальность от нескольких километров с небольшой всенаправленной антенной
- Можно использовать двунаправленный усилитель для еще большего радиуса действия
- Прошивки с открытым исходным кодом
- AT команды для конфигурации радио
- RT команды для удаленного конфигурирования радио
- Адаптивное управление потоком при использовании АРМ
- Базируется на основе радиомодулей HM-TRP, с Si1000 8051 микроконтроллера и

радиомодуля Si4432 , RF23

## **Подключение радиомодулей**

Вам потребуются два модуля , один для вашего квадрокоптера, самолета, машинки , а другой для наземной станции. При использовании модулей первой версии у модуля "земля" есть USB разъем, что позволяет легко его подключить непосредственно к наземной станции.

В ОС Windows 7 и выше установка драйвера радиомодуля будет произведена автоматически при первом подключении (при наличии интернета).

У первой версии, которая подключается к полетному контроллеру есть контактный разъем, который может быть подключен на прямую к телеметрическому порту APM / Pixhawk / PX4, как показано ниже

**Примечание:** Вы не можете подключиться к APM2, если он так же подключен через USB (они имеют один и тот же порт) поэтому убедитесь, что вы отключили кабель USB от полетного контроллера квадрокоптера , прежде чем устанавливать беспроводное соединение через ПО

Используйте прилагаемый кабель и подключите его к порту телеметрии APM , а другой стороной к радиомодулю.

**Подключение модуля в APM2 (устарел) , как показано ниже:**

Модули поставляются с предварительно настроенными параметрами соединения порта в значении 57600 бит/с, которая является скоростью по умолчанию, которая использует APM для телеметрии, но вы можете изменить это на любое другое значение, которое вам нравится, либо с помощью AT команд Mission Planner или специальной программе конфигурации.

## **Подключение к Pixhawk**

Порт полетного контроллера Pixhawk использует 6-штырьковый DF13 разъем, вместо 5-штырькового используемого на APM2. Это позволяет управлять потоком, но это означает, что необходимо будет переделать кабеля, что бы подключить модули первой версии к Pixhawk.

## **Подключение к PX4**

Использование радиомодулей с вашим PX4FMU плюс PX4IO полетным контроллером

Радиомодули второй версии

Вторая версия радиомодулей имеет порт микро-USB и 6-ти портовый DF13. Инструкция по конфигурации на этой странице относиться к обеим версиям радио.

## **Конфигурация и использование радиомодулей**

### **Значения светодиодов**

В радиомодулях есть два светодиода, один красный и один зеленый. Значение состояния горения светодиодов заключается в следующем:

- Зеленый светодиод мигает - поиск сопряженного радиомодуля
- Зеленый светодиод постоянно горит - связь установлена с другим модулем радио

- Красный светодиод мигает - передачи данных
- красный светодиод постоянно горит - модуль находится в режиме обновления прошивки.

## **Настройка с помощью ПО Mission Planner**

В последних версиях Mission Planner в разделе 3DR Radio с помощью простого интерфейса GUI можно произвести настройку. Выберите нужный порт, который использует модуль "земля" и подключитесь на скорости передачи данных 57к. Затем нажмите клавиши CTRL-A и откроется окно. Нажмите на кнопку "Загрузить настройки" и эти параметры считываются с модемов и отобразятся в окне. (обратите внимание, что второй модуль тоже должен быть подключен т.к. это позволит в случае смены канала применить настройки и на удаленном).

## **Использование кабеля FTDI-USB для настройки радиомодулей**

Если предыдущие пункты не работают, попробуйте следующее

### **Подключите все, Настройка радиомодуля "земля"**

- Подключите радиомодуль "воздух" кабелем FTDI-к-USB к компьютеру в USB порт и обратите внимание на номер COM-порта
- Используйте Windows> Диспетчер устройств> Порты для выявления номера COM порта
- Вы будете знать, что кабель FTDI правильно ориентирован на радиомодуле "воздух" когда мигает зеленый светодиод.
- Подключите радиомодуль "земля" к порту USB на вашем компьютере и обратите внимание на номер COM-порта, В закладке Mission Planner в правом верхнем углу, установить скорость 57600 и выберите номер COM порта модуля "земля"
- В Mission Planner Flight, нажмите Ctrl-A, чтобы открыть окно настройки радио, нажмите Настройки нагрузка (с модуля "земля")
- В разделе Mission Planner - конфигурация радио, установите флажок "Дополнительные параметры"
- Если загруженные значения не те же самые, что и выше рекомендуемых настроек, сделайте их так, чтобы были и нажмите Сохранить

### **Настройка радиомодуля "воздух"**

- В Mission Planner в правом верхнем углу, выберите COM-порт радиомодуля
- В МП окне конфигурации радио, нажмите на Загрузить настройки (от радиомодуля "воздух")
- Редактируйте настройки радиомодуля "воздух" (в том числе Advanced Options), чтобы они были точно такие же, как и у радиомодуля "земля", а затем сохраните настройки нажав клавишу "Save Setting" (для радиомодуля "воздух")
- Вы не можете добавить значение в поле Формат, это нормально
- В Mission Planner нажмите "Настроить" -> 3DR Радио -> и введите те же самые параметры, включая продвинутые и нажмите Save Settings.

Подождите, когда оба радиомодуля соединятся (постоянное свечение зеленого светодиода)

### **Если возникла проблема и этого не произошло - обновите микропрограмму (прошивку у каждого модуля)**

Нажмите на "обновление прошивки" при подключении к каждому радиомодулю в свою очередь, затем повторите вышеописанное.

Имейте в виду, что в то время, как вы физически подключены к радиомодулю с помощью COM-порта, вы не можете использовать кнопку "копировать настройки на удаленное устройство" (нет удаленного соединения со вторым устройством)

## Проверка беспроводной телеметрии

- Отключите FTDI-to-USB от APM
- Подключите радиомодуль "воздух" к APM и подайте питание через батарейку
- В Mission Planner -> Flight Data -> укажите Com-порт наземного радиомодуля, указав скорость и нажмите Connect.

## Скорости подключения телеметрии по воздуху и кабелем

В списке параметров есть параметры SERIAL\_SPEED и AIR\_SPEED, которые находятся в той же форме, что полетный контроллер Ardupilot использует для параметра SERIAL3\_SPEED EEPROM.

Эта скорость в "kbps" (килобит) в виде целого числа, так цифра "9" означает 9600 бод, "38" означает 38400, "115" - 115200 и т.д.

## Выбор скорости передачи данных по воздуху

Ключевым параметром, который управляет спектр вашего радиоприемника является AIR\_SPEED. По умолчанию равен 64 (который является 64kbps) даст вам соединение порядка километра с обычными антеннами типа диполь (сосиска), которые ставятся на домашних роутерах. Понижение этого параметра может помочь увеличить дальность, но это так же снижает передаваемое их количество.

Микропрограмма радиомодуля может поддерживать только 13 типов скоростей обмена данных телеметрии по воздуху, которые: 2, 4, 8, 16, 19, 24, 32, 48, 64, 96, 128, 192 и 250. Используя нестандартные скорости можно, но это уже выходит за рамки этого описания и в большинстве случаев нужна под специфичные проекты.

Какую скорость выбрать - будет зависеть от следующих факторов:

- Какая дальность вам нужна
- С какой частотой вы будете отправлять данные
- Необходимо ли вам отправка в одну сторону или в обе
- Включена ли у вас коррекция ошибок - ECC
- Есть ли у вас прошивка Ardupilot с адаптивным управлением потока скорости

Для большинства приложений телеметрии вы в первую очередь будете посылать данные в основном в одном направлении: от квадрокоптера (или самолета) к наземной станции. Для большинства людей объем данных передаваемых с наземной станции на борт квадрокоптера (или самолета) мала, это может быть обычный пакет управления плюс пакет "сердцебиения"

Если вы используете джостик для управления вашим квадрокоптером или самолетом, то вы будете отправлять намного больше данных с наземной станции на борт и в этом случае вы можете увеличить значение AIR\_SPEED, хотя дальность будет снижена.

Параметр ECC делает большую разницу в скорости передачи данных, которую можно поддерживать на заданном AIR\_SPEED. Если ECC установить в ноль, то не будет отправляться коррекция ошибок, а радиомодуль будет использовать простой 16 битный CRC алгоритм для

обнаружения ошибок передачи. В этом случае ваш радио будет в состоянии поддерживать передачу данных в одном направлении , около 90% от AIR\_SPEED.

Если включить ECC (который очень рекомендуется), то скорость передачи данных может уменьшиться вдвое. Система ECC удваивает размер данных, передаваемых по радио. Частота передаваемых ошибок резко упадет и вы сможете получать намного более надежную информацию на больших расстояниях.

Если у вас установлена последняя прошивка Ardupilot (APM Plane 2.33 и выше, APM Copter 2.54 и выше), то полетный контроллер автоматически адаптирует свои скорости телеметрии к тому, что бы радиомодули могли работать используя MAVLink Radio пакеты передавая потоки MAVLink данных. Это позволяет "поддерживать подписку" путем создания больше скорости SERIAL\_SPEED, чем может справляться по радио.

Другим фактором в выборе скорости передачи данных является TDM 'sync time'. Два радиомодуля должны работать по шаблону скачкообразной частоты. Они делают это путем медленного изменения принимающего канала в то время, как быстро меняется канал передачи. Этот процесс получения синхронно с другой радио занимает всего несколько секунд, при высоких скоростях передачи данных, но становится медленнее при низких скоростях передачи данных.

Для большинства приложений любительских квадрокоптеров AIR\_SPEED по умолчанию 64 и ECC включен.

### **Исправление ошибок**

Как уже упоминалось выше, радиомодули поддерживают коррекцию ошибок 12/24 Golay, если вы установите параметр ECC до 1, что означает , что на каждые 12 бит данных по радио уйдет 24 бита, вычисляя биты используя таблицу Голея. Обратный процесс происходит на принимающем радиомодуле, что позволяет на каждые принимаемые 12 бит до 3 бит проверки отправить (т.е. 25% проверенных данных на ошибки)

Недостатком опции ECC является то, что это вдвое влияет на пропускную способность данных, но в большинстве случаев это этого стоит. Вы способны поддерживать надежную связь в течении длительных интервалах. Вы так же получите меньше "шума" в последовательном потоке

### **MAVLink поток**

Если вы установите опцию MAVLINK к значению 1 или 2, то радиомодули будут вещать MAVLink кадры. Протокол MAVlink используется для передачи Ardupilot данные телеметрии к наземной станции. При использовании кадров MAVLink радиомодули будут пытаться выровнять границы MAVLink потоков. Это означает, что если пакет будет потерян или передана его часть он не будет рассматриваться приемником. Частичный пакет будет выглядеть как помехи на линии в консоли наземной станции.

Если вы установите значение MAVLink до 2 , то в дополнение к выполнению MAVLink обрамления радио будет искать RC\_OVERRIDE пакеты (используется для джойстиком) и будет убеждаться, что эти пакеты будут посланы как можно быстрее. Эта позиция полезна, если вы используете основанную на джойстике контроль полета.

Прошивка радиомодулей будет стараться уместить несколько пакетов MAVLink в один радиопакет, для достижения максимальной эффективности. Наибольший размер радиопакета

252 байт.

Прошивка радиомодулей поддерживает как MAVLink 0.9, так и MAVLink 1.0 форматы передачи данных.

### **MAVLink отчетность**

Если параметр MAVLINK установлен в 1, то прошивка радиомодулей так же будет искать сообщение MAVLink HEARTBEAT по связи. Если он видит сообщение HEARTBEAT то знает, что протокол MAVLink находится в использовании и начнется забор вставляемых пакетов состояния в последовательном потоке данных.

Радиопакеты содержат информацию о RSSI (показатель интенсивности принятого сигнала) уровня на обеих линиях связи, что позволяет наземной станции или квадрокоптеру принять меры в случае, если качество связи падает слишком низко.

Радиопакеты так же содержат информацию о проценте ошибок и как полон последовательный буфер передачи (в процентах). Последняя прошивка Ardupilot может использовать эту информацию для автоматической адаптации скорости телеметрического потока в скорость передачи данных, что радио может передавать.

### **Уровни мощности**

Вы должны быть очень осторожны настраивая радиомодули, что бы оставаться в рамках правовых ограничений мощности в стране, где вы используете все это. Уровень мощности по умолчанию 20dBm отлично подходит для США и Австралии, а до 30dBm допускается лицензией класса LIPD. В полосе частот 915-928MHz для скачкообразной перестройки частоты. Так что пока ваши антенны имеют коэффициент усиления меньше 10dBi вы должны быть в рамках правил ISM. Ну а что касается России и Казахстана- старайтесь тоже сильно не "шуметь".

Радиомодули не могут поддерживать произвольные уровни мощности, зато есть следующая таблица поддерживаемых уровней мощности

Мощность (дБм)	Мощность (мВт)
1	1.3
2	1.6
5	3.2
8	6.3
11	12.5
14	25
17	50
20	100

Если вы выберете не поддерживаемый уровень мощности радиомодуль выберет следующий высокий уровень питания от приведенной выше таблицы.

Пожалуйста, тщательно проверяйте EIRP (эквивалентная изотропному излучаемая мощность) пределы мощности для вашей страны, убедитесь, что вы учитываете коэффициент усиления антенны.

Например , если ваши местные законы позволяют в течении времени максимум 30dBm (1W) EIRP , то если вы используете усилитель с коэффициентом усиления передающей 12dB и антенны с 3dBi усилением, то вам нужно будет установить TxPower максимум до 14.

## Использование AT команд

Радиомодемы поддерживают вариант AT команд модема Hayes для конфигурации.

Если открыть порт радиомодема в терминале, вы можете ввести радио в AT режим введя последовательность "+++".

При входе в AT режим вы получите ответ "OK" от радиомодуля и он перестанет отображать данные , передаваемые из другого радиомодуля.

В командном режиме AT вы можете дать команду управления AT локальному радиомодему или (если успешно подключены) вы можете использовать команды "RT" что бы управлять удаленным радио.

Доступные команды AT:

- AT1 - показать версию радиомодуля
- AT12 - показать тип платы
- AT13 - показать частоту платы
- AT14 - показать версию платы
- AT15 - показать все устанавливаемое пользователем параметры из EEPROM
- AT16 - Отображение отчета времени TDM
- AT17 - Отображение отчета сигнал RSSI
- ATO - Выйти из командного режима
- ATSn? - Номер параметра радиомодуля n-номера
- ATSn = X - установить параметр номер 'n' в значение 'X'
- AT3 - перезагрузить радио
- AT&W - записать текущие параметры в EEPROM
- AT&F - сброс всех параметров на заводские значения
- AT&T = RSSI - включить отчетность RSSI
- AT & T = TDM - включить отчетность TDM
- AT&T - отключить отчетности

все эти команды, исключая ATO, могут быть использованы на подключенном удаленном радиомодуле, заменив "AT" на "RT"

Возможно самой полезной командой является "AT15" которая отображает все пользовательские параметры установленные в EEPROM. Они будут выводиться таким отчетом:

```
S0: FORMAT = 22
S1: SERIAL_SPEED = 57
S2: AIR_SPEED = 64
S3: NETID = 25
S4: TxPower = 20
S5: ECC = 1
S6: MAVLINK = 1
S7: OPPRESEND = 1
S8: MIN_FREQ = 915000
S9: MAX_FREQ = 928000
```

S10: NUM\_CHANNELS = 50  
S11: DUTY\_CYCLE = 100  
S12: LBT\_RSSI = 0  
S13: MANCHESTER = 0  
S14: RTSCTS = 0  
S15: MAX\_WINDOW = 131

Первая колонка S - это регистр для установки, если вы желаете поменять параметр. Для примера что бы установить мощность передачи к 10dBm используйте "ATS4=10"

Большинство параметров вступают в силу только при следующей перезагрузке. Так обычная картина для установки параметров, которые вы хотите, а затем используя команду AT&W что бы записать параметры в EEPROM, затем используем выполняем перезагрузку с помощью ATZ. Исключением является мощность передачи, которая меняется сразу (хотя она вернется к старой при перезагрузке, если не используете AT&W)

Смысл параметров выглядит следующим образом:

- FORMAT - это для формата EEPROM версии. Не меняйте его
- SERIAL\_SPEED - это скорость в "форме одного байт" (см ниже)
- AIR\_SPEED - это скорость передачи данных по воздуху в "форме одного байта"
- NETID - это идентификатор сети. Он должен быть одинаковым для обоих ваших радиоприемников
- TxPower - это мощность передачи в дБм. Максимально 20dBm
- ECC - это включает / выключает корректировки ошибок Golay кода с исправлением
- MAVLINK - это управляет MAVLink кадрирование и отчетности. 0 = нет mavlink потока, 1 = mavlink кадр, 2 = низкий задержки mavlink кадр
- MIN\_FREQ - минимальная частота в кГц
- MAX\_FREQ - максимальная частота в кГц
- NUM\_CHANNELS - количество каналов для перестройки частоты (скачкообразной частоты)
- DUTY\_CYCLE - процент времени, чтобы позволить передачу данных
- LBT\_RSSI - Слушай Перед порогом Talk (см документацию ниже)
- MAX\_WINDOW - макс окно передачи в мсек, 131 по умолчанию, 33 рекомендуется для низкой латентностью (но более низкой пропускной способностью)

Для двух радиопередатчиков следующих должны быть одинаково на обоих концах соединения:

- версия прошивки радио
- AIR\_SPEED
- MIN\_FREQ
- MAX\_FREQ
- NUM\_CHANNELS
- NETID
- установка ECC
- установка LBT\_RSSI
- установка MAX\_WINDOW

Другие параметры могут быть разными на каждом радиомодеме, хотя, как правило, их тоже стоит установить одинаково.

**Поддержка в различных странах / регионах**



Очень важно, что бы вы знали о местных нормативных актах в стране или регионе о частоте и уровне мощности и как настроить свой радиомодем правильно для ваших местных правил.

### **Доступные диапазоны частот**

В следующей таблице может быть полезным соответствие с местными правилами радио

Модель радиомодема	Минимальная частота (МГц)	Максимальная частота (МГц)
433	414.0	454.0
900	895.0	935.0

### **Настройка рабочего цикла (DUTY\_CYCLE)**

Большинство пользователей хотят установить DUTY\_CYCLE до 100, что является максимальным процентом времени, что радиомодемы будут передавать пакеты

Причина рабочего цикла заключается в том, что некоторые регионы мира позволяют иметь более высокую мощность передачи и больше частот, если у вас значение по умолчанию рабочего цикла ниже - его можно повысить. Так например в Европе вы можете передать в более широком диапазоне частот 433МГц, если ваш рабочий цикл ниже 10%.

При установке DUTY\_CYCLE ниже 100% пропускная полоса будет снижена, так что вы должны это использовать для телеметрии на более высоких скоростях передачи данных. Значение DUTY\_CYCLE 10% практично , что бы получать хорошую телеметрию.

Для примера вы можете легко получать все потоки телеметрии с частотой 2Гц с AIR\_SPEED установленным в 128 , включенным ECC и DUTY\_CYCLE установленном в 10.

Вы также можете установить радиомодем только на получение установив DUTY\_CYCLE в 0. Это будет работать лучше , если вы установите NUM\_CHANNELS меньшим числом, поскольку в противном случае синхронизация частот будут бедными.

### **Режим работы с низкой задержкой (low latency mode)**

Радиомодемы могут быть настроены на использование в режиме "малого времени задержки" для повышение производительности отклика от таких устройств как джойстики или управление с планшетов и т.д. Эти два параметра необходимо установить, что бы включить этот режим следующим образом:

Установите MAVLink 2 - это расставляет приоритет для пакетов RC\_OVERRIDE используемых в джойстиках.

Измените MAW\_WINDOW до 33 (по умолчанию 131) - это будет гарантировать , что наземная станция может отправить пакет на квадрокоптер (или самолет) по крайней мере один раз каждые 33 мсек. Стоит отметить, что это снизит полосу пропускания, так что если вам нужно абсолютное максимальное значение пропускной способности вам нужно использовать значение по умолчанию - 131. Оба радиомодема на канале должны иметь одинаковое значение этого параметра иначе они не смогут "разговаривать" друг с другом.

### **LBT - Слушать перед разговором.**

Радиомодемы могут использовать режим "слушать перед разговором", что бы позволить

выполнять более широкий спектр региональных нормативных требований. LBT предоставляет собой систему, в которой радиомодему требуется время для прослушивания в течении периода времени и его сигнал не видим для других радиомодемов. Используя не нулевое значение LBT\_RSSI ваш радиомодем станет более "вежливым" ожидая пока все остальные передачи закончатся, прежде чем передавать свой сигнал.

Чтобы включить LBT в вашем радиомодеме вам необходимо установить порог LBT\_RSSI.. Это сила сигнала, что радиомодем считает признаком того, что канал радиопередачи занят. Если вы установите LBT\_RSSI к нулю, то LBT будет отключена.

Минимальная не нулевая установка равна 25, которая является несколько больше дБ приема чувствительности радио (-121 дБм). Для настройки LBT\_RSSI вы должны знать, что ваш уровень сигнала соответствует местному положению о радиосвязи для LBT. Каждое приращение в LBT\_RSSI выше 25 примерно равна 0.5 дБ, выше чувствительности радиомодема. Если вы установите LBT\_RSSI до 40, то радиомодем будет считать канал свободным, если уровень сигнала меньше 7.5 дБ выше чувствительности приемника.

Кроме того, вы можете использовать эту формулу, что бы получить нужную мощность принимаемого сигнала в дБм:

$$\text{signal\_dBm} = (\text{RSSI} / 1,9) - 127$$

Эта формула является приближенной, но достаточно близка. Смотрите спецификацию вашего чипа, как правило это Si1000 для более точного значения.

## **Вам нужно будет**

Вам нужно будет найти нормативные требования, что бы использовать LBT\_RSSI параметр

LBT внедрение в радио 3dr использует минимум слушать время 5 мс, плюс рандомизированы слушать время в соответствии с европейскими правилами 9.2.2.2.

Обратите внимание, что во многих регионах необходимо реализовать LBT в сочетании с AFA (Adaptive Frequency ловкости). 3DR Радио реализует AFA тех пор, пока у вас есть NUM\_CHANNELS установленные до более чем 1. Технические детали При оценке, если это радио отвечает вашим местным правилам может быть полезно знать, что технология использует. Прошивки реализует со скачкообразной перестройкой частоты с расширением спектра (FHSS) с синхронной адаптивная временным разделением каналов (TDM). В частности, радио делит частотный диапазон между MIN\_FREQ + дельты и MAX\_FREQ-дельта в NUM\_CHANNELS каналов. Значение 'дельта' охранник диапазон для того, чтобы мы держаться подальше от краев разрешенной зоны. Диапазон Guard установлен на половину ширины канала. Ширина канала определяется как:  $\text{channel\_width} = (\text{MAX\_FREQ} - \text{MIN\_FREQ}) / (\text{NUM\_CHANNELS} + 2)$  Кроме того, радио искажает базовую частоту до одного канала с использованием случайного семя на основе NetID. Это означает, что две радиостанции, использующие разные цифры NetID использовать несколько различных частот. Радиостанции использовать GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) для передачи на определенной частоте. TDM работает, разделяя время на кусочки, по мультипликаторам 16 микросекунд клещей. Время нарезки разработан, чтобы дать максимальное время задержки на любой частоте 0,4 с (это для соответствия правилам). Алгоритм TDM затем работает следующим образом: Параметры EEPROM определить набор параметров TDM, в частности, окна передачи и периода молчания, оба находятся в 16 микросекунд единиц. Вы можете просмотреть результаты, используя ATi6. Окно передачи масштабируется, чтобы позволить в течение 3 полноразмерных пакетов, которые должны передаваться как период молчания является равно удвоенному

времени ожидания пакета, для данной скорости передачи данных Два радио автоматически синхронизировать свои часы, добавив 13 бит информации метки времени для всех пакетов. Отметка в 16 микросекунд единиц. Каждая радио только передает, когда это 'их очередь ». Так радио получает одно окно передачи ценность времени, то есть период молчания, когда ни радио передает, то другая радиостанция получает свою очередь. Мы никогда не должны ситуацию, когда обе радиостанции передают в то же время передающих каналов организованы в случайной последовательности на основе NetID частота изменяется на следующий канал в два раза за каждый полный TDM раунде, в течение периодов молчания когда не передает данные, что приходит в течение последовательного порта в буфер в буфер 2048 байт чтобы предотвратить буфер становится слишком много данных (что увеличивает латентность и риски переполнения) радиостанции отправить информацию о том, как полный буфер с подключенным устройством. Код APM адаптирует свои ставки телеметрии от небольших количествах, чтобы держать количество буферных данных разумно. Алгоритм TDM также адаптивная, в том смысле, что, когда настала очередь радио A для передачи, он может отправить небольшой маркер радио B говоря "Мне не нужно, чтобы отправить либо прямо сейчас, вы можете взять остальную часть мой кванта ". Вот как ссылка авто-баланс для асимметричных нагрузок Во время первого обыска на другом радио, и в любое время связь теряется, радиостанции переходит в режим, где они движутся частоту приема очень медленно, но двигаться частоту передачи с нормальной скоростью. Это позволяет две радиостанции, чтобы найти друг друга для начальной тактовой синхронизации. Как долго это происходит, зависит от числа каналов, скорость передачи данных воздуха и скорости потери пакетов. В некоторых регионах может потребоваться знать распределение излучаемой энергии в течение каждого канала. Это зависит от целого ряда факторов, но в основном девиации частоты, используемой для GFSK модуляции. Следующая формула даст вам оценку отклонения частоты:  $frequency\_deviation = air\_data\_rate * 1,2$  мин отклонение частоты отклонение = 40 макс частота = 159 где  $frequency\_deviation$  в кГц, а  $air\_data\_rate$  в килобит в секунду. Использование двунаправленного усилителя для очень больших расстояниях Вы можете объединил 3dr Радио с двунаправленным усилителем для того, чтобы расширить диапазон до очень больших расстояниях. Мы имели много успешных испытаний усилителей, сделанных Ширин . В частности, Ширин были достаточно любезны, чтобы пожертвовать усилитель 900MHz, который мы тестировали с парой 900MHz 3dr радиостанций. Этот усилитель дает 12 дБ усиления передачи, и 18дБ усиления приема, автоматически переключаясь между режимах передачи и приема при запуске радио и прекращает передачу. Он может либо работать на 5V с UBEC, или можете использовать встроенную импульсный стабилизатор с 2S или литиевый 3S!. Мы протестировали этот усилитель на одном конце связи между двумя холмами в Канберре, Австралия 7.6km. На одном конце у нас был простой проволочную антенну, и на другом конце у нас был дешевый eBay 3.5dBi всенаправленной антенной, плюс усилитель Ширин. Это было испытательный стенд в конце без усилителя Со следующей установкой: S0: ФОРМАТ = 22 S1: SERIAL\_SPEED = 9 S2: AIR\_SPEED = 24 S3: NETID = 25 S4: TxPower = 14 S5: ECC = 1 S6: MAVLINK = 1 S7: OPPRESEND = 1 S8: MIN\_FREQ = 915000 S9: MAX\_FREQ = 928000 S10: NUM\_CHANNELS = 50 мы обнаружили, что мы получили отличный ссылку на 7,6 км диапазоне. Затем мы постепенно снизила мощность передачи на каждом конце линии для того, чтобы измерить 'выцветанию запас », позволяющий оценить, как далеко радиостанции могут передавать на полной мощности. Мы обнаружили, что запас на замирание было около 12 дБ на обоих концах, откуда следует, что радио должно было быть в состоянии поддерживать связь примерно 4x диапазоне мы тестировали более. Обратите внимание, что если вы используете усилитель (или высокий коэффициент усиления антенны) вы должны быть очень осторожны, чтобы не превысить уровень ЭИИМ, что ваши местные правила позволяют. Мониторинг качества связи Вы можете использовать поддержку MAVLink в 3dr Радио контролировать качество связи во время полета, если ваш наземная станция поддерживает его. Два ключевых параметра сообщения являются RADIO.rssi и RADIO.remrssi. Первый RSSI (уровень сигнала)

уровня, что местное радио приема, по меньшей. Remrssi параметр RSSI, что удаленный радиостанция принимает на. Вот типичный график уровней RSSI для полета на моем местном летном поле. Значение ИНПС весы примерно в 1.9x силы сигнала дБм, плюс смещение. Смотреть Паспорт Si1000 для точного соответствия между ПУПС и дБм уровень принимаемого сигнала, или использовать эту приближенную формулу  $\text{signal\_dBm} = (\text{RSSI} / 1,9) - 127$  Причина RSSI меняется так много во время этого полета является то, что сигнал ослабляется, когда самолет перевернулся в свою очередь, как я был с помощью простой проволочную антенну на плоскости. Значения RSSI для этого полета были много достаточно высока для качества канала связи, чтобы быть превосходным в течение всего полета, используя параметры по умолчанию радио. Какой диапазон я могу рассчитывать? Наиболее распространенный вопрос о телеметрии радио каком диапазоне вы можете получить с ним. Это также вопрос трудно ответить, так как это зависит от многих факторов. Мы сделали много испытательных полетов, чтобы попытаться оценить, какое практическое спектр этих радиостанций является с небольшими всенаправленные антенны и не усилителей. Вот типичный результат: В этом случае 3DR 900 радиостанции были установки с параметрами по умолчанию, за исключением того, что TxPower был установлен на 2 дБм, что означает, что они передают только с 1,6% от максимальной мощности. Теоретически, радио диапазоне паре с каждого дополнительного 6 дБ мощности передачи, поэтому диапазон достигается с этим тестом должно быть около 1/8 части диапазона, что радио может достичь при скорости воздуха 64 кБ. Вот почему выше график показывает расстояние в метрах раз 8. Это было на крошечном модели SkyFun, и я хотел, чтобы удерживать самолет, где я мог видеть это, и именно поэтому я сделал тест с пониженной мощности передачи, а не просто летать это большое расстояние. Радиостанции держали идеальный ссылку на протяжении всего этого полета, поэтому мы уверены, что эти радиостанции добьется в нескольких километрах располагаются в практике. В данном конкретном случае я летать с небольшим 'проволочной антенны' в SkyFun и использует дешевый eBay 3.5dBi антенну на наземной станции. Конечно, диапазон будет значительно лучше, если бы я уронил скорость передачи данных воздушные. Я считаю, 64kbps, чтобы быть хорошим курс для общего пользования, но я предпочитаю использовать 24 кбит, если я хотел, чтобы проверить на больших расстояниях. Диапазон этих радиостанций было также подтверждено другими пользователями. Например, я был направлен журнал показывая хорошую связь сохраняется после полета 4,5 км от базовой станции, используя настройки по умолчанию радио для 3dr 900 радио. Это было с помощью небольшого уни антенну в плоскости, и патч антенну 8dB на наземной станции. Уровень сигнала в журнале предполагает, что это, возможно, пошли совсем немного дальше. Диагностика проблем дальности Если вы получаете меньше диапазон, чем можно ожидать от вышеуказанной информации, то, что вам нужно сделать, это график уровней шума и сигнала от полета, чтобы решить то, что проблема есть. Наиболее распространенным источником проблем дальности шум. Шум нежелательных радиоизлучений в том же диапазоне частот, что ваше радио, используя, что мешает работе вашего радио. В 3DR радиостанции имеют регистрация телеметрии построена, чтобы помочь вам диагностировать источник шума. Есть три основных типа шума, которые могут повлиять на ваши 3dr радио шум от электроники в авиации (например, ваш двигатель, ESC, APM и т.д.) шум от вашего наземной станции компьютере, особенно его USB шине шум от других людей, работающих радиостанций неподалеку, которые находятся на той же частоте, как ваши 3dr радио Чтобы разобраться, что то шум у вас есть, открывают планировщик миссии и выберите вкладку «Журналы телеметрии». Затем выберите "TLOG> Kml или Graph ". Когда окно выскакивает выберите "Graph Вход" и выберите журнал из испытательного полета с ваших радиоприемников. Подождите журнал для загрузки, затем выберите следующие пункты войти: RSSI remrssi шум remnoise Положите все 4 значения на одном графике. Вы будете в конечном итоге с участком, как это: Это график показывает вам 4 вещи: количество принимаемого сигнала на земле количество принимаемого сигнала в самолете количество шума принимается на земле количество шума принимается в самолете Для наилучшего диапазоне вы хотите две

шумовые линии, чтобы быть низким, а два сигнальных линий на высоком уровне. В приведенном выше графике (взято из моего SkyFun с парой 3DR-433 радиоприемников) вы можете увидеть, что уровень шума в плоскости выше, чем уровень шума на земле. Также отметим, что в начале полета (до этого я завел мотор) уровень шума в самолете были ниже, то они поднялись после того как я завел мотор. Это показывает, я получаю некоторый шум от моего двигателя. Если бы я хотел больше диапазон я должен был бы двигаться радио дальше от двигателя и ESC. Пожалуй, самым распространенным источником шума с 3dr-433 является шум от шины USB на вашем наземной станции. Это показывает, как высокие значения величины RADIO.noise. Если вы получаете это, то вы можете попробовать использовать другой USB кабель или другой ноутбук. Вы также можете попробовать использовать концентратор USB между вашим ноутбуком и вашего радио. Если 'RSSI »и« шума »уровни удовлетворения на графике, то вы потеряете связь. Чтобы определить, что ваш диапазон будет, грубо эмпирическое правило вычесть 'RSSI »и« шумом »номера, а затем разделить на 2. Это говорит вам ваше " Fade запас "в децибелах. Для каждого 6 дБ от выцветанию маржи ваш диапазон удваивается. Так что если у вас есть 18 дБ из выцветанию маржи, то вы сможете сделать примерно 8х любой диапазон вы были в том, когда вы измерили запас. Другим основным источником проблем дальности является размещение антенны. Ваш наземная станция антенна должна быть подальше от препятствий и пару метров от земли. Возможно, вам придется построить стенд провести его, чтобы получить лучший выбор. Обновление прошивки радио

Прошивка для 3dr радио с открытым исходным кодом, а также новые возможности добавляются регулярно. Вы должны проверять наличие новых релизов регулярно, чтобы получить максимальную отдачу от ваших радиоприемников. Самый простой способ обновить использует Planner APM Mission. Перейти в экране конфигурации 3DR радио и использовать кнопку 'загрузки микропрограммы'. После обновления, пожалуйста, внимательно проверьте все настройки. Обновление прошивки может изменить настройки на значения по умолчанию, если формат EEPROM изменилось. Рекомендуем вам ввязываться в развитии прошивки. Начните с изучения Источник прошивки код и внести некоторые патчи! Принуждение режим загрузчика Если вы так или иначе удается получить ваше радио в состоянии, когда вы не можете загрузить новую прошивку через планировщик миссии, то вы, возможно, потребуется, чтобы заставить радио в режим загрузчика. Путь загрузка микропрограммы нормально работает является планировщик подключается к радио и посылает команду AT & UPDATE поставить радио в загрузчика режиме готов к приему новой прошивки. Это работает, только если планировщик может отправить AT команд в радио. Если вы не можете отправить AT команд, то вы можете заставить режим загрузчика замыканием CTS и выводы земли по радио во время включения. Красный светодиод загорается при в режим загрузчика. На воздушных радиостанций TT и контактами заземления легко найти, как они обозначены на задней радио (они являются одними из контактов разъема FTDI). На радио USB это не так очевиден, поэтому эта схема может помочь: После того как вы радио в режим загрузчика вы должны быть в состоянии загрузить прошивку