1 слайд

Титульный

2 слайд

Целью дипломного проекта является разработка дуплексной низкоскоростной системы связи для применения в комплексах БПЛА. Данная система связи должна обеспечивать связь дальностью не менее 100 км, с вероятностью битовой ошибки не менее 10-6 . Скорость передачи данных должна быть не меньше 20 кБит/с

3 Слайд

Связать систему КТР с разрабатываемой системой связи

КТР предназначена для пересылки командно-телеметрической информации между устройством и комплексом управления. В качестве первых могут выступать БПЛА. Для удовлетворения требований по пропускной способности канала связи и его дальности при передаче как данных телеметрии, так и данных полезной нагрузки, необходимо расширять полосу частот приемопередающего оборудования и использовать спектрально-эффективные методы модуляции. К последним относятся двухпозиционные методы, многопозиционные методы, модуляции с расширенным спектром. Для увеличения помехоустойчивости передаваемых сообщений используются различные методы кодирования: линейное, сверточное и т.д.

4 Слайд

В данном устройстве используются приемопередатчики, работающие с модуляцией LoRa. Модуляция LoRa является модуляцией с расширенным спектром.

Широкополосный радиосигнал LoRa представляет собой сигнал с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ), который основан на использовании широкополосных радиосигналов с большой базой B, много большей единицы

Передатчики LoRa формируют ЛЧМ радиосигналы с шириной спектра 125, 250 или 500 кГц

Принцип передачи символов информации блока данных физического уровня посредством широкополосного радиосигнала LoRa заключается в частотном смещении относительно опорного ЛЧМ радиосигнала

5 Слайд

Рассказать про схему

6 Слайд

Рассказать про плату

7 Слайд

В состав системы будет входить два устройства. Одно из устройств будет находиться в наземном комплексе управления, второе будет находиться в БПЛА. При наличии между устройствами прямой видимости дальность радиосвязи будет не менее 100 км.

Сразу при запуске будет происходить процесс синхронизации. Процесс будет длиться пока устройства не синхронизируются. Каждое из устройств будет работать в своем тайм-слоте. Величина тайм-слота является постоянной величиной и составляет 108 мс.

8 Слайд

Разрабатываемое приложение должно выполнять следующие действия:

- Прослушивать последовательные интерфейсы, в ожидании новых данных и обрабатывать их.

- Получать и обрабатывать данные получаемые от радиомодуля

- Отправлять данные в последовательные интерфейсы и радиомодуль.

Учитывая все необходимые требования становится очевидным необходимость использования операционных систем.

9 Слайд (Общий алгоритм работы системы)

Программа одновременно (на самом деле нет) ожидает событие наличия данных от/для пользователя, событие наличия данных приема/передачи и событие прерывания от приемопередатчика.

В случае возникновения первого (данные от/для пользователя) программа обрабатывает данные. В случае если данные пришли от пользователя, то программа подготавливает данные для отправки по радиоканалу и кладет их в очередь для передачи по радиоканалу. Если же пришли данные для пользователя, то они кладутся в очередь для передачи по последовательному интерфейсу.

В случае возникновения второго события (наличие данных приема/передачи) программа выполняет обработку этих данных. Далее, если возникло событие о приеме данных по радиоканалу, их далее отправляют на дальнейшую обработку. Если же произошло событие отправки данных по радиоканалу, то данные извлекаются из очереди и отправляются.

В случае возникновения третьего события (возникновение прерывания от приемопередатчика) происходит вызов соответствующего этому прерыванию обработчика.

10 Слайд

Рассказать про диаграмму потоков

Связать Слайд 10 и Слайд 9

В общем случае система ведет себя следующим образом:

- При запуске устройство инициализируются радиомодуль, последовательные интерфейсы, создаются все необходимые службы ядра ОС;

- Далее начинается процесс синхронизации аппаратных таймеров устройств, который закончится после того, как одно из устройств примет синхро-кадр и ответит на него;

- После синхронизации устройство переходит в стандартный режим работы в котором оно ожидает данные из последовательных портов в ожидании сообщений от пользователя и одновременно прослушивает радио эфир в ожидании от сообщений от удаленного устройства;

- В случае приема данных через последовательный порт, процедура обработки сообщений из данного интерфейса декодирует их и кладет указатель на эти данные в очередь для аппликейшена, которая в свою очередь кодируют их необходимым образом и кладет в очередь для радио. После чего процедура радио обнаруживая, что в очереди появились новые данные достает их оттуда, кодирует необходимым образом и отправляет

- В случае приема радиосообщения процедура радио кладет в очередь указатель на эти данные в очередь для процедуры аппликейшена где данные декодируются и отправляются в очередь выбранного последовательного порта. После чего процедура последовательного порта обнаруживая, что в очереди появились новые данные достает их оттуда, кодирует необходимым образом и отправляет.

11 Слайд

Так как первоначально радиомодем SX1276 был выключен требуется произвести его инициализацию. Каждое из устройств на этом этапе имеет одинаковые права. После каждое из устройсв генерирует случайное число, уходит в сон на это значение времени и после пробуждения запускает приём с заданным тайм-аутом. Далее программа ожидает прерывания от радиомодема, сигнализирующее либо о событии приема (RX\_DONE, RX\_TIMEOUT, RX\_ERROR), либо о событии передачи (TX\_DONE, TX\_TIMEOUT). Далее рассмотрим действия программы в зависимости от принятого события.

**RX\_DONE**

Программа анализирует принятый кадр. Если принятый кадр является кадром MASTER\_REQ, то программа корректирует синхронизирующий таймер, становится ведомым устройством, отправляет кадр SLAVE\_RESP и переходит в стандартный режим работы. Если принятый кадр был кадром SLAVE\_RESP, то устройство остается ведущим и переходит к стандартому режиму работы. Если же принятый кадр не является ни кадром MASTER\_REQ, ни кадром SLAVE\_RESP, то устройство перезапускает аппаратный таймер и отправляет кадр MASTER\_REQ, продолжая считать себя ведущим устройством.

**TX\_DONE**

Программа переводит радиомодем в режим приёма.

**TX\_TIMEOUT**

Данное событие связано с аппаратной невозможностью радиомодема отправить кадр, радиомодем сбрасывается и инициализируется по новой. После инициализации делается рандомная задержка и запускается прием на заданное время.

**RX\_TIMEOUT**

Время отведенное под прием закончилось. Кадр не был принят. Выполняется перезапуск аппаратного таймера и отправляется кадр MASTER\_REQ.

**RX\_ERROR**

Не сошлась контрольная сумма. Выполняются те же действия что и для RX\_TIMEOUT.

12 Слайд

В расчёте участвуют три временных точки: *t*A, *t*B, *t*C, а также время распространения кадра *timeOnAir*. Время *t*A является временем отправки синхронизирующего кадра. Это время выставляется в значении временной шкалы ведущего устройства:

Время *t*B рассчитывается исходя из известного времени затрачиваемого на распространение синхронизирующего кадра от передатчика к приемнику *timeOnAir* и времени *t*A:

Далее, чтобы посчитать оценку времени на стороне ведомого устройства необходимо учесть время *dTick*, затраченное на обработку синхронизирующего кадра. Это время рассчитывается исходя из разности времени приема прерывания от приемопередатчика и текущего времени, данное значение времени рассчитывается на стороне ведомого устройства. Итоговое, оценочное значение времени ведущего устройства на стороне ведомого:

13 Слайд

Рассказать про результаты тестирования системы