

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

К защите допустить  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ 2015 г.

**Выпускная  
квалификационная работа бакалавра**

на тему: **РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ  
ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО РАДИОКАНАЛУ С  
УДАЛЕННОГО ОБЪЕКТА НА КОМПЬЮТЕР**

Выпускник \_\_\_\_\_  
подпись

Исхаков З.Р.  
ф.и.о.

Руководитель \_\_\_\_\_  
подпись

Фазилжанов И.Р.  
ф.и.о.

Рецензент \_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
ф.и.о.

Консультант  
по БЖД и Э \_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
ф.и.о.

Ташкент – 2015

**МИНИСТЕРСТВО ПО РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ И КОММУНИКАЦИЙ РЕСПУБЛИКИ  
УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

Факультет \_\_\_\_\_ ТТ \_\_\_\_\_ кафедра \_\_\_\_\_ СТРВ \_\_\_\_\_

Направление (специальность) \_\_\_\_\_ 5522100 – Телевидение, радиосвязь  
и радиовещание \_\_\_\_\_

**У Т В Е Р Ж Д А Ю**

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**З А Д А Н И Е**

на выпускную квалификационную работу Исхакова Зафара  
Равшанович

(фамилия, имя, отчество)

на тему: Разработка устройства передачи телеметрической информации по радиоканалу с удаленного объекта на компьютер.

1. Тема утверждена приказом по университету от «25» 12 2014 г. № 147-6
2. Срок сдачи законченной работы \_\_\_\_\_ 26.05.2015г. \_\_\_\_\_
3. Исходные данные к работе: 1. Скорость передачи информации не менее 115200 кБит/с. 2. Дальность связи не менее 100 метров. 3. Низкое энергопотребление до 80 мА в активном режиме, и менее 2мА в спящем режиме.
4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов: Введение 1. Обзор трансиверов УКВ-диапазона. 2. Выбор микроконтроллера для разрабатываемого устройства. 3. Разработка устройства передачи телеметрической информации по радиоканалу с удаленного объекта на компьютер. 4. Безопасность жизнедеятельности и экология.
5. Перечень графического материала Демонстрационные слайды \_\_\_\_\_
6. Дата выдачи задания \_\_\_\_\_ 20.01.2015г. \_\_\_\_\_

## 7. Консультанты по отдельным разделам выпускной работы

Наименование раздела	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал	Задание получил
Главы 1-3	Фазилжанов И.Р.	20.01.2015 г.	20.02.2015 г.
БЖД и Э			

## 8. График выполнения работы

№	Наименование раздела	Срок выполнения	Подпись руководителя (консультанта)
1.	Обзор трансиверов УКВ-диапазона.	24.02.2015 г.	
2.	Выбор микроконтроллера для разрабатываемого устройства.	5.03.2015 г.	
3.	Разработка устройства передачи телеметрической информации по радиоканалу с удаленного объекта на компьютер.	25.04.2015 г.	
4.	Безопасность жизнедеятельности и экология.	25.05.2015 г.	

Выпускник \_\_\_\_\_  
подпись

« 20 » \_\_\_\_\_ 01 \_\_\_\_\_ 2015 г.

Руководитель \_\_\_\_\_  
подпись

« 20 » \_\_\_\_\_ 01 \_\_\_\_\_ 2015 г.

Выпускная квалификационная работа посвящена разработке устройства для передачи телеметрической с удаленного (возможно подвижного) объекта на компьютер. Разработаны функциональная и принципиальные схемы трансиверов персонального компьютера и для датчиков. Устройства разработаны на базе микроконтроллера ATmega8 американской компании «Atmel».

Также рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии.

Final qualifying work is devoted to the development of devices for the transmission of telemetry from remote (possibly mobile) on a computer. The functional and schematic diagrams of transceivers for the personal computer and sensors. The devices are designed on the basis of microcontroller ATmega8 American company «Atmel».

Safety issues of activity and ecology are also considered.

Битирув малакавий иш узокда жойлашган (харакатдаги хам мумкин бўлган) объектдан компьютерга телеметрик ахборотларни узатувчи курилмани яратишга бағишланган. Шахсий компьютер ва датчиклар учун трансиверларнинг функционал ва принципиал схемалари ишлаб чиқилган. Курилмалар Американинг «Atmel» компаниясининг Atmega8 микроконтроллери асосида яратилган.

Ҳаёт фаолияти хавфсизлиги ва экология масалалари кўриб чиқилган.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ОБЗОР ТРАНСИВЕРОВ УКВ-ДИАПАЗОНА .....	9
1.1. Семейство Smart RF .....	9
1.2. Передатчики со встроенным микроконтроллером.....	12
1.3. Семейство передатчиков T575x и приемников T574x.....	13
1.4. Приемопередатчики фирмы Maxim.....	18
1.5. Краткий обзор семейства трансиверов Texas Instruments до 1000МГц.....	19
1.6. Краткое описание протокола SimpliCI™ .....	23
1.7. Определение понятия качества приема сигнала в частности RSSI.....	24
1.8. RSSI в беспроводных сетях передачи данных WiFi диапазона 2.4ГГц.....	25
1.9. Дополнительная оценка качества передачи информации.....	26
2. ВЫБОР МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА.....	29
2.1. Процесс выбора микроконтроллера.....	29
2.2. Процесс выбора критерии микроконтроллера.....	30
2.3. Системные требования.....	32
2.4. Основные особенности микроконтроллера.....	33
2.5. Возможности микроконтроллера .....	35
2.6. Набор команд микроконтроллера .....	36
2.7. Прерывания микроконтроллера.....	37
2.8. Краткая характеристика современных микроконтроллеров.....	37
3.РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО РАДИОКАНАЛУ С УДАЛЕННОГО ОБЪЕКТА НА КОМПЬЮТЕР.....	43

3.1. Структурная схема системы сбора телеметрической информации по радиоканалу на ПК .....	43
3.2. Разработка функциональных схем трансивера ОК и трансивера ПК .....	44
3.3. Обоснование выбранного рабочего диапазона .....	46
3.4. Разработка принципиальных схем трансивера ОК и трансивера ПК.....	47
3.5. Расчёт сетки рабочих частот для приёмопередатчиков.....	53
4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЭКОЛОГИЯ.....	58
4.1. Техника безопасности при изготовлении и травлении печатной платы.....	58
4.2. Техника безопасности при пайке.....	58
4.3. Принципы малоотходных технологии .....	61
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	65
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ .....	66
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	67

## ВВЕДЕНИЕ

В Республике Узбекистан создана современная и мощная законодательная база в сфере **информационно–коммуникационных технологий**. Предусмотрено проведение модернизации, технического и технологического перевооружения предприятий, широкое внедрение современных гибких технологий. Ставится задача ускорения реализации принятых отраслевых программ модернизации, технического и технологического перевооружения производства. Одной из важнейшей задач, которое стоит перед нашим обществом, является обеспечение поступательного и устойчивого развития страны [1, 2].

В настоящее время многие зарубежные производители микросхем имеют в своей линейке продуктов однокристальные трансиверы или приемопередатчики с возможностью работы как с одной антенной, так и на две антенны на прием и на передачу. Трансиверы, работающие с одной антенной использующие всего один свой вывод как на прием и на передачу являются более простыми с точки зрения построения внешних цепей, но менее скоростными, а имеющие два вывода один на прием другой на передачу имеют два варианта схемотехнического решения по количеству используемых антенн. Одноантенные имеют внешний элемент коммутатор, на котором теряется от 0.5дБм до 9дБм мощности сигнала, так как коммутатор не усиливает сигнал, а всего лишь переключает антенну на вход приемопередатчика либо на выход, данный вариант аналогично одновыводным трансиверам не имеют высокого скоростного показателя. А вот в случае применения двух антенн появляется два отдельно разнесенных тракта фильтров, и возможно дополнительных усилителей, что дает свободу для построения антенной части, а также возможность построения репитеров, регенераторов, установив две направленные антенны именно на точки приема и передачи ретранслируемого сигнала, подобные системы широко применяются для построения сетей передачи информации WiFi на частотах

2,4 ГГц и 5,6 ГГц так как на этих частотах возможно применение недорогих и легких антенных параболических решеток, либо для очень больших расстояний до 60-100км применяются зеркальные офсетные параболические антенны, на подобие таких что используются для эфирного спутникового вещания, разница лишь в том что используется специальный облучатель на 2.4ГГц. Недостатком двухантенного приемопередатчика является замирание сигнала или интерференция волн, если не выполнен расчет разноса частот для приема и для передачи.

Целью данной выпускной квалификационной работы является разработка устройства, которое позволит осуществить сбор информации со внешних устройств, таких как датчики, или другие преобразующие блоки связанных с устройством на основе распространенных интерфейсов обмена информацией. Также необходимо чтобы устройство имело беспроводной канал обмена информацией с общим центром для всех подобных устройств, оптимально использующее ресурсы сети, применяя алгоритм маршрутизации основанный на качестве канала передачи, для чего устройство должно иметь программный блок оценки качества используемого канала связи.

Первоначальные локально выполняемые задачи самим устройством:

- Снятие телеметрической информации с подвижного объекта или не подвижного объекта;
- Работа в охранном комплексе квартиры, здания, поселка.

Технические требования:

- Низкое энергопотребление до 80 мА в активном режиме, и менее 2мА в спящем режиме;
- Возможность длительной работы от аккумулятора без подзаряда;
- Дальность связи не менее 100 метров;
- Скорость передачи информации не менее 115200 кБит/с;
- Само устройство должно быть максимально компактным.

# 1. ОБЗОР ТРАНСИВЕРОВ УКВ-ДИАПАЗОНА

## 1.1. Семейство Smart RF

Корпорация Atmel предлагает обширную элементную базу для построения радиочастотных приложений, работающих в нелицензируемом частотном диапазоне ISM [3]. В состав этой элементной базы входят интегральные схемы одноканальных передатчиков, приемников, а также трансиверов и передатчиков со встроенным 4-разр. ядром MARC и 8-разр. ядром AVR. Элементная база охватывает частотные диапазоны 250-450 МГц, 868-870 МГц, 902-928 МГц, что удовлетворяет требованиям большинства приложений в промышленной и пользовательской сферах. Общей чертой ISM-изделий компании Atmel является высокий уровень интеграции, и как следствие, простота схемы включения. На рис.1.1 представлена номенклатура элементной базы, основные ее классификационные признаки и помощь к ее выбору.

Типичными сферами применения рассматриваемых ИС являются:

- автоматизация бытового и офисного оборудования, а именно дистанционное управление:
  - считывание показаний измерительных устройств;
  - продвинутые игрушки и игровые приставки;
  - дистанционное управление устройствами;
  - передача данных в промышленной сфере;
  - беспроводные наушники;
  - конференц-системы;
  - системы торговых терминалов;
  - системы безопасности и сигнализации;
  - автомобильная электроника (контроль внутришинного давления, безключевое управление).

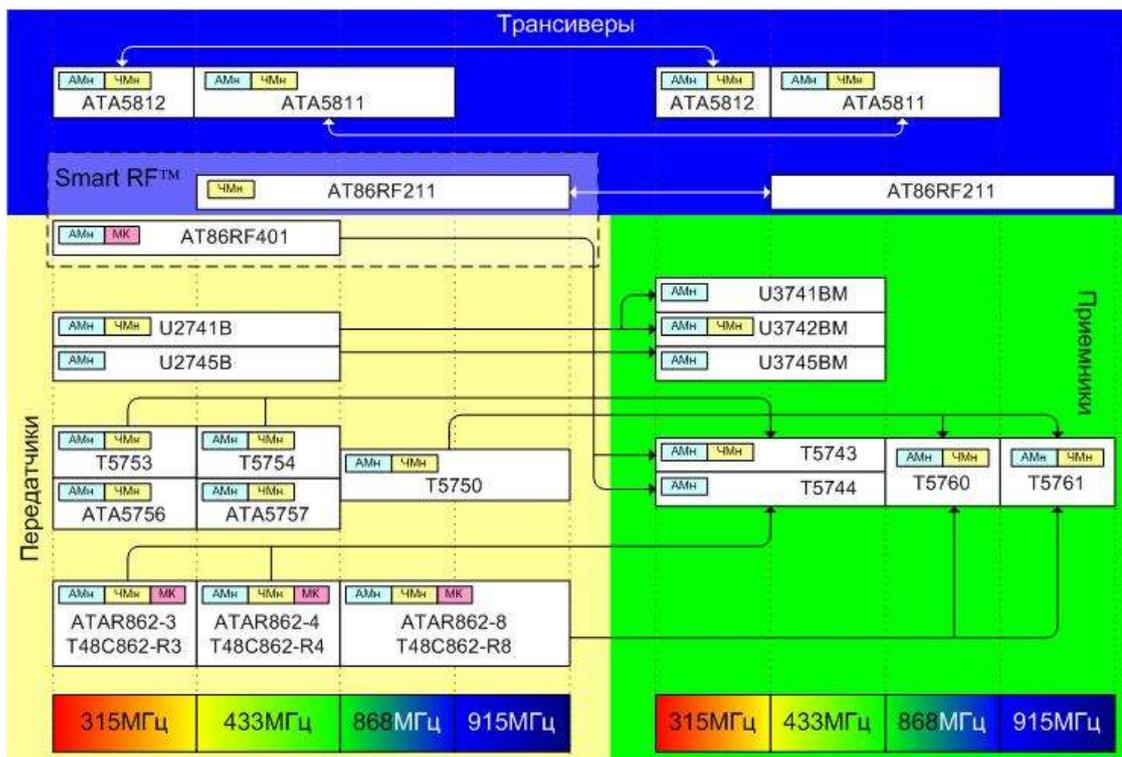


Рис. 1.1. Номенклатура микросхем УВЧ-диапазона корпорации Atmel  
 АМн - амплитудная манипуляция, ЧМн- частотная манипуляция, МК- микроконтроллер

Краткая техническая характеристика приведенных на рис.1.1 ИС приведена в таблице 1.1. Из нее следует, что большинство представленных ИС оптимизирована на использование в автомобильной электронике.

В этом направлении можно выделить семейства:

- АТАR862 (микроконтроллер MARC + радиопередатчик) и АТА (трансивер), которое полностью ориентировано на использование в автомобильной электронике;
- семейство передатчиков Т575х и приемников Т574х, которое представляет собой усовершенствованную замену соответствующих ИС семейства Ux74х и оптимизировано под автомобильную сферу применения;
- а также семейство SmartRF для промышленной и пользовательской электроники, ориентированного на совместную работу с AVR-микроконтроллерами через интерфейс SPI.

Таблица 1.1.

## Краткая техническая характеристика УВЧ-трансиверов Atmel.

Наименование	Рвых, дБм	Чувствительность, дБм2)	Частотный диапазон, МГц	Тип модуляции	Скорость передачи, кбод	Упит, В	Темп. диапазон	Корпус
AT86RF211S	8...141	-105	400-950	ЧМн	64	2,4-3,6	-40°C...+85°C	TQFP48
ATA5811	10	-104...-118	433-435 868-870	АМн, ЧМн	1-10	2.4-3.63	-40°C...+105°C	QFN48
ATA5824	10	-115.5...-109 -112.8...-106.3	433-435 867-870	АМн, ЧМн	до 20	2.15-3.6 4.4-5.25	-40°C...+105°C	QFN48
ATA5428	10	-116.5...-109.5 -113.8...-106.8	431-436 865-870	АМн, ЧМн	до 20	2.4-3.6 4.4-6.6	-40°C...+105°C	QFN48

Примечание:

- 1) более точное значение зависит от выбранного частотного диапазона;
- 2) более точное значение зависит от частотного диапазона, полосы пропускания и скорости связи;
- 3) имеется еще два альтернативным режима питания: 4,4В...6,6В, 4,75...5,25В.

ATA5276 - низкочастотный передатчик, работающий на частоте 125 кГц. Используется для пробуждения микроконтроллера в системах контроля давления в шинах, следящих системах, системах безопасности и локализации.

ATA5756/ATA5756 - передатчики с низким энергопотреблением для применения в автомобильных системах.

ATA8401/ATA8402/ATA8403 - серия передатчиков общего назначения. Применяются в промышленном оборудовании, системах телеметрии, бесключевого доступа, сигнализации, дистанционного управления, "умный дом", а также в электросчетчиках, бытовой электронике и игрушках.

## 1.2. Передатчики со встроенным микроконтроллером

ATA6285/ATA6286 "Toledo" - новый высокоинтегрированный передатчик для частот 315/433 МГц. Обладает встроенным микроконтроллером на ядре AVR, с пониженным энергопотреблением, интерфейсом для подключения двух емкостных датчиков (давления, движения и др.), низкочастотным пробуждающим трансивером, работающим на частоте 125 кГц и датчиком температуры. Применяется в системах контроля давления в шинах и других приложениях чувствительных к энергопотреблению, требующих съема данных с емкостных датчиков и передачи информации по каналу радиосвязи.

ATA5723/ATA5724/ATA5728 "Arrakis" - новая серия высокоинтегрированных приемников с низким энергопотреблением, требующих минимального количества внешних пассивных элементов.

ATA5745 "Mercury" - новый высокоинтегрированный приемник с пониженным энергопотреблением для применения в автомобильных системах доступа и контроля давления в шинах.

ATA8201/ATA8202 - приемники общего назначения с пониженным энергопотреблением. Применяются в промышленном оборудовании, системах телеметрии, бесключевого доступа, сигнализации, дистанционного управления, "умный дом", а также в электросчетчиках, бытовой электронике и игрушках.

ATA5811/ATA5824 - полудуплексный и полнодуплексный приемопередатчики. Применяются в автомобильных системах бесключевого и пассивного доступа, контроля давления в шинах, а также в электросчетчиках, системах безопасности и сигнализации, системах дистанционного управления и "умный дом".

ATA5428 - высокоинтегрированный полудуплексный многоканальный программируемый приемопередатчик для использования в промышленном оборудовании, системах контроля доступа, дистанционного управления,

телеметрии, безопасности и сигнализации, а также в электросчетчиках и системах "умный дом".

ATR2406 - многоканальный приемопередатчик для работы на частоте 2.4 ГГц. Находит применение в высокотехнологичных игрушках и беспроводных игровых контроллерах, беспроводных аудио/видео устройствах, торговом оборудовании и системах телеметрии.

### 1.3. Семейство передатчиков T575x и приемников T574x

Данное семейство является последователем приемников и передатчиков серии Ux74x. Если же структурная схема построения радиоканала (см. рис.1.2) практически не изменилась по сравнению с серией Ux74xB, то их прикладные свойства существенно изменились в лучшую сторону.

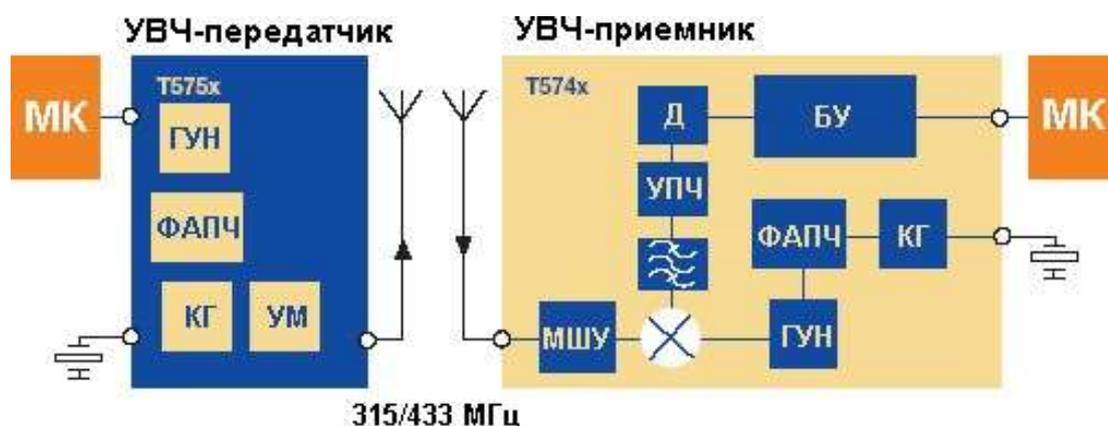


Рис. 1.2 – Структурная схема радиоканала при использовании T575x и T574x. МК-микроконтроллер, ФАПЧ- фазовая автоподстройка частоты, КГ- кварцевый генератор, УМ-усилитель мощности, ГУН – генератор управляемый напряжением, МШУ- малошумящий усилитель, Д- демодулятор, УПЧ- усилитель промежуточной частоты, БУ- блок управления

Так, например, передатчики имеют всего лишь 8 выводов и требуют установки 5 внешних компонентов. Кроме того, они оптимизированы для

использования в автомобильных приложениях, где рабочая температура может достигать +125°C (например, устройства контроля внутришинного давления). Схема приемников практически не видоизменилась и во многом совпадает с предшественниками. При их использовании следует обратить внимание на их автономность (не требуется программирование управляющих регистров), наличие выхода RSSI (датчик уровня РЧ-сигнала).

#### Отличительные особенности T575x и T574x.

##### Передачики T575x:

- Модуляция АМн/ЧМн
- Простота схемы включения (8-выв. корпус, 5 внеш. элементов)
- Встроенный петлевой фильтр ФАПЧ
- Макс. выходная мощность 8.0...10 дБм при потреблении 9 мА
- Широкий температурный диапазон (-40°C...+85°C/+125°C)
- Совместимость по расположению выводов
- Превосходная изоляция ФАПЧ от УМ и источника питания
- Несимметричный антенный выход
- Поддержка всех стандартных несущих частот 315, 433 и 868/ 915МГц
- Сверхкомпактный корпус TSSOP8

##### Приемник T5743

- Скорость приема данных 1...10 кбод
- АМн/ЧМн модуляция для передачи манчестерских или бифазных кодов при малом потреблении (< 1 мА с учетом работы функций автоматического поллинга и временного контроля кадра)
- Возможность снижения чувствительности даже во время приема
- 5В...20В-ый интерфейс данных при необходимости позволяет увеличить длину интерфейсных проводников

##### Приемник T5744:

- Простой приемник для недорогих радиопередающих систем со скоростями до 10 кбод

- АМн/ЧМн модуляция для передачи манчестерских или бифазных кодов при малом потреблении
- Частотный диапазон 300...450 МГц
- Высокая чувствительность особенно на малых скоростях
- Выход RSSI позволяет контролировать уровень принятого сигнала
- Не требует программирования
- Простая схема включения, возможность подключения печатной антенны

- Рекомендуемая замена для предыдущих типов приемников

Высокомощные трансиверы ISM диапазона

Данное семейство представляют две ИС AT86RF401 и AT86RF211.

AT86RF401 – уникальное сочетание микроконтроллера и радиопередатчика, причем, следует подчеркнуть что AT86RF401 является однокристалльной ИС, что достигнуто за счет совместной работы проектных групп от начала до конца разработки. В качестве ядра микроконтроллера выбрано AVR-ядро, что деланный данный микроконтроллер доступным для широкого круга разработчиков, в отличие от аналогичных устройств (ATAR862), где используется 4-разрядное MARC-ядро и нужны специальные средства для проектирования (программаторы, эмуляторы, компиляторы и пр.). На рис. 1.3 представлена структурная схема AT86RF401, откуда следует, что радиопередатчик и микроконтроллер тактируются от одного и того же кварцевого тактового генератора, а «сердцем» радиопередатчика является схема ФАПЧ, умножающая частоту КГ на 24. Схема включения AT86RF401 чрезвычайно проста и требует всего 3 внешних элемента при работе на стандартных частотах (315 или 433 МГц), в противном случае потребуются установка внешнего петлевого фильтра. Память программ выполнена в виде флэш-памяти размером 2 кбайт и поддерживает внутрисистемное программирование через интерфейс SPI. Таким образом, привлекательной чертой AT86RF401 является возможность программирования стандартным ISP-программатором AVR-микроконтроллера. Минимальная стоимость

готового решения может быть достигнута за счет исполнения рамочной антенны в виде печатного проводника. От других передатчиков AT86RF401 отличается возможностью программирования выходной мощности в диапазоне 0...36 дБ с шагом 1 дБ и программно подстраивать ГУН, работающий только от одной внешней индуктивности.

AT86RF401 поддерживается стандартным набором инструментальных средств, в т.ч. интегрированная среда для проектирования AVR STUDIO с компилятором и симулятором, стартовый набор STK500 и оценочный набор AT86RF401U-EK1. Последний поставляется вместе с программным обеспечением SPI Controller, которое в реальном времени позволяет управлять регистрами микроконтроллера и тем самым управлять радиопередачей.

AT86RF211 – однокристалльный трансивер, предназначенный для организации маломощной беспроводной дуплексной передачи данных в свободном от лицензирования частотном диапазоне ISM (400...930 МГц). За счет уникального уровня интеграции AT86RF211 является идеальным для решения таких задач, как телеметрия, дистанционное управление, радио модемы, радиоуправление игрушками и др.

AT86RF211 также адаптирован для работы в устройствах с батарейным питанием и нижний порог питания составляет 2.4В. Также реализована функция возобновления активной работы управляющего микроконтроллера при активизации приемника, тем самым позволяя выполнить проектируемое устройство более экономичным.

AT86RF211 легко программируется через SPI-интерфейс, что делает привлекательным применение в качестве «компаньона» AVR-микроконтроллера со встроенным интерфейсом SPI. Уникальность данной ИС заключается в возможности программирования частоты канала связи с шагом 200 Гц. и возможностью передачи данных на скорости до 64 кбод. Для AT86RF211 выпускается обширный набор оценочных средств, опорных разработок и программное обеспечение, что максимально упрощает этапы

проектирования. При выходной мощности более 10 дБм дальность передачи данных на открытом пространстве может достигать 300-400м.

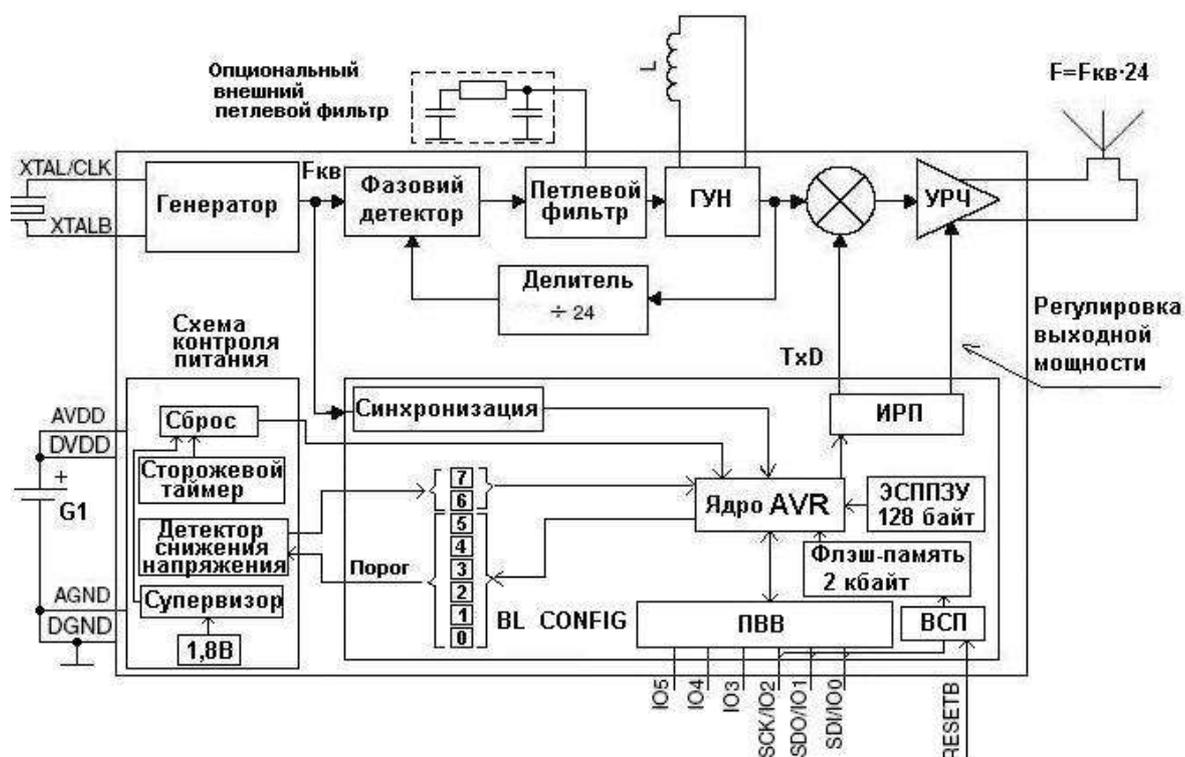


Рис. 1.3. Структурная схема микроконтроллера AT86RF401

ПВВ- порт ввода-вывода, ИРП- интерфейс радиопередатчика, УРЧ- усилитель радиочастоты, ЭСППЗУ- электрически стираемая перепрограммируемая память, ВСП- внутрисистемное программирование

Номенклатуру ИС для УВЧ-связи можно разделить на семейства, которые ориентированы на автомобильную электронику и совместную работу с 4-разр. микроконтроллерами MARC (семейства АТА/АТАR), а также на семейства, которые ориентированные на пользовательскую и промышленную электронику и совместную работу с AVR-микроконтроллерами (Smart RF).

Судя по последним анонсам компании Atmel намечена тенденция расширения частотного диапазона до 2,4 ГГц добавлением новых

представителей в семейство Smart RF, что расширяет область их применения до беспроводной передачи аудио, видео информации и представляет определенный практический интерфейс в различных сферах, в т.ч. пользовательская электроника, игровые устройства, охранные системы и др.

Общими чертами рассмотренных ИС является низкая стоимость, высокий уровень интеграции, простота схемы включения, ориентированность на батарейное питание (пониженное напряжение питания, малое энергопотребление, наличие экономичных режимов, функция пробуждения микроконтроллера по запросу приемника).

#### **1.4. Приемопередатчики фирмы Maxim**

Компания Maxim известна, прежде всего, как производитель всего спектра компонентов для сигнального тракта: датчиков, операционных и инструментальных усилителей, аналого-цифровых и цифро-аналоговых преобразователей, микросхем управления питанием, специализированных контроллеров, драйверов интерфейсов. Компания является крупнейшим производителем микросхем для интеллектуальных систем измерения расхода ресурсов. Отличительные черты продукции Maxim - миниатюрные размеры и малое энергопотребление. Ассортимент продукции Maxim позволяет на базе её компонентов строить системы учета расхода ресурсов, начиная с датчиков и расходомеров, до блоков обработки и передачи данных. Не обойден вниманием и беспроводной канал передачи данных. Если рассматривать только микросхемы интегральных приемников, передатчиков и приемопередатчиков, то можно видеть, что предлагаются решения как для лицензируемых диапазонов (сотовая связь, GPS навигация, телевидение, радио, сети WiMax), так и для не лицензируемых частот (локальные сети WiFi, сенсорные сети). Для считывания показаний счетчиков наиболее подходящими являются микросхемы, работающие в нижней части разрешенного диапазона (т.н. субгигагерцовая область). С учетом

законодательных ограничений практический интерес представляют микросхемы серии MAX70xx, в число которых входят интегральные приемопередатчики, передатчики и приемники, ориентированные на работы с частотами от 300 МГц до 450 МГц. В таблице 1.2. приведена краткая техническая характеристика УВЧ-трансиверов фирмы Maxim.

Таблица 1.2.

Краткая техническая характеристика УВЧ-трансиверов фирмы Maxim

Тип	Рабочий диапазон, МГц	Описание	Размер, мм x мм	Корпус
MAX2510	100 - 600	Низковольтный IF приемопередатчик с ограничителем уровня сигналов и квадратурным модулятором	6.0 x 9.9	28/QSOP
MAX2511	200 - 440	Низковольтный IF приемопередатчик с ограничителем и показателем уровня сигналов	6.0 x 9.9	28/QSOP
MAX7030	315, 345, 433.92	низкопотребляющий, 315MHz, 345MHz, and 433.92MHz ASK приемопередатчик с дробным-N PLL	5.0 x 5.0	32/QFN
MAX7032	300 - 450	приемопередатчик с дробным-N PLL	5.0 x 5.0	32/QFN

### 1.5. Краткий обзор семейства трансиверов Texas Instruments до 1000МГц

Компанией Texas Instruments выпускаются микроресиверы как на одну фиксированную частоту, так и на несколько частот, рабочий диапазон которых возможно программно переключать изменив память программы ресивера. Компания Texas Instruments достаточно давно удерживает лидирующие позиции в области производства микросхем беспроводной связи для автоматизации зданий и систем безопасности. Сегодня компания продолжает расширять линейку своих приемопередатчиков в диапазонах

частот от 430 до 2400 МГц. В таблице 1.3. приведена краткая техническая характеристика УВЧ-трансиверов **Texas Instruments**.

Таблица 1.3.

Краткая техническая характеристика УВЧ-трансиверов Texas Instruments

Наименование	Описание
СС1000	Малогабаритный однокристалльный приемопередатчик на диапазоны 315, 433, 868 и 915 МГц. Может быть легко перепрограммирован для работы на произвольной частоте от 300 до 1000 МГц.
СС1010 новая версия СС1050	Малогабаритный однокристалльный приемопередатчик на диапазоны 315, 433, 868 и 915 МГц со встроенным 8051 микроконтроллером и 32 кБ Flash памяти. Может быть легко перепрограммирован для работы на произвольно частоте от 300 до 1000 МГц.
СС1020	Узкополосный однокристалльный приемопередатчик для работы в диапазонах 402-470 и 804-940 МГц.
СС1021	Малогабаритный однокристалльный приемопередатчик на диапазоны 315, 433, 868 и 915 МГц, рассчитанный на работу в системах с минимальным энергопотреблением и напряжением питания.
СС1070	Узкополосный однокристалльный передатчик для работы в диапазонах 402-470 и 804-940 МГц.
СС1100	Приемопередатчик новейшего поколения, рассчитанный на диапазоны 300-348 МГц, 400-464 МГц и 800-928 МГц. Включает различные схемы кодировки и возможность пакетной передачи.
СС1101	Улучшенная версия приемопередатчика СС1100. Расширен рабочий частотный диапазон, повышена эффективность выделения сигнала из шума.
СС1110	рассчитанный на диапазоны 300-348 МГц, 400-464 МГц и 800-928 МГц.

CC2510 и CC1110: Новые системы на кристалле для беспроводных приложений, появление этих микросхем связано с разработкой компанией Texas Instruments протокола SimpliciTI™. С точки зрения применения, этот протокол тесно соседствует с набирающим обороты ZigBee и призван стать его альтернативой в ряде приложений. С использованием SimpliciTI™ можно создать, например:

- охранно-пожарные системы,
- автоматические измерительные системы,
- устройства мониторинга и управления промышленных приложений,
- системы автоматизации жилых и производственных помещений

При этом затрачивается гораздо меньше ресурсов, чем при работе со стеком ZigBee-протокола. Две новые системы на кристалле, CC2510 и CC1110, спроектированы для беспроводных приложений с низким потреблением и работают в диапазонах 2,4 ГГц и менее 1 ГГц соответственно. Аналогично широко известной микросхеме CC2430, относящейся к стандарту ZigBee, CC2510 и CC1110 имеют встроенный контроллер с 51-м ядром, flash-память и радиочастотные трансиверы (CC2500 и CC1101(CC1100)). Для хранения стека протокола SimpliciTI™ требуется гораздо меньше программной памяти, поэтому новые системы на кристалле выпускаются с меньшим объемом ПЗУ, что обеспечивает во многом их невысокую цену. Имеются исполнения микросхемы с 8, 16 или 32 кб встроенной flash-памяти (табл. 1.4).

Таблица 1.4.

Основные характеристики микросхем: CC111x, CC251x

Наименование	Частота, ГГц	Флэш-память, Кб	RAM, Кб	USB
CC1110	0,3 - 1	8/16/32	1/2/4	Нет
CC1111	0,3 - 1	8/16/32	1/2/4	Есть
CC2510	2,4	8/16/32	1/2/4	Нет
CC2511	2,4	8/16/32	1/2/4	Есть

Благодаря высокому уровню интеграции микросхемы выпускаются в корпусе QLP-36 размером 6 x 6 мм и имеют низкое энергопотребление, CC2510 и CC1100 подходят для беспроводных систем, требующих большой продолжительности работы от батарей, малых габаритных размеров и низкой стоимости, что является одной из главных задач проекта.

Среди дополнительных функциональных особенностей устройств можно отметить низкое потребление в спящем режиме (300 нА), встроенный сопроцессор для шифрования с 128-разрядным ключом, высокая чувствительность по входу, программируемая скорость передачи данных до 500 кБит/сек, а также широкий диапазон напряжений питания от 2,0 до 3,6 В.

CC1111 и CC2511 - еще две новинки от Texas Instruments - первые радиочастотные системы на кристалле, имеющие встроенный контроллер USB-2.0. Во всем остальном эти микросхемы являются полными аналогами описанных выше CC1110 и CC2510. Микросхема позволяет быстро организовать связь между радиочастотной частью и персональным компьютером. Интеграция на одном кристалле радиосистемы, микроконтроллера, флэш-памяти и USB-контроллера позволяет существенно сократить стоимость разрабатываемого изделия, а также занимаемую системой площадь на плате (рис. 1.4).

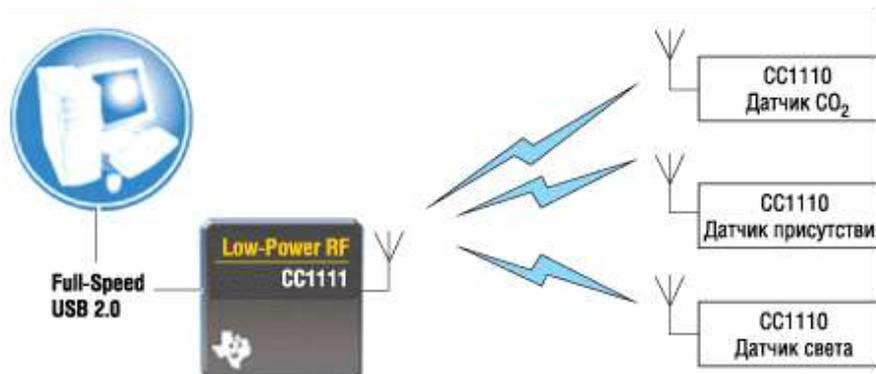


Рис. 1.4. Радиочастотная система на кристалле CC1111

## 1.6. Краткое описание протокола SimpliCI™

Этот простой и экономичный протокол был разработан компанией Texas Instruments для построения небольших беспроводных сетей (размером до 100 узлов), в которых главной задачей является передача небольших объемов данных при низком энергопотреблении.

Протокол SimpliCI™ поддерживает топологию «звезда» с точкой доступа для записи и отправки сообщений конечному устройству (рис. 1.5).



Рис. 1.5. Пример сети, реализованной на протоколе SimpliCI™

Также протокол поддерживает использование расширителей дальности, благодаря чему разработчик может увеличивать максимальное расстояние между узлами сети до 4 раз. Конечно, возможности маршрутизации SimpliCI™ не сравнимы с протоколом ZigBee, но функций, которые он обеспечивает, может быть вполне достаточно для многих приложений. Благодаря своей простоте, протокол SimpliCI™ предъявляет минимальные требования к микроконтроллеру, исходя из чего, может быть достигнута низкая стоимость системы.

Протокол SimpliCIPI был разработан с учетом применения в составе предлагаемой CI платформы для реализации РЧ-приложений. Данная платформа включает в себя семейство экономичных микроконтроллеров MSP430, а также трансиверы и системы на кристалле CC1XXX/CC25XX. Образец применения протокола реализован в составе платы для экспериментирования для микроконтроллеров MSP430FG4618/F2013 с установленным на ней CC1100EM, CC1101EM или CC2500EM.

### **1.7. Определение понятия качества приема сигнала в частности RSSI**

Для нашего приемопередающего устройства очень важен параметр оценки качества канала передачи информации, это можно понимать как процент правильно переданной информации относительно общего количества переданной информации, а также уровень принимаемого сигнала над уровнем шума - помех в канале связи.

В терминах беспроводной передачи информации очень часто используется такая величина как RSSI (Received Signal Strength Indication - Индикация мощности полученного сигнала в дБм) но не обязательно полезного, данная величина может показывать и уровень шума в канале.

Например, в телефонной связи формата DECT, данные от измерителя RSSI используются для поиска свободной частоты.

DECT определяет постоянный динамический выбор канала и динамическое выделение канала. Все оборудование DECT обязано регулярно сканировать свое локальное радиокружение - по крайней мере один раз каждые 30 секунд. Сканирование означает получение и измерение силы местного радиочастотного сигнала по всем свободным каналам. Сканирование осуществляется как фоновый процесс и представляет список свободных и занятых каналов (список RSSI), один для каждой комбинации "временной слот/несущая", который будет использоваться в процессе выбора

канала. Свободный временной слот не используется (временно) для передачи или приема. В списке RSSI низкие значения мощности сигнала означают свободные каналы без помех, а высокие значения означают занятые каналы или каналы с помехами. С помощью информации RSSI, DECT-АРБ или DECT-БРБ может выбрать оптимальный (с наименьшими помехами) канал для установления новой линии связи.

Каналы с самыми высокими значениями RSSI постоянно анализируются в DECT-АРБ для того, чтобы проверить, что передача исходит от базовой станции, к которой у носимой части есть права доступа. АРБ засинхронизируется с БРБ, имеющей самый мощный сигнал, как определено стандартом DECT. Каналы с самыми низкими значениями RSSI используются для установления радиосвязи с БРБ, если пользователь АРБ решит установить связь, или в случае, когда мобильной DECT-трубке передается сигнал о входящем звонке через прием пейджингового сообщения. В базовой станции DECT каналы с низкими значениями RSSI используются при выборе канала для установления передачи маяку (холостой передачи). Механизм динамического выбора и выделения канала гарантирует, что связь всегда устанавливается на самом чистом из доступных каналов.

### **1.8. RSSI в беспроводных сетях передачи данных WiFi диапазона 2.4ГГц**

Расчет уровня сигнала RSSI (Receive Signal Strength Indicator) в dBm для оборудования D-Link идет по следующей формуле:

$$P_{вх} = P_{вых} + K_{а\_пер} - K_{з1} - 115 - 20 * \lg(L) + K_{а\_пр} - K_{з2},$$

где,  $P_{вх}$  - уровень сигнала на входе приемника (dBm);

$P_{вых}$  - уровень сигнал передатчика на другой стороне (dBm);

$P_{\text{ВЫХ}} = 17 \text{ dBm}$  конкретное устройство точка доступа Dlink GW-AP54SG-01

$K_{a\_пер}$  – коэффициент усиления антенны на другой стороне (dBi);

$K_{з1}$  -коэффициент затухания в фидерном тракте на другой стороне(dB);

$L$  - дальность в км;

$K_{a\_пер}$  - коэффициент усиления антенны на приемной стороне (dBi);

$K_{з2}$  - коэффициент затухания в фидерном тракте на приемной стороне(dB);

Выходная мощность передатчика:

- от 14 до -17 dBm = 54Мбит/с, 108Мбит/с

- от 14 до -19 dBm = 48Мбит/с

- от 14 до -21 dBm = 36Мбит/с, 24Мбит/с

- от 14 до -25 dBm = 18Мбит/с, 12Мбит/с, 9Мбит/с, 6Мбит/с

Коэффициенты затухания в фидерном тракте на приемной и передающей сторонах  $K_{з1}$  и  $K_{з2}$  включают в себя суммарные потери в ВЧ кабеле и в ВЧ разъемах. Рекомендуется использовать ВЧ кабель с затуханием 0.25 – 0.39 dB/m. Типовое значение затухания в правильно разделанном разъеме N-типе составляет 0.4 dB на одно соединение (male+female).

## **1.9. Дополнительная оценка качества передачи информации**

В дополнении к штатному цифровому измерителю мощности RSSI в микроконтроллере программно реализована функция проверки канала передачи на предмет потери информации, так называемый PING пакет, для этого генерируются 100 или кратное 100, например 1000 или 10000 или 32000 число 8-ми битовых пакетов, состоящих из поочередных 8-битных эталонных посылок нулей и единиц – ...01010101...01010101...

После передачи данной посылки в эфир на приемной стороне производится раскодирование и дешифрация если информация была передана по кодированному или зашифрованному каналу, и далее

производится подсчет отличающихся от 8-битного эталона 01010101 битов, затем эта информация передается микроконтроллеру, в идеале битовая ошибка стремится к нулю, а процент правильного приема стремится к 100%.

Вторым дополнительным алгоритмом предлагается аналогичная методика, только с фиксированной передачей 256 пакетов 256 раз в каждом из которых в качестве эталонной информации будут передаваться последовательности одинаковых байтовых блоков от 00 Нех до FF Нех, таким образом мы не просто будем знать сколько одиночных бит потерялось или перепуталось в данном частотном канале, а будем иметь информацию о вероятности правильного приема символа от 0 до 255, на протяжении сеанса связи.

В совокупности данных о мощности принимаемого сигнала RSSI и определения качества передачи в количестве ошибок в канале или проценте ошибок, возможно реализовать программный алгоритм выбора наиболее сильной связи в понятии качественной передачи между соседними пунктами Точка-Точка, Звезда или в Кольце.

На основе показателя RSSI можно реализовать автоподстройку частоты передатчика и приемника, а также уровня излучаемой мощности передатчиком, что программно регулируется с шагом 0.2дБм от -30дБм до +10дБм, по умолчанию передатчик работает в режиме выходной мощности равной 0дБм.

Аналогично на основе данных о качестве передачи в канале можно варьировать скорость передачи информации от минимального в 1.2кБит/сек до максимума в 500кБит/с, а также реализовать программную шифрацию данных для передачи только тех символов которые имеют минимальный процент ошибки передачи, еще данная процедура называется скремблирование.

Вся информация о качестве каналов связи между объектами с составе сети, передается на главный модуль под управлением персонального компьютера, где на экране возможно в режиме реального времени

просмотреть всю информацию о качестве каналов связи между конкретными блоками на территории покрытия системы. Также возможно задать период опроса всей системы или конкретного узла, для снижения потребляемой мощности для каждого приемопередатчика в системе, а также внести изменения в маршрутные таблицы установив приоритетные направления путем ручного ввода данных о мощности и тактовой частоте передатчика.

Для реализации принципа оптимального потребления энергии и использования минимально возможного радиоизлучения модулем, в составе программного обеспечения системы используется алгоритм псевдо-интеллектуальной маршрутизации *SimpliciTI™*, который позволяет в первом кольце опроса выявить заводской серийный номер устройства а также его местоположение на карте покрытия, за минимально короткие сроки.

После первоначального опроса мы имеем полностью все необходимые параметры обо всех точках установки наших приемопередающих устройств, такие как расстояние между точками опираясь на уровень RSSI с погрешностью от несколько метров до десятков метров, в зависимости от программной реализации алгоритма, а также оптимальные маршруты следования запроса из головного блока на ведомые удаленные блоки.

## **2. ВЫБОР МИКРОКОНТРОЛЛЕРА ДЛЯ РАЗРАБАТЫВАЕМОГО УСТРОЙСТВА**

Пожалуй, именно выбор микроконтроллера является одним из самых важных решений, от которых зависит успех или провал задуманного проекта. При выборе микроконтроллера необходимо учесть и оценить большое количество факторов. За основу последовательности продуманных действий, приводящих к окончательному решению, может быть принят рассматриваемый в данной главе план.

Основная цель выбрать наименее дорогой микроконтроллер (чтобы снизить общую стоимость системы), но в то же время удовлетворяющий спецификации системы, т.е. требованиям по производительности, надежности, условиям применения и т.д. Общая стоимость системы включает все: инженерные исследования и разработку, производство (комплектующие и труд), гарантийный ремонт, дальнейшее усовершенствование, обслуживание, совместимость, простоту в обращении и т.д.

### **2.1. Процесс выбора микроконтроллера**

Приступая к выбору, разработчик должен вначале задаться вопросом: "Что должен делать микроконтроллер в моей системе?" Ответ на этот простой вопрос определяет требуемые для разрабатываемой системы характеристики микроконтроллера и, таким образом, является определяющим фактором в процессе выбора.

Второй шаг проведение поиска микроконтроллеров, которые удовлетворяют всем системным требованиям. Он обычно включает подбор литературы, технических описаний и технических журналов, а также консультации. В настоящее время стала вполне доступной информация о предлагаемых как традиционных, являющихся промышленным стандартом микроконтроллерах, так и новейших микроконтроллерах. Хорошо, если

системным требованиям будет удовлетворять хорошо знакомый микроконтроллер, в противном случае должен быть проведен вторичный поиск, чтобы найти микроконтроллер, который наиболее полно удовлетворяет предъявляемые требования, имеет минимум внешних навесных компонентов и подходит по стоимости и габаритам. Ясно, что однокристалльный микроконтроллер предпочтительней из-за цены и надежности.

Последняя стадия выбора состоит из нескольких этапов, цель которых сузить список приемлемых микроконтроллеров до одного. Эти этапы включают в себя анализ цены, доступности, средств разработки, поддержки производителя, стабильности производства конкретных микроконтроллеров и наличия других производителей или поставщиков. Чтобы прийти к оптимальному решению, возможно, весь процесс придется повторить несколько раз.

## **2.2. Процесс выбора критерии микроконтроллера**

Основные критерии выбора микроконтроллера представлены ниже в порядке значимости. Каждый критерий детально объясняется в дальнейшем.

- Пригодность для прикладной системы. Может ли она быть сделана на однокристалльном микроконтроллере или ее можно реализовать на основе какой либо специализированной микросхемы?
  - Имеет ли микроконтроллер требуемое число контактов/портов ввода/ вывода, т.к. в случае их недостатка он не сможет выполнить работу, а в случае избытка цена будет слишком высокой?
  - Имеет ли он все требуемые периферийные устройства, такие как последовательные порты ввода/вывода, RAM, ROM, A/D, D/A и т.д.?

- Имеет ли он другие периферийные устройства, которые не потребуются в системе?
- Обеспечивает ли ядро процессора необходимую производительность, т.е. вычислительную мощность, позволяющую обрабатывать системные запросы в течение всей жизни системы на выбранном прикладном языке? Слишком много расточительно, слишком мало не будет работать.
- Выделено ли в бюджете проекта достаточно средств, чтобы позволить себе использовать данный микроконтроллер. Для ответа на этот вопрос, обычно требуются расценки поставщика. Если данный микроконтроллер не приемлем для проекта, все остальные вопросы становятся несущественными, и вы должны начать поиски другого микроконтроллера.
- Доступность.
  - Существует ли устройство в достаточных количествах?
  - Производится ли оно сейчас?
  - Что ожидается в будущем?
- Поддержка разработчика.
  - Ассемблеры.
  - Компиляторы.
    - Средства отладки.
      - Оценочный модуль (EVM).
      - Внутрисхемные эмуляторы.
      - Насадки для логических анализаторов.
      - Отладочные мониторы.
      - Отладчики программ в исходных текстах.
- Информационная поддержка
  - Примеры применения.
  - Сообщения об ошибках.
  - Утилиты, в том числе "бесплатные" ассемблеры.

- Примеры исходных текстов.
- Поддержка применений у поставщика.
  - Есть ли специальная группа, которая занимается только поддержкой применений?
  - Есть ли инженеры, техники или продавцы?
  - Насколько квалифицирован поддерживающий персонал, действительно ли он заинтересован в помощи вам при решении вашей проблемы?
  - Существует ли телефонная и/или FAXовая связь?
- Надежность фирмы производителя.
  - Компетентность, подтвержденная разработками.
  - Надежность производства, т.е. качество продукции.
  - Время работы в этой области.

### **2.3. Системные требования**

Проведение системного анализа вашего проекта позволит определить и требования к микроконтроллеру. Какие требуются периферийные устройства? Применяются ли битовые операции или только числовые? Сколько требуется манипуляций для обработки данных? Должна ли система управляться по прерываниям, по готовности или по командам человека? Каким количеством устройств (битов ввода/вывода) необходимо управлять? Какие устройства из числа многих возможных типов I/O устройств должны контролироваться управляться: терминалы, выключатели, реле, клавиши, сенсоры (температура, свет, напряжение и т.д.), звуковые устройства, визуальные индикаторы (LCDдисплеи, LED), аналогоцифровые (A/D), цифроаналоговые (D/A) преобразователи? Одно или несколько напряжений питания требуется для системы? Насколько отказоустойчив источник питания? Будет ли работать устройство при напряжении вашей сети питания? Должны ли напряжения удерживаться в узком фиксированном диапазоне

изменений, или же система может работать при большой нестабильности? Какой рабочий ток? Изделие должно работать от сети или от батарей? Если от батарей, должны ли использоваться перезаряжаемые батареи и если это так, то каково время работы без перезарядки, и какое для нее требуется время? Существуют ли ограничения по размеру, весу, эстетическим параметрам, таким как форма и/или цвет? Существуют ли какие-либо специфические требования к условиям окружающей среды, таким как военные условия, температура, влажность, атмосфера (взрывоопасная, коррозионная и т.д.), давление/ высота? Пользовательское программное обеспечение должно базироваться на дисках или ROM? Изделие работает в реальном времени, и если да, собираетесь ли вы создать или приобрести ядро программ реального времени или, возможно, будет достаточно обычной широко используемой версии? Достаточно ли персонала и времени для развития вашего собственного ядра программ? Как будут оплачиваться авторские права и программное обеспечение? Для решения задач реального времени требуется большая исследовательская работа, чтобы удовлетворить их особым требованиям.

#### **2.4. Основные особенности микроконтроллера**

Микроконтроллеры в целом можно разделить на группы 8, 16 и 32разрядных по размеру их арифметических и индексных регистров, хотя некоторые разработчики считают, что 8/16/32разрядную архитектуру определяет разрядность шины. Способен ли дешевый микроконтроллер удовлетворить требованиям системы или требуется дорогой 16 или 32разрядный? Может ли 8разрядная программная эмуляция особенностей 16/32разрядного микроконтроллера разрешить использование дешевого 8разрядного, жертвуя размером исполняемого кода и скоростью? Например, может ли 8разрядный микроконтроллер быть использован с программным макросом, чтобы эмулировать 16разрядный аккумулятор и операции

индексирования? Выбор прикладного языка (высокого уровня вместо ассемблера) может сильно повлиять на производительность системы, которая затем может диктовать выбор 8/16/32разрядной архитектуры, но ограничение по цене может отвергнуть этот выбор.

Тактовая частота или, более точно, скорость шины определяет, сколько вычислений может быть выполнено за единицу времени. Некоторые микроконтроллеры, в основном ранних разработок имеют узкий диапазон допустимой тактовой частоты, в то время как другие могут работать вплоть до нулевой частоты. Иногда выбирается специфическая тактовая частота, чтобы сгенерировать другую тактовую частоту, требуемую в системе, например, для задания скоростей последовательной передачи. В основном, вычислительная мощность, потребляемая мощность и стоимость системы увеличиваются с повышением тактовой частоты. Цена системы при повышении частоты увеличивается из за стоимости не только микроконтроллера, но также и всех требующихся дополнительных микросхем, таких как RAM, ROM, PLD и контроллеры шины.

Рассмотрим технологию, с использованием которой изготовлен микропроцессор: N канальную металлоксидполупроводник (NMOS), которая использовалась в микроконтроллерах ранних разработок, сравним с современной CMOS технологией с высоким уровнем интеграции (HCMOS). В отличие от ранних NMOS процессоров, в HCMOS уровни сигналов изменяются в диапазоне от 0 до уровня напряжения питания. В связи с этим обстоятельством предпочтение отдается HCMOS процессорам. Кроме того, HCMOS потребляют меньшую мощность и, следовательно, меньше нагреваются. Геометрические размеры элементов в HCMOS меньше, что позволяет иметь более плотные схемы и, таким образом, работать при более высоких скоростях. Более плотный дизайн также уменьшает стоимость отдельного микроконтроллера, т.к. на кремниевой пластине того же размера можно получить большее количество чипов. По этим причинам сегодня

подавляющее большинство микроконтроллеров производится с использованием HCMOS технологий.

## **2.5. Возможности микроконтроллера**

За счет достижения более высокого уровня интеграции и надежности при сохранении низкой цены, все микроконтроллеры оснащены встроенными дополнительными устройствами. Эти устройства под управлением микропроцессорного ядра микроконтроллера выполняют определенные функции. Встроенные устройства обладают повышенной надежностью, поскольку они не требуют никаких внешних электрических цепей. К наиболее известным встроенным устройствам относятся устройства памяти и порты ввода/вывода (I/O), таймеры, системные часы/генератор. Устройства памяти включают оперативную память (RAM), постоянные запоминающие устройства (ROM), перепрограммируемую ROM (EPROM), электрически перепрограммируемую ROM (EEPROM). Таймеры включают и часы реального времени, и таймеры прерываний. Следует принимать во внимание диапазон и разрешение таймера, так же как и другие подфункции, такие как функции сравнение и/или захвата входных линий при измерении длительности сигнала. Средства I/O включают последовательные порты связи, параллельные порты (I/O линии), аналого-цифровые преобразователи (A/D), цифроаналоговые преобразователи (D/A), драйверы жидкокристаллического дисплея (LCD) или драйверы вакуумного флуоресцентного дисплея (VFD).

Другими, реже используемыми, встроенными ресурсами являются внутренняя/внешняя шина, таймер слежения за нормальным функционированием системы сторожевая схема, система обнаружения отказов тактового генератора, возможность выбора конфигурации памяти и системный интеграционный модуль (SIM). SIM обычно заменяет внешнюю "склеивающую" логику, необходимую для организации взаимодействия

микроконтроллера с внешними устройствами через заданные контакты микросхемы.

В большинство микроконтроллеров с внутрисхемными ресурсами включается блок конфигурационных регистров для управления этими ресурсами. Иногда сам этот блок может быть отражен в различные места карты памяти. Иногда имеется пользовательский и/или фабричный тестовый регистр, указывающий на то, какое значение производитель придает качеству. Наличие конфигурационных регистров приводит к проблеме случайного изменения желаемой конфигурации "блуждающим" кодом. Для предотвращения такой случайной возможности используется механизм "блокировки", т.е. до того, как регистр конфигурации может быть изменен, биты в другом регистре должны быть изменены в определенной последовательности.

## **2.6. Набор команд микроконтроллера**

Необходимо внимательно изучить набор команд и регистров каждого микроконтроллера, так как они играют важнейшую роль в определении возможностей системы в целом. Изучили ли ваши программисты индексные режимы адресации в связи с предполагаемыми нуждами вашей системы? Есть ли какие либо специальные команды, которые будут использоваться в вашей системе, такие как умножение, деление и табличное интерполирование? Есть ли какие либо режимы энергосбережения для экономии батарейного питания, такие как стоповый, стоповый с низким потреблением мощности и/или с ожиданием? Есть ли какие либо команды битовых манипуляций (установка бита, очистка бита, тест бита, изменение бита, команды перехода по установленному/очищенному биту), облегчающие применение микроконтроллера, или команды манипуляции с битовыми полями? Будьте осторожны с замечательными командами, которые совершают много действий в одной команде. Реальным критерием

производительности является количество тактовых циклов, требуемое для выполнения задачи, а не количество исполненных команд. Для справедливого сравнения лучше закодировать одинаковую программу и сравнить полное число выполненных тактовых циклов и использованных байтов. Есть ли в карте операционных кодов нереализованные инструкции и что получится, если они случайно выполнятся? Обработает ли система подобную ситуацию корректно обработчиком "исключительных" событий или это приведет к выходу системы из строя?

## **2.7. Прерывания микроконтроллера**

Проверка структуры прерываний необходима всегда, когда создается система реального времени. Сколько линий или уровней прерывания имеется и сколько их требуется для вашей системы? Имеется ли маска уровней прерывания? Когда уровень прерывания подтвержден, есть ли индивидуальные векторы для программы обработчика прерывания, или должны опрашиваться все возможные источники прерывания, чтобы определить источник? В критических по скорости применениях, таких как управление принтером, критерием выбора подходящего микроконтроллера может быть время реакции на прерывание, т.е. время от начала прерывания (в худшем случае, фазированного относительно тактового генератора микроконтроллера) до выполнения первой команды соответствующего обработчика прерывания.

## **2.8. Краткая характеристика современных микроконтроллеров**

Список наиболее популярных в настоящее время на рынке семейств микроконтроллеров, предназначенных для применений в устройствах с автономным питанием:

- MSP430 (Texas Instruments);

- AVR (Atmel);
- PIC (Microchip);
- клоны 8051 (большое число производителей);
- 68HC08 (Freescale, ранее Motorola);
- 78K0S, 78K0, 78K0R (NEC);
- Z8 (Zilog);
- H8 (Renesas, ранее Hitachi).

Различия в архитектуре ядер этих семейств, их вычислительной мощности и наборах периферии ориентируют каждое из них на определенную область применения.

Семейство MSP430 фирмы Texas Instruments имеет 16-разрядную архитектуру. Его отличает очень хорошее соотношение производительности и потребляемой мощности и цена, сравнимая с ценой на 8-разрядные контроллеры. Это делает контроллеры Texas Instruments оптимальными для применения в мобильных приложениях, сочетающих требования по высокой производительности и малой потребляемой мощности.

Новое семейство 16-разрядных микроконтроллеров 78K0R фирмы NEC тоже может оказаться очень интересным для разработчиков по соотношению производительности и потребляемой мощности. Особенностью этого семейства является большой объем адресуемой памяти ОЗУ (до 1 Мбайт). Имеется программная совместимость «сверху вниз» с младшими семействами контроллеров этой фирмы.

В качестве представителя архитектуры 8051 рассмотрим контроллеры фирмы Silicon Labs. Они имеют процессорное ядро, совместимое по системе команд с ядром MCS-51. Увеличением тактовой частоты и применением конвейеризации производительность контроллера удалось поднять до 50–100 MIPS (миллионов операций в секунду). Контроллеры этой фирмы отличаются очень богатым набором периферии. Особенно это касается блоков для аналоговой обработки сигнала. Кроме привычных АЦП и аналогового компаратора в состав контроллера могут входить ЦАП,

управляемый усилитель, термодатчики АЦП высокой разрядности. Это все позволило компании Silicon Labs называть контроллеры этой серии «аналоговыми сигнальными процессорами». Это, разумеется, повлияло на цену чипов, но позволило разработчикам реализовывать большинство функций устройства без применения дополнительных компонентов.

Контроллеры семейства AVR фирмы Atmel обладают высокой производительностью (до 16 MIPS), достаточной для решения большинства вычислительных задач, и развитым набором периферии. Это семейство очень популярно среди разработчиков и обеспечено хорошей информационной поддержкой производителя.

Контроллеры PIC фирмы Microchip давно зарекомендовали себя высокой надежностью, малым потреблением и хорошей поддержкой. Кроме того, Microchip продолжает выпуск существующих семейств достаточно долгое время, что помогает разработчикам при организации сопровождения и ремонта выпущенных на рынок продуктов. Младшие серии PIC (например, PIC16) отличает также низкая стоимость (правда, при невысокой производительности).

8-разрядные контроллеры фирм Zilog (семейство Z8) и NEC (семейство 78K0S) часто бывают незаслуженно обойдены вниманием разработчиков. На самом деле 8-разрядные контроллеры этих фирм отличают достаточные для большинства задач набор периферии и производительность, а кроме того — очень невысокая стоимость. Последний фактор, а также то, что большинство изделий этих фирм доступно в версии с однократно программируемой памятью программ или масочной памятью, и определяет то, что большинство окружающих нас бытовых устройств построено на основе именно этих контроллеров.

Таким образом, на основе произведенного анализа характеристик современных микроконтроллеров и поставленной задачи для разработки устройства передачи телеметрической информации по радиоканалу с удаленного объекта на компьютер выберем микроконтроллер ATmega8

фирмы Atmel, которая наиболее полно удовлетворяет всем поставленным требованиям.

Микроконтроллер ATmega8 содержит:

а) 23 программируемые линии ввода/вывода. Т.е. 23 из 28 ножек микроконтроллера могут, как принимать, так и отдавать определенную информацию. Что делать с этой информацией: «отдавать или принимать ее?», определяется состоянием бита управления для каждой ножки, в регистре управления этого порта;

б) два 8-разрядных таймера/счетчика (*T0* и *T2*). Любой таймер - это счетчик импульсов. Только эти импульсы отстают, друг от друга на равные во времени отрезки. Поэтому любой таймер можно использовать как счетчик и наоборот. Производители контроллеров оставили этот выбор за программистом. Т.е. В каком режиме работает данный таймер/счетчик - в режиме измерения времени или в режиме счетчика произвольных импульсов программируется самим программистом непосредственно в специальных регистрах управления, где задается эта, и другая информация о режиме работы таймера/счетчика.

в) каждый таймер/счетчик снабжен предварительным делителем. Предварительный делитель - это устройство внутри микроконтроллера, которое подает только кратные определенному числу импульсы, на вход таймера/счетчика. Т.е., например, таймер можно запрограммировать считать каждую 10-ую мкс или каждую 10-ую мс;

г) один 16-разрядный таймер/счетчик (*T1*) с отдельным предварительным делителем. Этот таймер/счетчик отличается от предыдущих двух разрядностью, т.е. максимальным числом в регистрах счета. Итого в микроконтроллере ATmega8 существует три таймера/счетчика (два - 8-разрядных, один - 16-разрядный);

д) один 6-канальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП - ADC). Из них 4 канала с 10 разрядной точностью и 2 с 8-разрядной точностью. Переключение между входными каналами АЦП производится с помощью

регистра управления АЦП (*ADMUX*). В результате чего *ATmega8* может считывать 6 аналоговых сигналов, но не одновременно, а последовательно, т.е. вначале произошло считывание аналогового сигнала с одной ножки микроконтроллера (с 1 канала). Это считанное значение запоминается в программе. Затем программным путем происходит переключение входа АЦП (например, с 1 канала на 2) и производится считывание аналогового сигнала с другой ножки. Это значение также запоминается. Процесс повторяется, и так далее. В результате чего скорость программы уменьшится в 6 раз, если использовать все 6 входов АЦП. Т.к. программе чтобы получить информацию о шести аналоговых сигналах необходимо произвести 6 раз преобразование аналогового сигнала в цифровой код, а любое такое преобразование отнимает значительную часть времени работы микроконтроллера, то время выполнения программы увеличится в 6 раз;

е) три канала ШИМ (*PWM*). Для вывода аналогового сигнала из микроконтроллера используется не цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП - *DAC*), а ШИМ сигнал. Принцип получения аналогового сигнала с помощью ШИМ представлен на рис. 2.4. С помощью любого фильтра высоких частот усредняется выходное напряжение и получается среднее аналоговое значение сигнала. Он и служит аналоговым выходом. Правда, для получения такого сигнала необходимо ставить фильтр высоких частот, чтобы получать среднее значение;

ж) микроконтроллер *ATmega8* содержит 130 высокопроизводительных команд, большинство команд выполняется за один тактовый цикл. Это значительно повышает производительность работы микроконтроллера. Правда по сравнению с процессором *KP580B80* данный микроконтроллер содержит, примерно, в два раза меньше число команд. Поэтому *ATmega8* и называют микроконтроллерами, а также из-за своих размеров; и) микроконтроллер *ATmega8* содержит 32 восьмиразрядных рабочих регистра общего назначения (РОНов);

- к) производительность данного микроконтроллера приближается к 16 миллионам операций в секунду (при тактовой частоте, подключенной к соответствующим входам микроконтроллера, 16 МГц); л) рабочая частота 0 - 16 МГц, т.е. частота, которая может быть подана на соответствующие ножки микроконтроллера; м) рабочее напряжение 4,5 - 5,5 В, т.е. микроконтроллер получает однополярное питание приблизительно в 5 В. Соответственно микроконтроллер и может выдавать сигналы только напряжением, не превышающим 5 В. Этот сигнал необходимо усиливать перед подачей его на любые органы управления электроприводом или технологическим процессом. Также это обстоятельство необходимо учитывать при подаче информации на входы микроконтроллера; н) программы микроконтроллера может быть перезаписана до 1000 раз;
- п) три программируемых последовательных интерфейса *USART*, *TWI* и *SPI*, которые служат для связи этого микроконтроллера с другими внешними устройствами;
- р) программируемый сторожевой таймер с отдельным встроенным генератором. Этот таймер служит для того, чтобы прервать программу, если она «зависла».

### 3. РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО РАДИОКАНАЛУ С УДАЛЕННОГО ОБЪЕКТА НА КОМПЬЮТЕР

#### 3.1. Структурная схема системы сбора телеметрической информации по радиоканалу на ПК

Структурная схема системы сбора телеметрической информации по радиоканалу на ПК приведена на рис.3.1.

Основные технические средства системы:

- Персональный компьютер;
- трансивер ПК;
- трансиверы ОК;
- аналоговые и цифровые датчики.

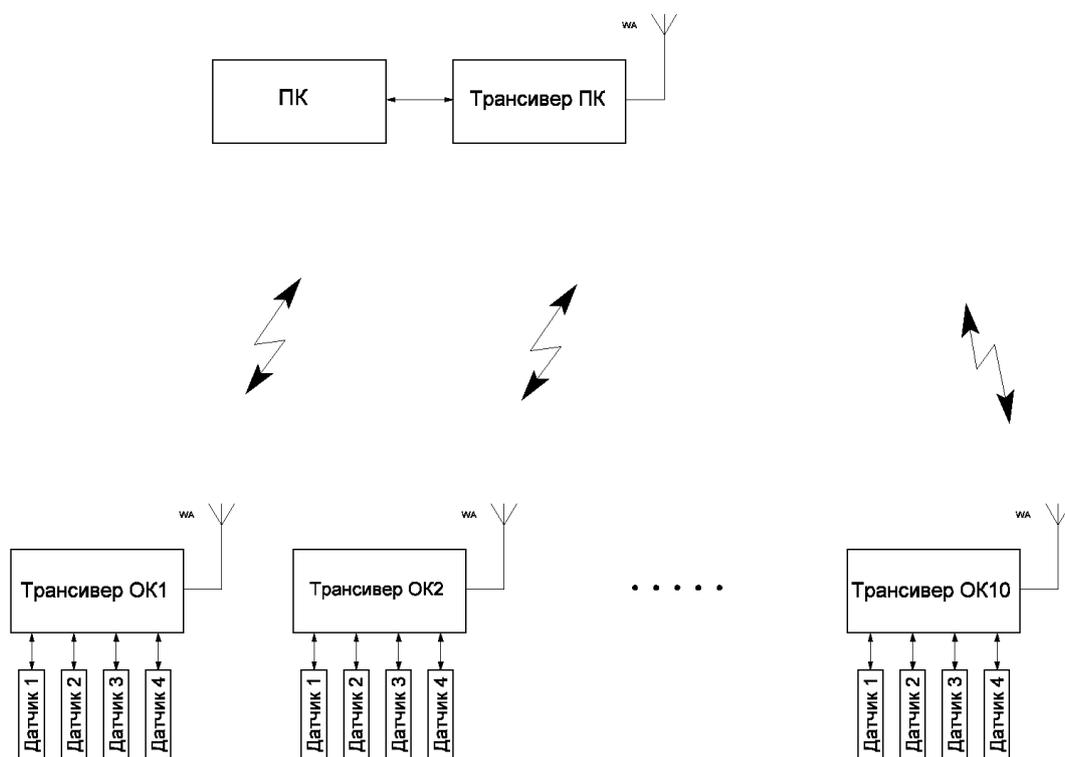


Рис.3.1 Структурная схема системы сбора телеметрической информации по радиоканалу на ПК

По команде персонального компьютера трансивер ПК передает команду на измерение телеметрической информации с датчиков по радиоканалу в соответствующий трансивер ОК (каждый трансивер ОК имеет свой адрес). Трансивер ПК и трансивер ОК обмениваются данными по радиоканалу.

Трансивер ОК осуществляет:

- по полученной команде, фиксирует данные с датчиков Д1, Д2, Д3 и Д4;
- преобразование данных полученных с аналоговых датчиков в цифровой код;
- упаковку данных и обмен информацией по радиоканалу с ПК.

Функции трансивера ПК:

- обеспечить синхронизацию сеансов связи между трансиверами ОК (до 10 штук) и ПК;
- принять информацию от трансиверов ОК;
- передать информацию к ПК.

Сеансы связи между составными частями системы разнесены по времени и не перекрываются. Работа трансиверов ОК и Трансивер ПК взаимосвязана и строго синхронизирована. Синхронная работа обеспечивается установленными в трансиверах ОК микроконтроллерами.

Трансивер ОК проводит измерение и готовит измеренные данные к передаче по командам микроконтроллера до сеанса связи по радиоканалу. Для обмена по радиоканалу каждый трансивер ОК формирует свой пакет данных.

### **3.2. Разработка функциональных схем трансивера ОК и трансивера ПК**

Разрабатываемый трансивера ПК должен иметь следующие основные функциональные элементы:

- USB-UART преобразователь для согласования уровней сигналов ПК и микроконтроллера;
- Микроконтроллер для управления ВЧ блоком и для организации связи с ПК;
- ВЧ блок отвечающий за беспроводную передачу информации.

Функциональная схема трансивера ПК приведена на рис.3.2.



Рис.3.2. Функциональная схема трансивера ПК

Разрабатываемый трансивера ОК должен иметь следующие основные функциональные элементы:

- разъем для подключения датчиков к микроконтроллеру;
- Микроконтроллер для управления ВЧ блоком и для организации связи с датчиками;
- ВЧ блок отвечающий за беспроводную передачу информации.

Функциональная схема трансивера ОК приведена на рис.3.3.

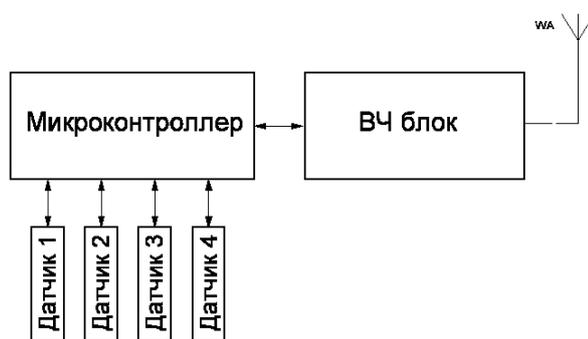


Рис.3.3. Функциональная схема трансивера ОК

### 3.3. Обоснование выбранного рабочего диапазона

Для реализации устройства передачи телеметрической информации по радиоканалу с удаленного объекта на компьютер выберем рабочим диапазоном - диапазон 433 МГц.

Как альтернатива выбранному частотному диапазону мог быть выбран диапазон 2.4ГГц, а также 900МГц, но так как в настоящее время в данных частотах происходит насыщение другими устройствами, мешающими нормальному приему, он остается за системами беспроводной передачи информации в локальных сетях WiFi и сетями GSM900/1800 сотовых операторов.

Причины отказа от разработки системы на более высокой частоте:

В диапазоне 2.4ГГц в настоящее время работает множество устройств начиная от обыкновенного в наше время Bluetooth, точек доступа беспроводных локальных сетей, систем управления электронными игрушками стандартов DSP-Spectrum имеющими узкий спектр но с очень частой сменой рабочей частоты для избавления от помех, заканчивая список самым мощным излучением в домашних условиях, это микроволновая печь.

В диапазоне 800-930МГц каждый день добавляется по несколько сотен передатчиков – наши с вами мобильные телефоны. На данной частоте при импульсном режиме работы присутствует постоянный мощный электромагнитный фон, распределенный равномерно по площади с нами, так как телефон в настоящее время является неотъемлемым атрибутом современного человека, аналогично еще применяемые телефоны старых форматов если вспомнить “FORA” с мощными передатчиками, переносные домашние DECT радиотелефоны, в больницах иногда данная частота используется в составе медицинского электронного оборудования.

Диапазон 433 МГц широко используется в системах автомобильной сигнализации, в которых применяются маломощные, без кодирования информации и абсолютно дешевые модули, не требующие регистрации.

Дальность таких модулей порядка 30-50 метров на открытой местности, что абсолютно не мешает работе разрабатываемого устройства.

Если рассматривать Стандарт IEEE 802.15.1 (Bluetooth), который разрабатывался для коммуникации мобильных устройств, и основной упор в нем делался на низкое энергопотребление и простоту организации канала, предельная разрешенная мощность передатчика установленная по стандарту слишком низка для передачи информации более чем на 30-100 метров, поэтому данные модули нами не рассматриваются.

Диапазон 433 МГц широко используется в системах автомобильной сигнализации, в которых применяются маломощные, без кодирования информации и абсолютно дешевые модули, не требующие регистрации. Дальность таких модулей порядка 30-50 метров на открытой местности, что абсолютно не мешает работе разрабатываемого устройства.

### **3.4. Разработка принципиальных схем трансивера ОК и трансивера ПК**

#### **Выбор приёмопередатчика**

При выборе приёмопередатчика предъявляются следующие требования:

- 1 – Рабочий диапазон 433 МГц (ISM);
- 2 – Скорость передачи не менее 115200 кбит/с;
- 3 – Возможность работать в полудуплексном режиме (для подтверждения принятой информации);
- 4 – Малая потребляемая мощность;
- 5 – Невысокая стоимость.

Этим требования удовлетворяют многие приёмопередатчики, но для разработки данного устройства был выбран современный однокристалльный ресивер производителя Texas Instruments CC1100 имеющий очень малые размеры всего 4x4 мм, что делает устройство очень компактным. Данный

ресивер работает в 3-х диапазонах 300-348МГц, 400-464МГц и 800-928МГц, в памяти можно задать 4 основных фиксированных частоты, для которых антенный выход кристалла согласован оптимально, это 315, 433, 868 и 915 МГц.

Принципиальная схема ВЧ блока на микросхеме CC1100 приведено на рис.3.4.

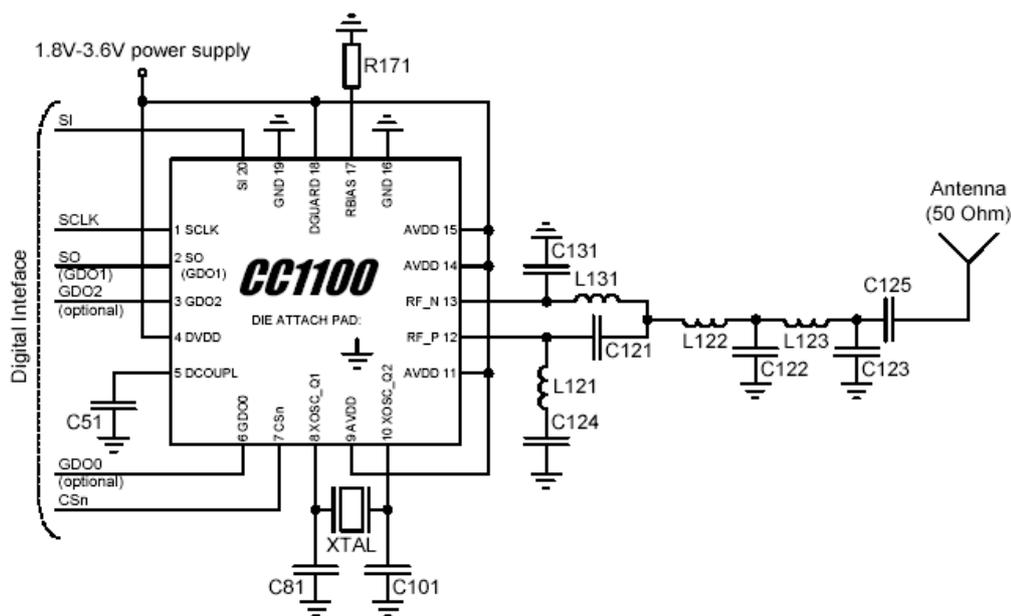


Рис.3.4. Принципиальная схема ВЧ блока на микросхеме CC1100

Отличительные особенности ресивера CC1100 выпускаемого по технологии Chipson's 4-го поколения с технологическим процессом 0,18 мкм:

- Миниатюрный 20-ти выводный корпус QLP-20 4x4мм;
- частотных диапазона 300-348, 400-464, 800-928 МГц;
- Высокая чувствительность приемника до -110дБм при скорости передачи информации до 1.2кБит/сек и проценте ошибок равному 1%;
- Программируемое значение пропускной способности канала связи вплоть до 500кБит/сек;
- Низкое энергопотребление, всего 15.4 мА в режиме приема на частоте 433МГц и скорости передачи информации 1.2кБита/сек;
- Минимальное требуемое количество внешних элементов, кристалл имеет свой внутренний частотный синтезатор PLL и коммутатор, не

требуется сложных внешних полосовых фильтров и ВЧ переключателей антенны;

- Ресивер идеален для построения систем с разделением по частоте, так как имеет возможность быстрого перехода на любую из частот рабочего диапазона, путем изменения регистров PLL синтезатора;
- Имеет встроенный цифровой измеритель мощности принимаемого сигнала RSSI;
- Поддерживает автоматическое определение свободности канала при работе на одной частоте с несколькими ресиверами;
- Имеет функцию АЧК автоматической частотной коррекции в режиме приема;
- Имеет функцию пробуждения из режима SLEEP по поступлению специальной кодовой посылки от такового же передатчика;
- Трансивер поддерживает распространенный интерфейс SPI, через который подаются управляющие данные.

Готовый ВЧ блок на микросхеме CC1100 приведен на рис.3.5.



Рис.3.5. ВЧ блок на основе CC1100 на микросхеме CC1100

Трансивер CC1100 имеет 128 8-ми битных регистра, информация в которых необходима для управления трансивером. Это сетка из 256 каналов связи, информация о серийном номере приёмопередатчика, информация конфигурации информационных выводов GDOOn.

На основе произведенного во второй главе анализа характеристик современных микроконтроллеров и поставленной задачи для разработки устройства передачи телеметрической информации по радиоканалу с удаленного объекта на компьютер в качестве управляющего устройства трансиверов выберем микроконтроллер ATmega8 фирмы Atmel, которая наиболее полно удовлетворяет всем поставленным требованиям.

Для организации связи микроконтроллера с компьютером используется USB-UART преобразователь. В качестве USB-UART преобразователя выберем микросхему FT232RL.

В составе системы разрабатываемого приемопередатчика, должны присутствовать ВЧ часть отвечающая за перенос цифровой информации на несущую частоту передачи, блок отвечающий за управление передатчиком по интерфейсу SPI, интерфейс также служит для связи микроконтроллера и памяти. У микроконтроллера должна быть возможность работы по удобному интерфейсу с другими устройствами, а также должен присутствовать разъем для подключения датчиков.

ВЧ часть в выбранной микросхеме ресивера имеет дифференциальный антенный выход и вход, что требует установки согласующей цепи для симметрирования выходного сигнала, и для подавления гармоник на выходе схемы требуется установить П образный резонансный фильтр.

Принципиальные схемы разработанных трансивера ОК и трансивера ПК приведены соответственно на рис.3.6. и рис.3.7.

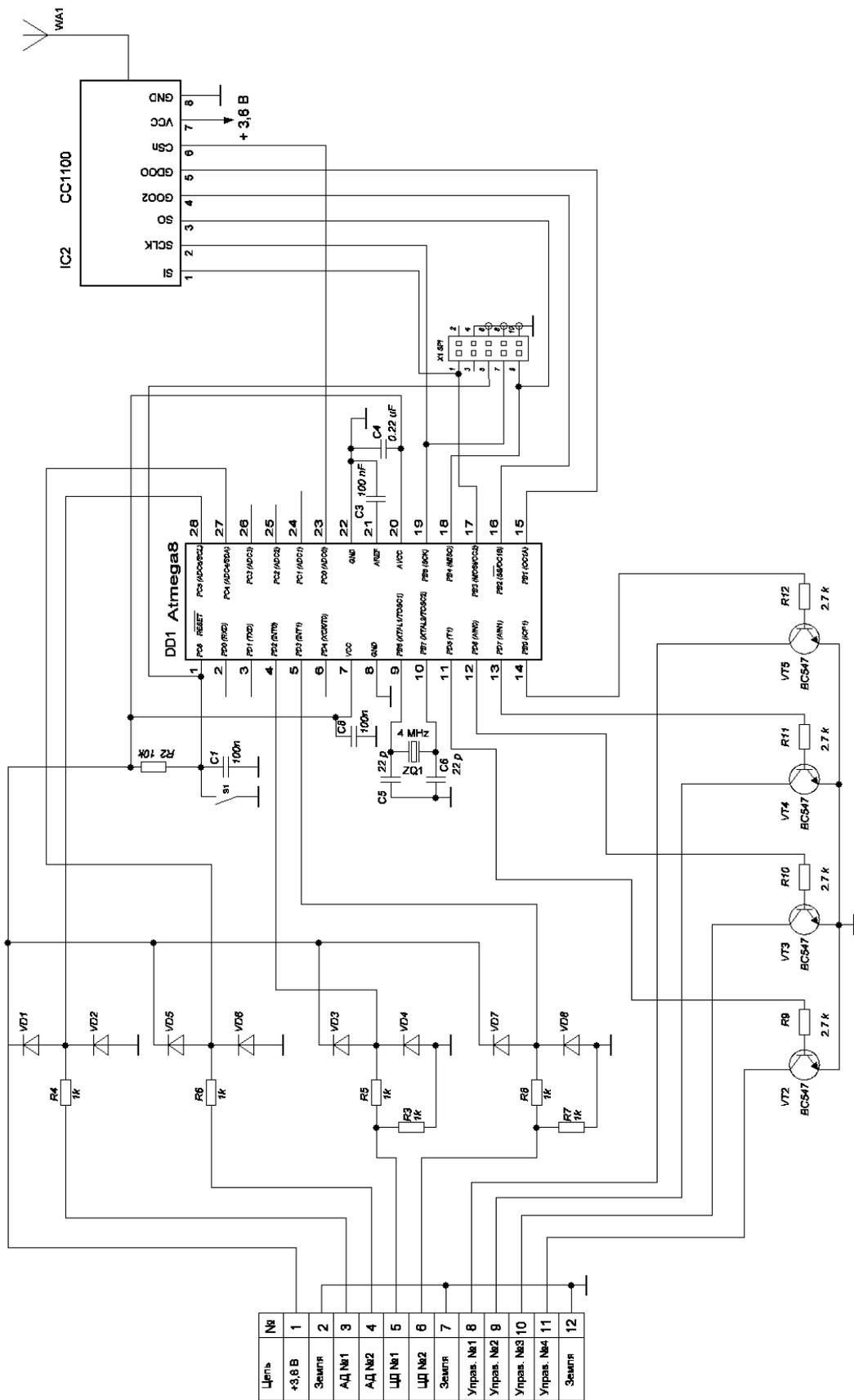


Рис.3.6. Принципиальная схема разработанного трансивера ОК

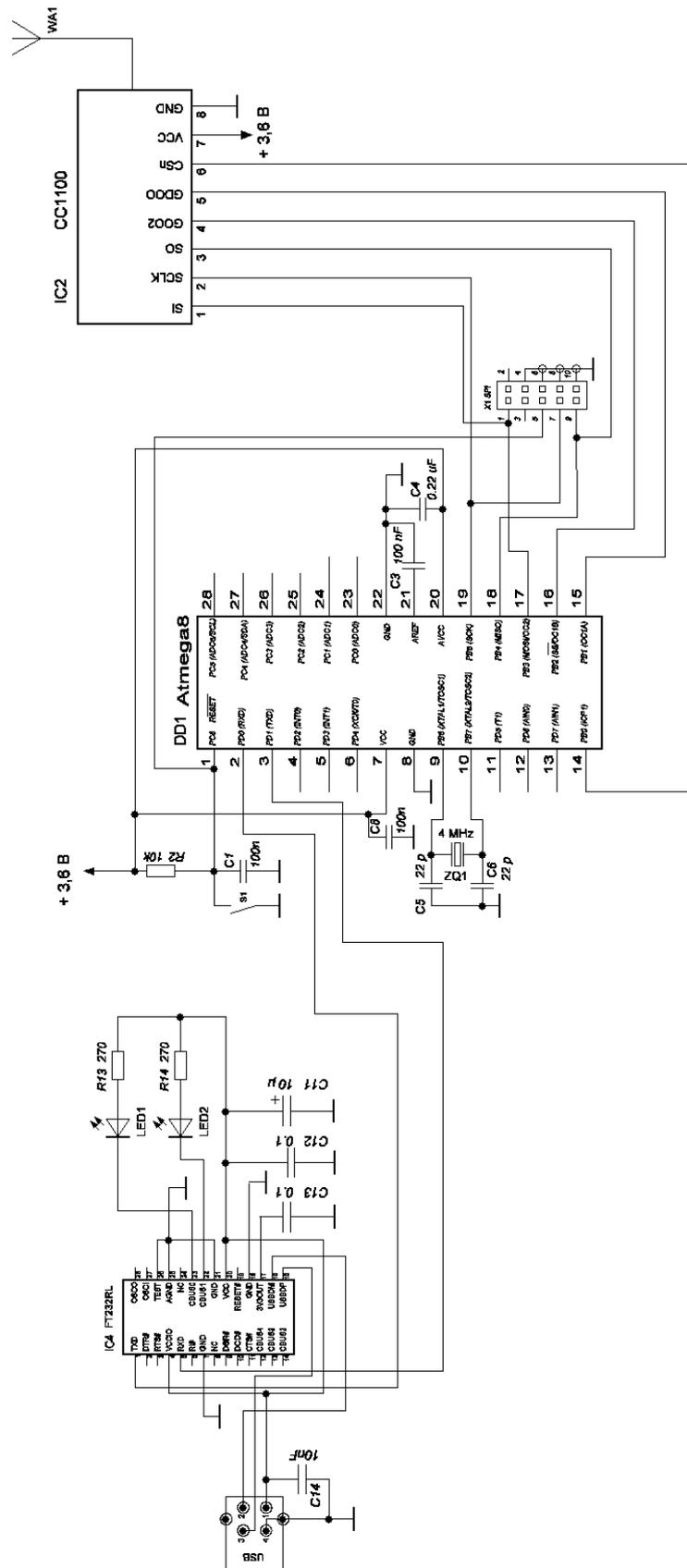


Рис.3.7. Принципиальные схемы разработанных трансивера ПК

### 3.5. Расчёт сетки рабочих частот для приёмопередатчиков

В данной выпускной квалификационной работе применяется монокристалльный трансивер диапазона 433 МГц. Этот передатчик имеет 4 поддиапазона перестраиваемых путем перепрограммирования памяти передатчика.

Необходимо рассчитать сетку рабочих частот для передатчиков, так чтобы они не создавали помехи в работе друг другу.

Рабочая частота ресивера  $f_{IF}$  рассчитывается по формуле:

$$f_{IF} = \frac{f_{XOSC}}{2^{16}} \cdot \text{FREQ\_IF} \quad (3.1)$$

Где  $f_{XOSC} = 26$  МГц (тактовая частота кварцевого генератора схемы)

FREQ\_IF- регистр содержащий информацию множителя из 24 бит

Базовый диапазон определяется значением регистра FREQ2, значение регистра берется из таблицы 3.1, основываясь на указанный диапазон, берем в расчет каналы, предложенные производителем, конкретно значение 15 (0F).

Таблица 3.1

Выбор базового диапазона определяется значением регистра FREQ2

Значение FREQ2	Основная Частота МГц	Диапазон	Номера каналов
14(0x0E)	384	400.2-435	81-255
15(0x0F)	410	410-461	0-255
16(0x10)	436	436-463.8	0-139
17(0x11)	462	462-463.9	0-9

Стандартная ширина канала передачи 203кГц с округлением до сотых можно принять ширину канала 0.2МГц

Исходные данные для расчета:

- Диапазон рабочих частот 410-461 МГц
- Число каналов 256
- Ширина канала 0.2 МГц
- Шаг изменения каналов 0.2 МГц
- Частоте 410 МГц соответствует 00 Нех
- Частоте 461 МГц соответствует FF Нех

Для варианта установки внешней широкополосной антенны подойдет полностью вся рассчитанная сетка частот, тогда для расчёта можно использовать следующее выражение

$$f = f_{Пред} + 0.2МГц \quad (3.2)$$

Рассчитанные значения сведены в таблицу 3.2

Таблица 3.2.

Сетка частот - каналы и их центральные частоты

№ канала	частота								
0	410	45	419	90	428	135	437	180	446
1	410,2	46	419,2	91	428,2	136	437,2	181	446,2
2	410,4	47	419,4	92	428,4	137	437,4	182	446,4
3	410,6	48	419,6	93	428,6	138	437,6	183	446,6
4	410,8	49	419,8	94	428,8	139	437,8	184	446,8
5	411	50	420	95	429	140	438	185	447
6	411,2	51	420,2	96	429,2	141	438,2	186	447,2
7	411,4	52	420,4	97	429,4	142	438,4	187	447,4
8	411,6	53	420,6	98	429,6	143	438,6	188	447,6
9	411,8	54	420,8	99	429,8	144	438,8	189	447,8
10	412	55	421	100	430	145	439	190	448
11	412,2	56	421,2	101	430,2	146	439,2	191	448,2
12	412,4	57	421,4	102	430,4	147	439,4	192	448,4
13	412,6	58	421,6	103	430,6	148	439,6	193	448,6
14	412,8	59	421,8	104	430,8	149	439,8	194	448,8

Продолжение таблицы 3.2.

№ канала	частота								
15	413	60	422	105	431	150	440	195	449
16	413,2	61	422,2	106	431,2	151	440,2	196	449,2
17	413,4	62	422,4	107	431,4	152	440,4	197	449,4
18	413,6	63	422,6	108	431,6	153	440,6	198	449,6
19	413,8	64	422,8	109	431,8	154	440,8	199	449,8
20	414	65	423	110	432	155	441	200	450
21	414,2	66	423,2	111	432,2	156	441,2	201	450,2
22	414,4	67	423,4	112	432,4	157	441,4	202	450,4
23	414,6	68	423,6	113	432,6	158	441,6	203	450,6
24	414,8	69	423,8	114	432,8	159	441,8	204	450,8
25	415	70	424	115	433	160	442	205	451
26	415,2	71	424,2	116	433,2	161	442,2	206	451,2
27	415,4	72	424,4	117	433,4	162	442,4	207	451,4
28	415,6	73	424,6	118	433,6	163	442,6	208	451,6
29	415,8	74	424,8	119	433,8	164	442,8	209	451,8
30	416	75	425	120	434	165	443	210	452
31	416,2	76	425,2	121	434,2	166	443,2	211	452,2
32	416,4	77	425,4	122	434,4	167	443,4	212	452,4
33	416,6	78	425,6	123	434,6	168	443,6	213	452,6
34	416,8	79	425,8	124	434,8	169	443,8	214	452,8
35	417	80	426	125	435	170	444	215	453
36	417,2	81	426,2	126	435,2	171	444,2	216	453,2
37	417,4	82	426,4	127	435,4	172	444,4	217	453,4
38	417,6	83	426,6	128	435,6	173	444,6	218	453,6
39	417,8	84	426,8	129	435,8	174	444,8	219	453,8
40	418	85	427	130	436	175	445	220	454
41	418,2	86	427,2	131	436,2	176	445,2	221	454,2
42	418,4	87	427,4	132	436,4	177	445,4	222	454,4
43	418,6	88	427,6	133	436,6	178	445,6	223	454,6
44	418,8	89	427,8	134	436,8	179	445,8	224	454,8
225	455	232	456,4	239	457,8	246	459,2	253	460,6
226	455,2	233	456,6	240	458	247	459,4	254	460,8
227	455,4	234	456,8	241	458,2	248	459,6	255	461
228	455,6	235	457	242	458,4	249	459,8		
229	455,8	236	457,2	243	458,6	250	460		
230	456	237	457,4	244	458,8	251	460,2		
231	456,2	238	457,6	245	459	252	460,4		

На рис. 3.8 и 3.9 приведены печатные платы соответственно трансивера ОК и трансивера ПК.

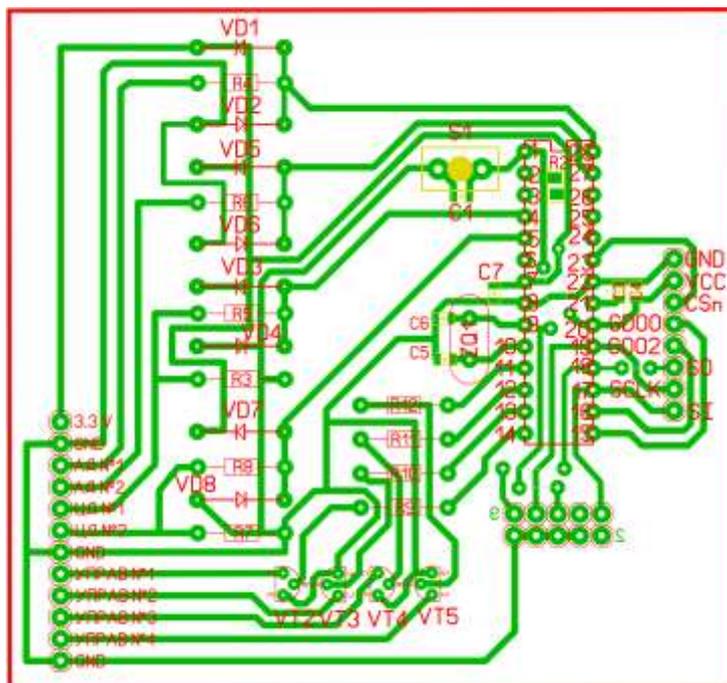


Рис. 3.8 Печатная плата трансивера ОК

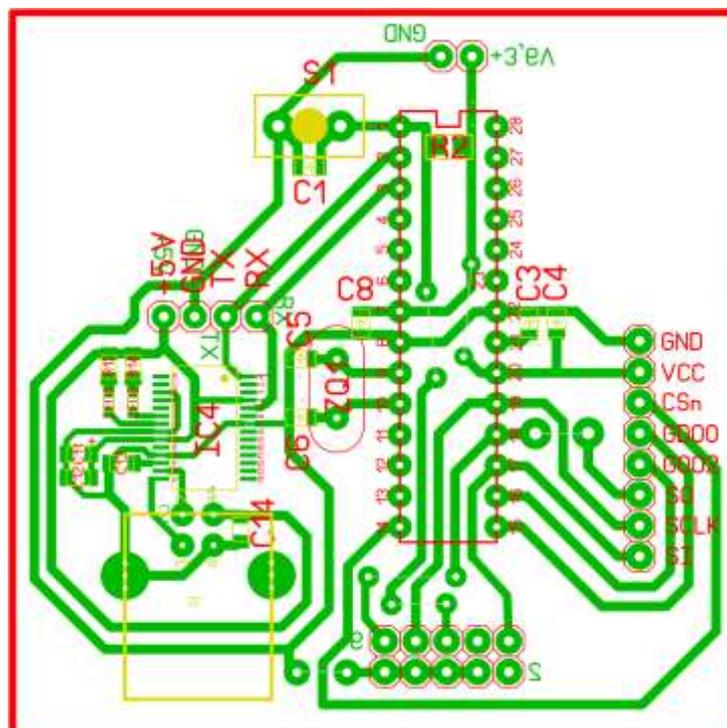


Рис. 3.9 Печатная плата трансивера ПК

На рис. 3.10 и 3.11 приведены фотографии соответственно трансивера ОК и трансивера ПК.

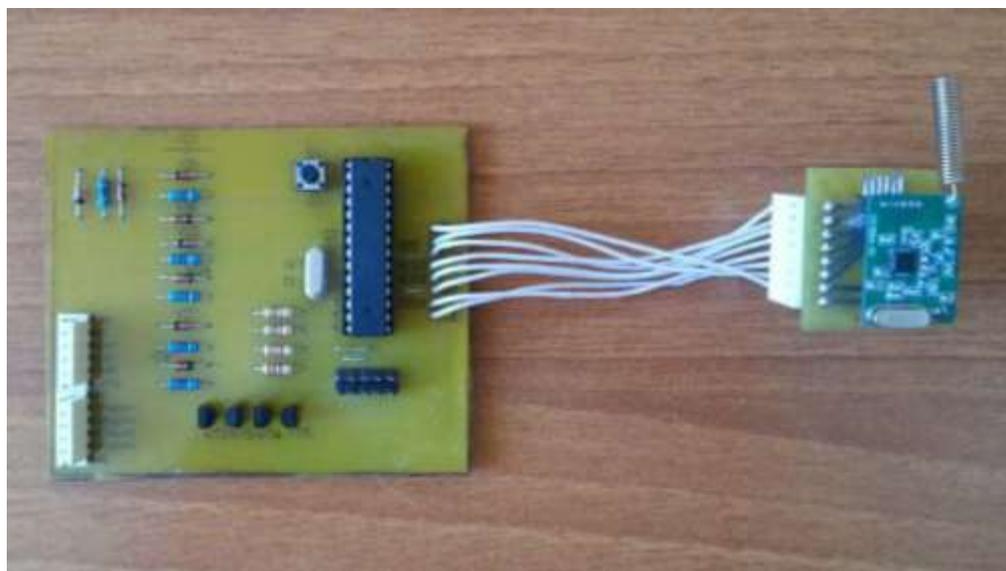


Рис. 3.12. Внешний вид трансивера ОК

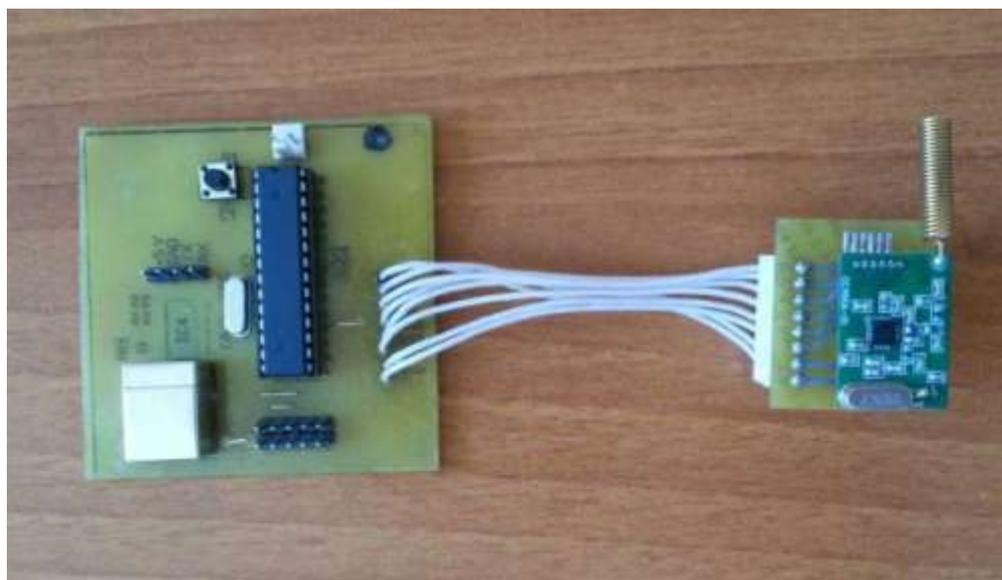


Рис. 3.13. Внешний вид трансивера ПК

## **4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЭКОЛОГИЯ**

### **4.1. Техника безопасности при изготовлении и травлении печатной платы**

При травлении, гальванических покрытиях и для многих других целей применяются различные агрессивные вещества – азотная, фтористоводородная, соляная, серная, уксусная, фосфорная, муравьиная и другие кислоты, а также щелочи.

При работе с кислотами возникают следующие опасные факторы:

1. отравление выделяющимися парами и газами, которые выражаются в раздражении верхних дыхательных путей и слизистых оболочек глаз;
2. при высоких концентрациях могут возникать медленно заживающие изъязвления слизистых оболочек глаз, носа, гортани, бронхов; разрушение зубов (особенно плавиковой кислотой);
3. химические ожоги при попадании кислот на кожу и в глаза.

При попадании кислот и щелочей в воздушную среду они способны вызвать острые отравления и профессиональные заболевания. Для предотвращения этого все работы с агрессивными веществами должны проводиться в помещениях с эффективной местной вытяжной вентиляцией.

Во избежании ожогов при работе с кислотами и щелочами необходимо пользоваться соответствующей спецодеждой по утвержденным нормам. Для защиты глаз необходимо применять очки в резиновой оправе.

### **4.2. Техника безопасности при пайке**

Пайкой осуществляется неразъемное соединение деталей с помощью припоя. Наиболее часто применяемые припои: оловянно-свинцовые (ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61) и ПОСК-50, содержащий 32% свинца. Из сказанного видно, что в состав припоев входит свинец, поэтому процесс

пайки сопровождается загрязнением воздушной среды, рабочих поверхностей, одежды и кожи рук работающих свинцом, что может привести к свинцовым отравлениям организма и вызвать изменения в нервной системе, крови и сосудах. В целях предупреждения отравления свинцом участки пайки оборудуются в соответствии с требованиями санитарных правил. В помещениях ,где производится пайка припоем, содержащим свинец, во избежание попадания свинца в организм не допускается хранить личные вещи, принимать пищу и курить , а также уносить рабочую одежду домой. Рабочее место пайки оборудуется местной вытяжкой вентиляцией, обеспечивающей концентрацию свинца в рабочей зоне не более предельно допустимой -0.01мг/м<sup>3</sup>.

Для предотвращения ожогов и загрязнения свинцом кожи рук работающим должны быть выданы салфетки для удаления лишнего припоя с жала паяльника, а также пинцеты для поддержания припаиваемого провода и для подачи припоя к месту пайки , если отсутствует его автоматическая подача.

С целью защиты от окисления мест пайки применяют флюсы, такие как канифольно-спиртовой при пайке припоями ПОС-40, ПОС-61 и ПОСК-50 и хлористый цинк при пайке и лужении припоями ПОС-18 и ПОС-30. Токсическое действие канифоли заключается в раздражении кожи, хлористый цинк может оказывать резкое раздражение кожи и обжигающее действие на кожу и слизистые оболочки.

Наиболее эффективными мерами, предупреждающими заболевания при пайке, являются механизация и автоматизация паяльных работ методом погружения, избирательная пайка и пайка волной припоя (с применением печатного монтажа, которые полностью исключают соприкосновение кожи работающих со свинцом и флюсами.

Поскольку еще значительное количество паяльных работ проводится вручную – паяльником, по окончании этих работ в целях предупреждения заболеваний необходимо споласкивать руки однопроцентным раствором

уксусной кислоты, мыть их горячей водой с мылом, прополаскивать рот, чистить зубы и принимать теплый душ. При монтажных работах, связанных с опасностью засорения или ожога глаз, предусмотрена выдача рабочим защитных очков.

Требования к ручному инструменту: В данном пункте излагаются требования к ручному инструменту, имеющему специфическое значение при сборке и монтаже: электропаяльник - стержень его не должен качаться, ручка должна быть из электроизоляционного материала, без трещин, шнур без нарушений изоляции. В целях безопасности он должен работать от электросети напряжением не выше 42В. В случае применения паяльника напряжением 36В на рабочем месте в штепсельной розетке должно быть гнездо с надписью «36В». В целях облегчения и безопасности работы применяют паяльники с автоматическим регулятором температуры их нагрева и подачи припоя, а также имеющие встроенное в них конструктивное вентиляционное устройство.

Обжигалка - устройство для снятия изоляции вручную термическим способом, которое основано на прожигании изоляции нагревательным элементом, разогретым электрическим током. Напряжение при этом не выше 42В. Для предотвращения ожога работающих нагревательные элементы ограждаются. Рабочее место обжигальщика оборудуется местной вытяжкой вентиляцией. При откусывании провода боковыми кусачками применяют экран для защиты окружающих от отлетающих частиц.

Для облегчения, большей производительности и безопасности труда по подготовке монтажного провода-отрезка и его оконцовка (снятие изоляции) производится на полуавтоматах и автоматах.

Ручные клещи для обжигания наконечников не должны иметь усилие нажатия на рукоятки более 2 кг, что вполне достаточно для опрессовки наконечников. Для обеспечения указанного усилия на рукоятках пуансон должен перемещаться строго перпендикулярно матрице.

Техника безопасности при наладке и ремонте: К обслуживанию допускаются лица, прошедшие медицинский осмотр при приеме на работу. Повторные медицинские осмотры персонала проводятся не реже одного раза в два года. Со вновь принимаемыми на работу лицами проводят вводный инструктаж.

Обслуживающий электротехнический персонал должен изучить действующие Правила устройства электроустановок (ПУЭ), Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭ и ПТБ), а также знать приемы освобождения пострадавшего от действия электрического тока и оказания доврачебной помощи.

Ремонтные и наладочные работы на действующих электроустановках допускаются при полном снятии напряжения, при частичном снятии напряжения или без снятия напряжения в зависимости от производственных условий и характера работы.

Все подключения и отключения приборов, требующих разрыва электрических цепей, находящихся под напряжением, должны производиться при полном снятии напряжения. Если присоединение и отсоединение не требует разрыва электрических цепей, то разрешается указанные операции производить без снятия напряжения, применяя при этом провод с повышенной изоляцией (ПВЛ) и специальными наконечниками с изолирующими ручками. Изолирующие ручки должны быть рассчитаны на рабочее напряжение. Измерения следует производить в диэлектрических перчатках, очках и галошах. Электроинструмент при эксплуатации должен быстро включаться и отключаться.

### **4.3. Принципы малоотходных технологии**

Экологизация и снижение природоемкости производства предполагают сокращение валового внесения в природную среду техногенных эмиссии.

Сделать производство полностью безотходным невозможно. Задача вовсе не сводится к тому, чтобы устранить абсолютно все экологически отрицательные последствия производственных процессов. Ставить такую задачу равносильно намерению изобрести вечный двигатель второго рода - безэнтропийный. Условно безотходными могут быть только отдельные стадии технологического цикла производства. Тем не менее, существуют теории безотходных процессов и отдельные положения, касающиеся этой проблемы.

Так, согласно определению, принятому на семинаре Европейской экономической комиссии ООН по малоотходной технологии (Ташкент, 1984), «безотходная технология - это такой способ производства продукции (процесс, предприятие, территориально-производственный комплекс), при котором наиболее рационально и комплексно используются сырье и энергия в цикле «сырьевые ресурсы - производство - потребление - вторичные сырьевые ресурсы таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования».

Иногда, особенно в зарубежной литературе, употребляется термин «чистое производство», под которым понимают технологическую стратегию, предотвращающую загрязнение окружающей среды и понижающую до минимума риск для людей и окружающей среды. Применительно к процессам - это рациональное использование сырья и энергии, исключение применения токсичных сырьевых материалов, уменьшение количества и степени токсичности всех выбросов и отходов, образующихся в процессе производства. С точки зрения продукции чистое производство означает уменьшение ее воздействия на окружающую среду в течение всего жизненного цикла продукта от добычи сырья до утилизации (или обезвреживания) после использования. Чистое производство достигается путем улучшения технологии, применением ноу-хау и/или улучшением организации производства. Отметим, что эти определения не подразумевают возможности полной безотходности производства.

Создание малоотходных ресурсосберегающих технологий выдвигает ряд общих требований, направленных на качественное изменение производства. Это:

- комплексная переработка сырья с использованием всех его компонентов;
- интенсификация производственных процессов на основе их автоматизации, электронизации и роботизации; внедрение наукоемких, высокотехнологичных автоматизированных систем;
- цикличность и замкнутость материальных потоков при минимизации производственных отходов;
- уменьшение разделения технологического процесса на отдельные операции, сокращение числа промежуточных стадий перехода от сырья к конечному продукту; применение непрерывных процессов и сокращение времени технологических циклов;
- сокращение удельного потребления природных ресурсов и энергии, максимальная замена первичных ресурсов вторичными, рециркуляция побочных продуктов и отходов в основной процесс, регенерация избыточной энергии;
- применение комбинированных энерготехнологических процессов, обеспечивающих максимальное использование всего потенциала энергоресурсов;
- внедрение экологических биотехнологий на базе физико-химических и биологических процессов, обеспечивающих возможность использования или обезвреживания отходов путем доведения их до природного состояния;
- создание интегрированных технологий, охватывающих сферы природопользования, производства и потребления. Системный анализ производственных процессов с этих позиций позволяет определить пути создания технологий нового поколения.

Комплексная переработка сырья направлена не только на бережное расходование природных ресурсов, но и на уменьшение поступления отходов в окружающую среду и тем самым на предохранение ее от техногенных загрязнений.

Переработка отходов. Ресурсосберегающие и малоотходные технологии способствуют оздоровлению окружающей среды. Но многие действующие предприятия не могут быть быстро переведены на малоотходные схемы производства. Существующие на них технологии высокоотходны, поэтому остается актуальной задача создания эффективных систем улавливания, утилизации и переработки газообразных, жидких и твердых отходов.

Многие вещества и материалы, которые относят к отходам, на самом деле таковыми не являются. В большинстве случаев они могут служить сырьем для других производств и использоваться для разных нужд. Еще Д.И.Менделеев отмечал: «В химии нет отходов, а есть лишь неиспользованное сырье». Он же указывал, что главная цель передовой технологии - получение полезного из бесполезного. Поэтому отходы производства и потребления следует рассматривать как вторичные материальные ресурсы (ВМР), которые можно повторно использовать. Использование ВМР - одно из главных направлений повышения эффективности производства является одновременно важнейшим условием уменьшения промышленного загрязнения окружающей среды.

Как уже отмечено раньше, ситуация с отходами относится к числу наиболее сложных экологических проблем. Для утилизации отходов необходимо преодолеть ряд организационных и технологических трудностей. Главная организационная проблема - отдельный сбор и сортировка отходов, особенно твердых бытовых отходов (ТБО). Главные технологические трудности связаны с высокой энергоемкостью переработки отходов и вредным воздействием ее на окружающую среду, с обеспечением необходимой чистоты конечных продуктов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе разработано устройство передачи телеметрической информации по радиоканалу с удаленного объекта на компьютер. Устройство предлагается использовать в составе широкого спектра разрабатываемых систем управления и сбора телеметрии.

При выполнении работы были выполнены следующие этапы разработки: разработаны функциональные схемы трансиверов персонального компьютера и для датчиков, выбрана и обоснована используемая элементная база, произведен расчёт сетки рабочих частот для приёмопередатчиков, разработаны электрические принципиальные, разработаны печатные платы для готового устройства с использованием компактных корпусов элементов схемы.

Учитывая использование в устройстве современных интегральных схем, с малым током потребления и не высокой ценой, данная система будет конкурентоспособной на рынке приёмопередатчиков для промышленных приложений.

Разработанное устройство защиты обладает следующими возможностями и характеристиками:

- Низкое энергопотребление до 80 мА в активном режиме, и менее 2мА в спящем режиме;
- Возможность длительной работы от аккумулятора без подзаряда;
- Дальность связи не менее 100 метров;
- Скорость передачи информации не менее 115200 кБит/с;
- Само устройство должно быть максимально компактным.

В выпускной квалификационной работе рассмотрены также вопросы безопасности жизнедеятельности и экологии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященном итогам социально-экономического развития страны в 2014 году и важнейшим приоритетным направлениям экономической программы на 2015 год. Газета «Народное слово», 17 января 2015 г., №11 (6164).
2. <http://www.ccitt.uz> (сайт Министерства по развитию информационных технологий и коммуникаций Республики Узбекистан).
3. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. В.Б. Бородин, М.И. Шагурин - М.: Издательство ЭКОМ, 1999.-448 с.
4. <http://sub.chipdoc.ru/>
5. <http://www.nag.ru/>
6. <http://www.gaw.ru/>
7. <http://www.atmel.com/>
8. <http://www.ti.com/>
9. <http://www.microchip.com/>
10. <http://www.linear-tech.com/>
11. <http://www.altium.com/>
12. <http://www.macrovision.com/>
13. <http://www.labcenter.co.uk/>
14. Баранов В.Н. Применение микроконтроллеров AVR. Схемы. Алгоритмы. Программы. -М.: Издательство: Додэка-XXI, 2004.
15. семейства AVR фирмы Atmel.-М.: ИП РадиоСофт, 2002.
16. Голубцов М.С. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному.-М.: СОЛОН-Пресс, 2003.
17. Мортон Дж. Микроконтроллеры AVR: Вводный курс/ Пер. с англ. -М.: Издательство: Додэка-XXI, 2006.
18. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Classic фирмы “Atmel”. -М.: Издательство: Додэка-XXI, 2002.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ**