

Министерство образования и науки Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

**ИНСТИТУТ ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ**

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника

(направленность (профиль))

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

на тему **АДАПТЕР ИНТЕРФЕЙСОВ IRDA–USB ДЛЯ СИСТЕМ УЧЕТА  
ЭНЕРГОРЕСУРСОВ**

Студент(ка)

В.А. Гончаров

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_ (личная подпись)

Руководитель

к.т.н., доцент В.А. Медведев

(И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_ (личная подпись)

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

\_\_\_\_\_ (личная подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ г.

Тольятти 2017

УДК 621.314.572

ББК 32 852

Бакалаврская работа Гончарова Владимира Андреевича по теме «Адаптер интерфейсов IrDA–USB для систем учета энергоресурсов». Руководитель: Медведев Валерий Александрович. Защищена в Тольяттинском государственном университете в 2017 году.

Пояснительная записка: 62 с., 3 разд., рис.37, табл.4

Графическая часть - 6 листов формата А1.

Ключевые слова: электрический счетчик, интерфейс передачи данных, принципиальная схема, микроконтроллер Ethernet, флэш-память, печатная плата, программное обеспечение.

Бакалаврская работа посвящена разработке адаптера интерфейсов IrDA–USB для систем учета энергоресурсов. В ходе проектирования устройства разработана структурная схема системы, дано обоснование выбора элементной базы, разработаны принципиальная схема и печатная плата модуля. Выбраны средства программирования и отладки микроконтроллера.

## Содержание

Введение.....	4
1 Анализ структуры автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии .....	8
1.1 Классификация и основные параметры электрических счетчиков.....	8
1.2 Индукционный счетчик электрической энергии .....	10
1.3 Электронные счетчики электрической энергии .....	11
1.4 Обзор интерфейсов передачи данных АСКУЭ .....	20
1.4.1 Интерфейс передачи данных USB .....	20
1.4.2 Интерфейс передачи данных IrDA .....	22
1.4.3 Интерфейс передачи данных Ethernet .....	22
1.5 Обзор управляющих микроконтроллеров АСКУЭ.....	25
2 Расчетная часть. Проектирование адаптера интерфейсов IrDA-USB для систем учета энергоресурсов .....	27
2.1 Выбор управляющего микроконтроллера .....	27
2.2 Выбор элементной базы адаптера .....	31
2.2.1 Контроллер Ethernet .....	31
2.2.2 Разъем USB .....	32
2.2.3 Трансивер IrDA.....	35
2.2.4 Микросхема флэш-памяти.....	36
2.2.5 Часы реального времени.....	37
2.3 Расчет надежности разработанного адаптера.....	39
3 Конструкторская часть. Реализация и ввод в эксплуатацию адаптера.....	42
3.1 Разработка печатной платы устройства .....	42
3.1.1 Построение принципиальной схемы адаптера .....	42
3.1.2 Трассировка печатной платы адаптера .....	42
3.1.3 Создание конструкторской документации .....	46
3.3 Средства разработки и отладки программного обеспечения .....	54
Заключение .....	59
Список литературы .....	60

## Введение

Требования к достоверности и оперативности учета электрической энергии, предъявляемые сейчас в России, могут быть удовлетворены лишь путем организации автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ), снабженных современной вычислительной техникой.

Применение в составе АСКУЭ персональных ЭВМ со специализированным программным обеспечением (ПО) дает этим системам дополнительную гибкость.

Основной целью учета электрической энергии является получение достоверной информации о количестве произведенной, переданной, распределенной и потребленной электрической энергии, и мощности на оптовом и розничном рынке. Эта информация позволяет (рисунок В1):

### Получение достоверной информации о количестве произведенной, переданной, распределенной и потребленной электрической энергии и мощности

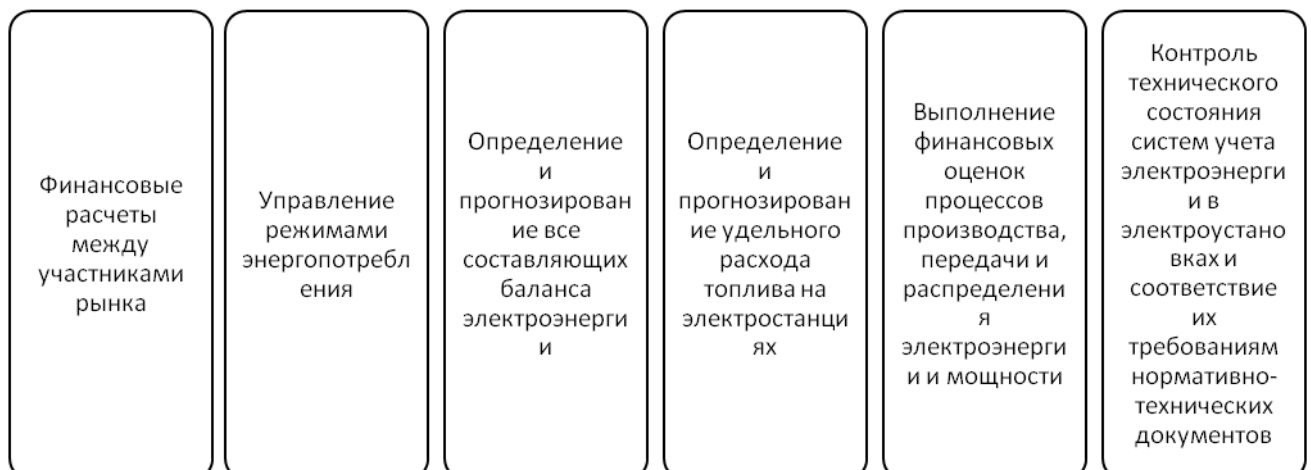


Рисунок В1 – Получение достоверной информации о количестве произведенной, переданной, распределенной и потребленной электрической энергии, и мощности.

Внедрение АСКУЭ дает возможность (рисунок В2):

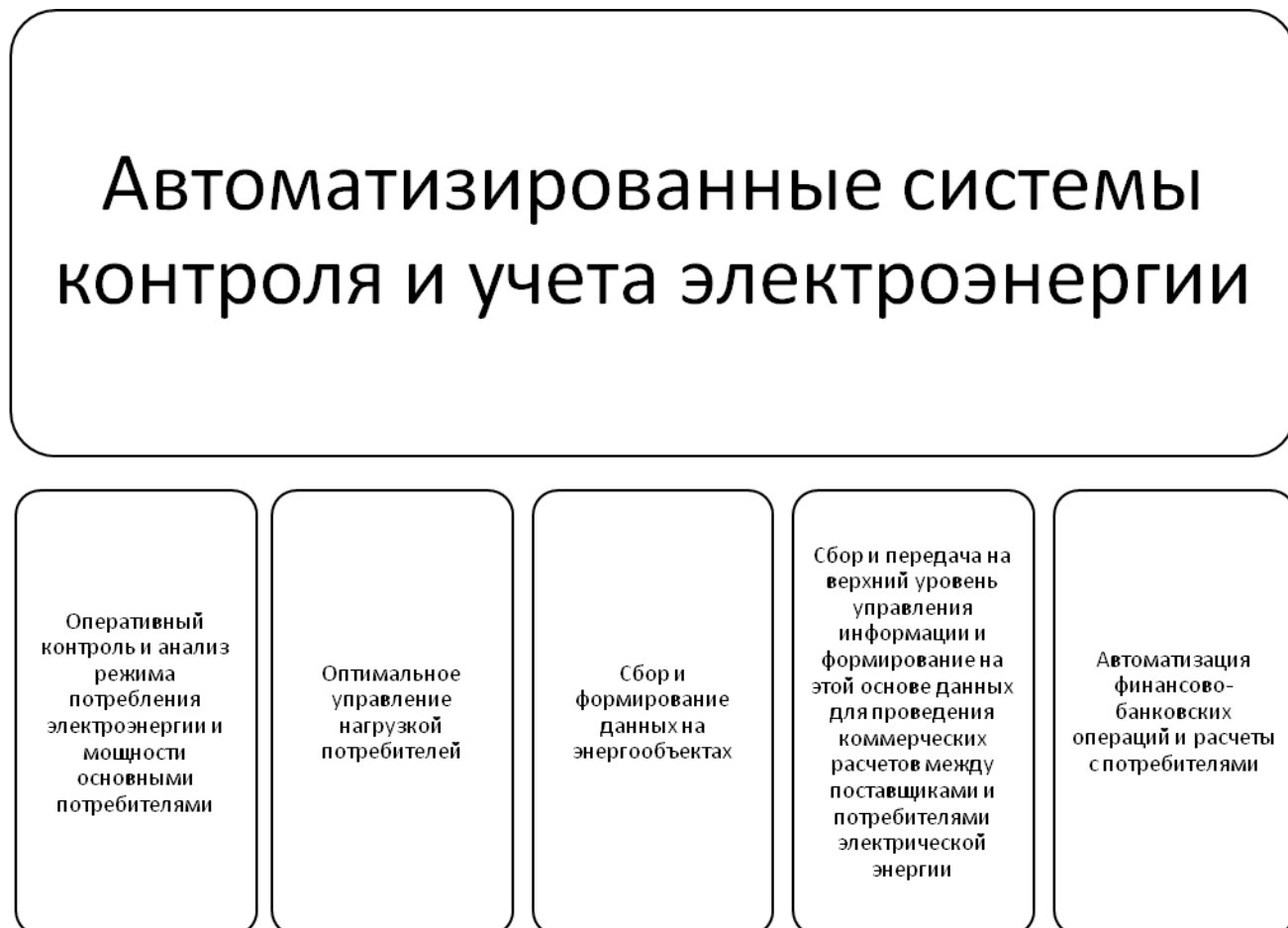


Рисунок В2 – Положительные факторы внедрения АСКУЭ.

АСКУЭ должны быть выполнены на базе серийно выпускаемых технических средств и программного обеспечения. В состав технических средств АСКУЭ должны входить (рисунок В3).

С метрологической точки зрения АСКУЭ являются специфическими измерительными системами, которые реализуют процесс измерения и обеспечивают автоматическое (автоматизированное) получение результатов измерений. Метрологическое обеспечение АСКУЭ должно проводиться в соответствии с общими правилами, распространяющимися на измерительные системы.

Различают измерительные системы (ИС) трех типов (рисунок В4).

Реализация проекта позволит расширить функциональные возможности и уменьшить стоимость АСКУЭ путем сокращения расходов на эксплуатации и фонде заработной платы. Таким образом, решится проблема окупаемости и рентабельности внедрения АСКУЭ.

## Технические средства автоматизированных системы контроля и учета электроэнергии

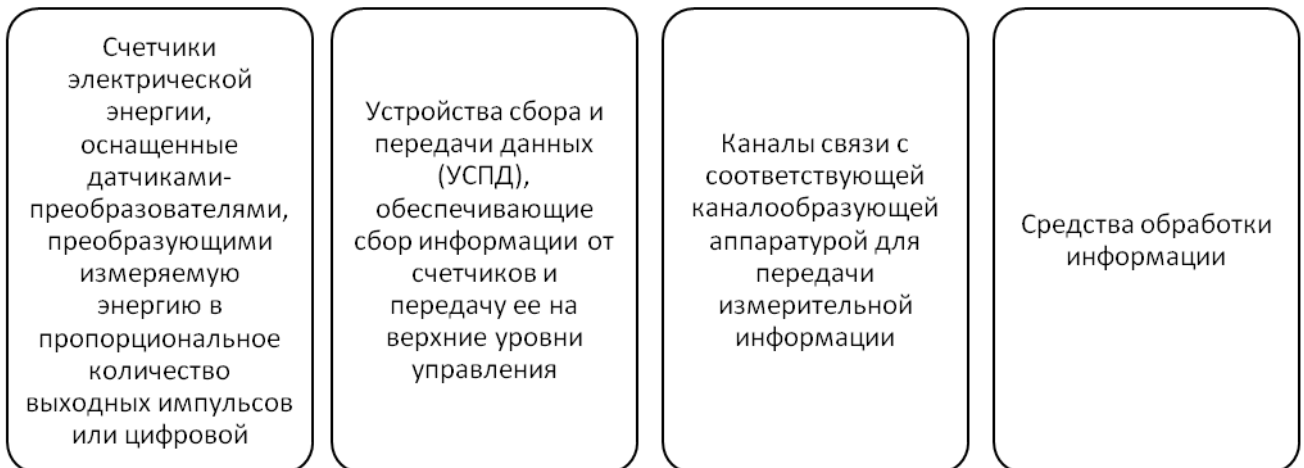


Рисунок В3 - Технические средства автоматизированных системы контроля и учета электроэнергии.

Целью бакалаврской работы является проектирование адаптера интерфейсов IrDA-USB для распределенных систем учета энергоресурсов.

Для создания корпоративной сети, необходимо решить следующие задачи:

- а) провести анализ компонентов АСКУЭ;
- б) по результатам обследования выбрать прототип системы и аппаратно-программные средства ее реализации, модернизировать ключевые компоненты.



Рисунок В4 – Основные типы измерительных систем.

## **1 Анализ структуры автоматизированной системы контроля и учета электроэнергии**

### **1.1 Классификация и основные параметры электрических счетчиков**

Электрическим счетчиком называют интегрирующий электроизмерительный прибор, предназначенный для измерения электрических величин.

Нередко можно встретиться с применением счетчиков для узко специальных целей, например, при исследовании характера нагрузок, при определении теплотворной способности топлив калориметрическим методом, при исследовании двигателей крупных агрегатов, в интегрирующих устройствах и т.п. Индукционные счетчики иногда используются как датчики различных телеизмерительных систем, например, для измерений мощности, напряжения, тока.

Фактически, классификация счетчиков электроэнергии может выполняться по самым разным их техническим параметрам. Ниже мы рассмотрим самые основные из них:

**Конструкция.** Собственно, является самым главным параметром, по которому классифицируют счетчики электрической энергии. В зависимости от типа конструкции счетчиков электрической энергии их разделяют на индукционные и электронные:

а) индукционные счетчики электрической энергии — это такие устройства, весь принцип работы которых построен на влиянии магнитного поля неподвижных токопроводящих катушек на подвижный элемент, выполненный из проводящего материала. Подвижный элемент такого устройства выполнен в виде диска, по которому протекают электрические токи, которые были индуцированы магнитным полем катушек. В данном случае количество расходуемой электрической энергии будет прямо пропорционально количеству оборотов диска. В последнее время такие счетчики электроэнергии утратили свои позиции. Это связано с тем, что такие устройства имеют множество недостатков, таких как погрешности в учете и низкая функциональность;

б) электронными счетчиками электрической энергии принято считать такие устройства, в которых напряжение и переменный ток воздействуют на элек-



тронные элементы, в результате чего на выходе создаются импульсы. Количество этих импульсов будет пропорционально измеряемой активной энергии. Иными словами, весь принцип действия таких счетчиков электрической энергии основывается на преобразовании напряжения и аналоговых входных сигналов тока в счетный импульс. Благодаря измерительному элементу такого устройства на выходе создаются импульсы, количество которых будет пропорционально активной энергии, которая измеряется. В качестве счетного механизма может использоваться электромеханическое или электронное устройство. На сегодняшний день электронные счетчики являются более приоритетными, так как они имеют множество дополнительных полезных функций, например, позволяют вести учет сразу по нескольким тарифам.

Количество фаз. В зависимости от количества фаз выделяют однофазные и трехфазные счетчики электрической энергии. Однофазные модели устройств предназначены для использования в двухпроводных однофазных сетях, а трехфазные – в трехфазных трехпроводных или четырехпроводных электрических сетях. В качестве примера однофазного счетчика электрической энергии можно назвать модель «Электросчетчик Меркурий 200.22 5-60А/220В кл.т.2,0 однотарифный мех.». А примером трехфазного счетчика электрической энергии можно назвать устройство «Счетчик электроэнергии АВВ трехфазный, однотарифный, кл.точности 1, трансформаторного включ 1(6)А».

Количество тарифов. По количеству тарифов все счетчики электрической энергии делятся на однотарифные и многотарифные. Примером однотарифного счетчика может служить модель «Электросчетчик АВВ однофазный однотарифный, кл. точности 1,0 прямого включения 80А». Многотарифные счетчики способны вести учет расходуемой электрической энергии по разному для разного времени суток и дней недели. Каждый такой счетчик электроэнергии можно настроить индивидуально. Примером многотарифного устройства может служить «Электросчетчик Меркурий 200.02 5-60А/220В кл.т.2,0 многотарифный ЖКИ (МО)».

Класс точности. Важным параметром, который характеризует все модели счетчиков электрической энергии, является их класс точности. Фактически, классом точности принято называть наибольшую допустимую относительную погрешность счетчика электрической энергии. Такая погрешность выражается в процентах. В зависимости от типа счетчика выделяют различные классы точности. Так, устройства, которые предназначены для учета активной энергии, могут выпускаться с классом точности 0,5, 1,0, 2,0 и 2,5. Счетчики, которые предназначены для учета реактивной энергии изготавливаются с классом точности 1,5, 2,0 и 3,0. Класс точности часто указывается в названии самого устройства, как например, в модели «Электросчетчик АВВ однофазный двухтарифный, кл.точности 2,0 прямого включения 80А».

## 1.2 Индукционный счетчик электрической энергии

Для расчёта электрической энергии, потребляемой за определённое время, нужно интегрировать во времени мгновенные значения активной мощности. Для синусоидального сигнала мощность вычисляется, как произведение напряжения на ток в сети в данный момент времени. По этому принципу функционирует любой электросчетчик. На рисунке 1.1 показана схема функционирования электро-механического счётчика.

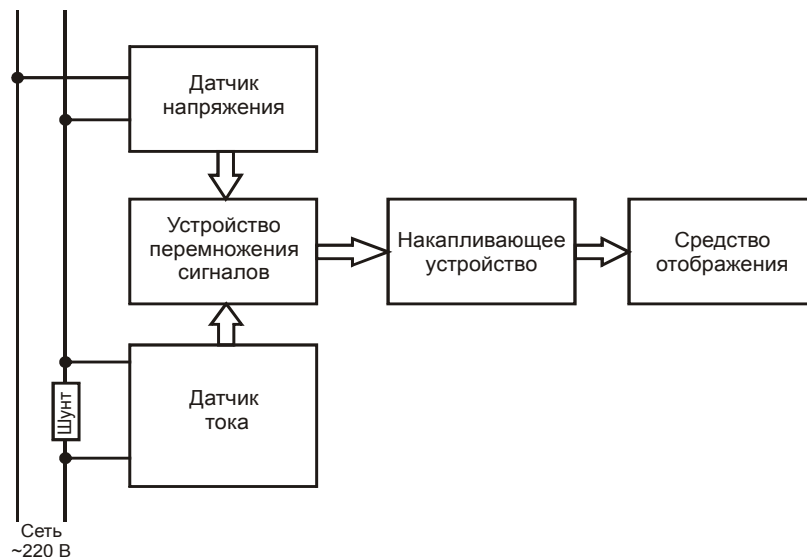


Рисунок 1.1 – Схема функционирования электро-механического счётчика.

Основные особенности индукционных однофазных счетчиков показаны на рисунке 1.2.

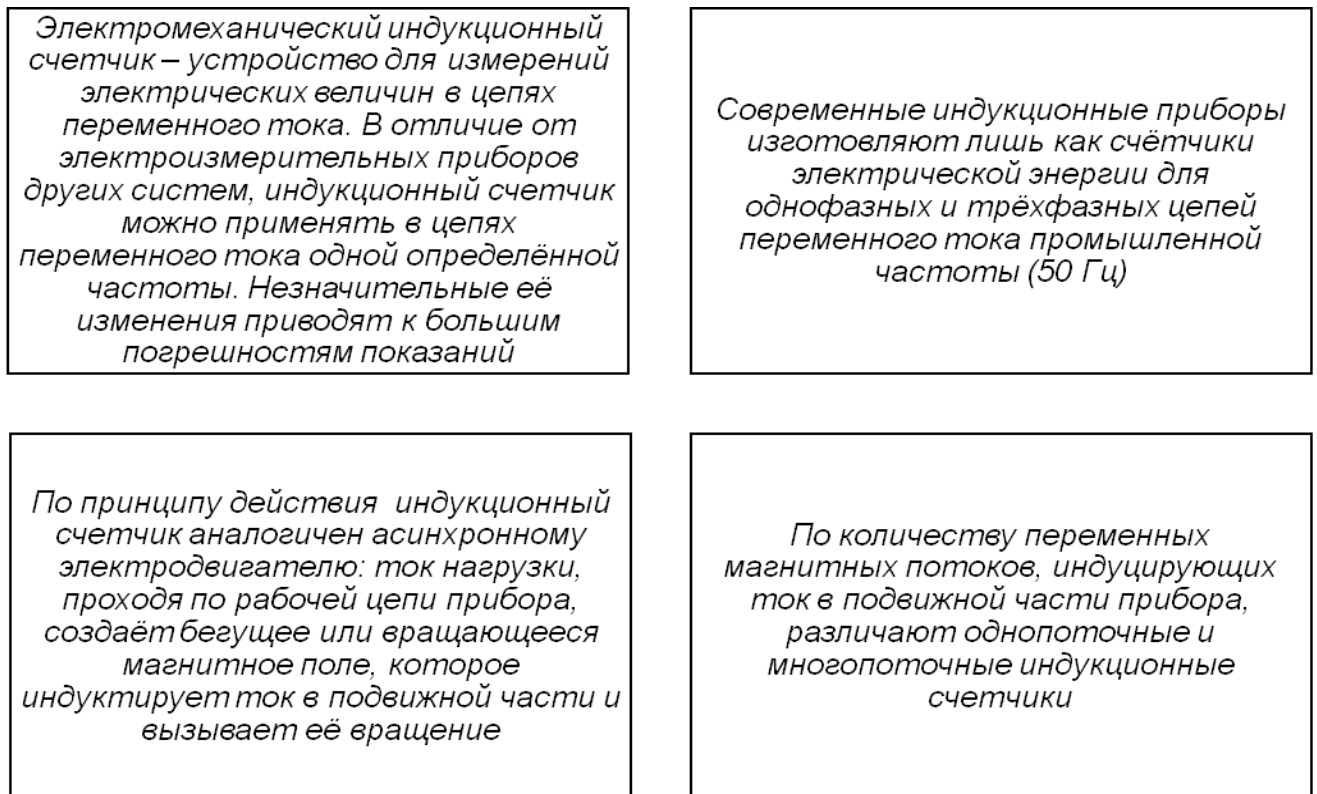


Рисунок 1.2 – Основные особенности индукционных однофазных счетчиков.

### 1.3 Электронные счетчики электрической энергии

Основное назначение этого прибора сводится к постоянному измерению потребляемой мощности контролируемого участка электрической схемы и отображению ее величины в удобном для человека виде. Элементная база использует твердотельные электронные компоненты, работающие на полупроводниках или микропроцессорных конструкциях.

Такие приборы выпускают для работы с цепями тока:

- а) постоянной величины;
- б) синусоидальной гармонической формы.

Приборы учета электроэнергии постоянного тока работают только на промышленных предприятиях, эксплуатирующих мощное оборудование с большим потреблением постоянной мощности (электрифицированный железнодорожный

транспорт, электромобили...). В бытовых целях они не используются, выпускаются ограниченными партиями. Поэтому в дальнейшем их рассматривать не будем, хотя принцип их работы отличается от моделей, работающих на переменном токе, в основном конструкцией датчиков тока и напряжения.

Электронные счетчики мощности переменного тока изготавливаются для учета энергии электрических устройств:

- а) с однофазной системой напряжения;
- б) в трехфазных цепях.

### Конструкция электронного счетчика

Вся элементная база располагается внутри корпуса, снабженного:

- а) клеммной колодкой для подключения электрических проводов;
- б) панелью ЖКИ дисплея;
- в) органами управления работой и передачи информации от прибора;
- г) измерительными трансформаторами;
- д) печатной платой с твердотельными элементами;
- е) защитным кожухом.

Внешний вид и основные пользовательские настройки одной из многочисленных моделей подобных устройств, представлены на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 - Внешний вид и основные пользовательские настройки типового электронного счетчика.

Работоспособность такого электросчетчика подтверждается:

а) нанесенным клеймом поверителя, подтверждающим прохождение метрологической поверки прибора на испытательном стенде и оценке его характеристик в пределах заявленного производителем класса точности;

б) ненарушенной пломбой предприятия энергонадзора, ответственного за правильное подключение счетчика к электрической схеме.

Внутренний вид плат подобного прибора показан рисунке 1.4.

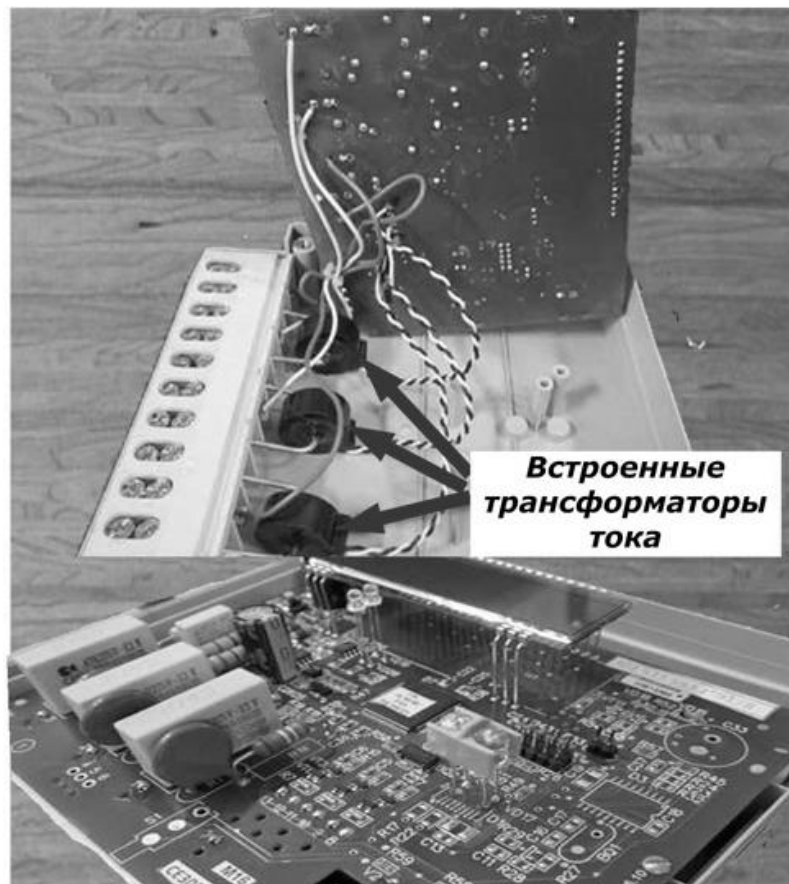


Рисунок 1.4 – Плата типового электронного счетчика.

Здесь нет никаких движущихся и индукционных механизмов. А наличие трех встроенных трансформаторов тока, используемых в качестве датчиков с таким же количеством явно просматриваемых каналов на монтажной плате, свидетельствуют о трехфазной работе этого устройства.

#### **Электротехнические процессы, учитываемые электронным счетчиком**

Работа внутренних алгоритмов трехфазных или однофазных конструкций происходит по одним и тем же законам, за исключением того, что в 3-х фазном, более сложном устройстве, идет геометрическое суммирование величин каждого из трех составляющих каналов.

Поэтому принципы работы электронного счетчика будем преимущественно рассматривать на примере однофазной модели. Для этого вспомним основные законы электротехники, связанные с мощностью.

Ее полная величина определяется составляющими (рисунок 1.5):

а) активной;

б) реактивной (суммы индуктивной и емкостной нагрузок).

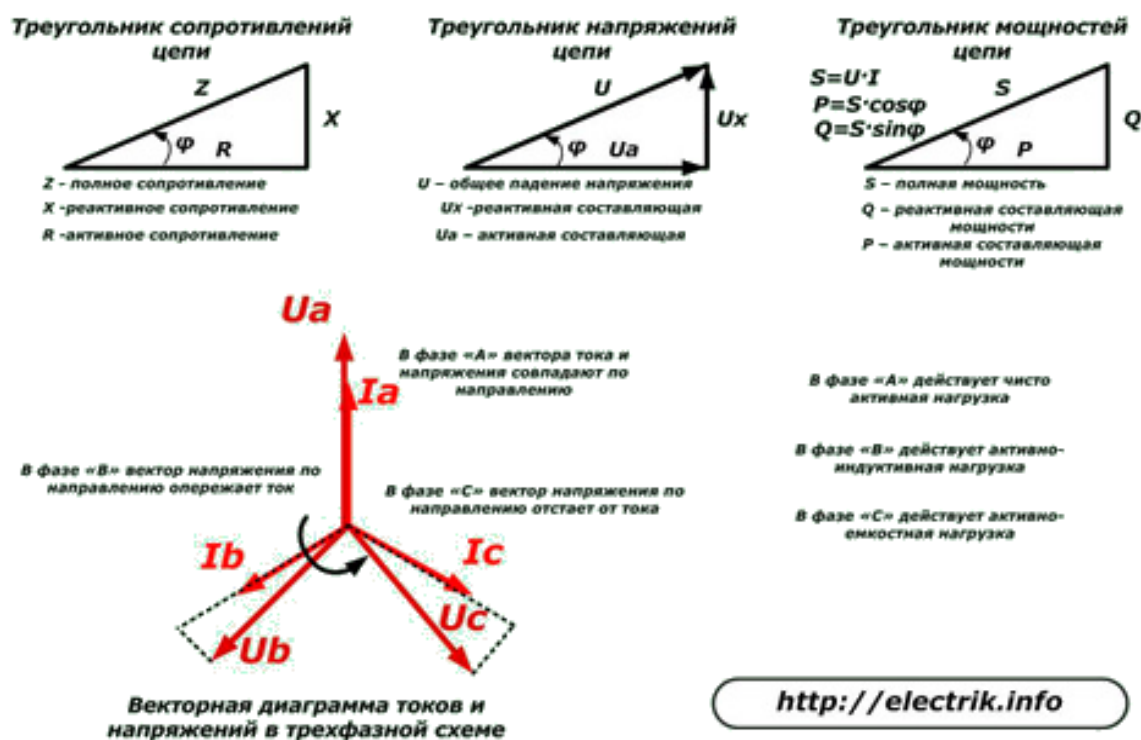


Рисунок 1.5 – Активная и реактивная составляющие мощности, используемые в электронном счетчике.

Ток, протекающий по общей цепи однофазной сети, одинаков на всех участках, а падение напряжения на каждом ее элементе зависит от вида сопротивления и его величины. На активном сопротивлении оно совпадает с вектором проходящего тока по направлению, а на реактивном отклоняется в сторону. Причем на индуктивности оно опережает ток по углу, а на емкости — отстает (рисунок 1.6).

Электронные счетчики способны учитывать и отображать полную мощность и ее активную и реактивную величину. Для этого производятся замеры векторов тока с напряжением, подведенных на его вход. По значению отклоне-

ния угла между этими входящими величинами определяется и рассчитывается характер нагрузки, предоставляется информация обо всех ее составляющих.

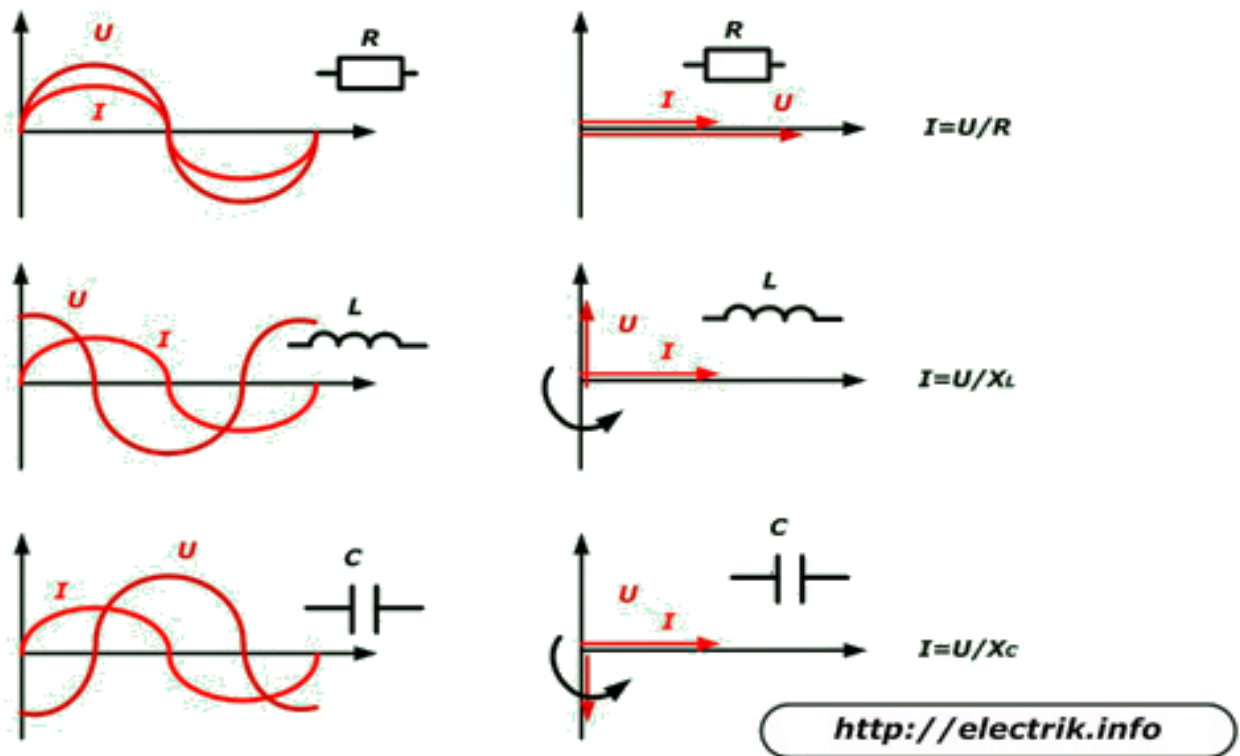


Рисунок 1.6 – Электрические соотношения между током и напряжением, используемые в электронном счетчике.

В различных конструкциях электронных счетчиков набор функций неодинаков и может значительно отличаться своим назначением. Этим они кардинально выделяются от своих индукционных аналогов, которые работают на основе взаимодействия электромагнитных полей и сил индукции, вызывающих вращение тонкого алюминиевого диска. Конструктивно они способны замерять только активную или реактивную мощность в однофазной либо трехфазной цепи, а значение полной — приходится вычислять отдельно вручную.

### Принцип измерения мощности электронным счетчиком

Схема работы простого прибора учета с выходными преобразователями показана на рисунке 1.7.

В нем для замера мощности используются простые датчики:

- а) тока на основе обычного шунта, через который пропускается фаза цепи;
- б) напряжения, работающего по схеме широко известного делителя.

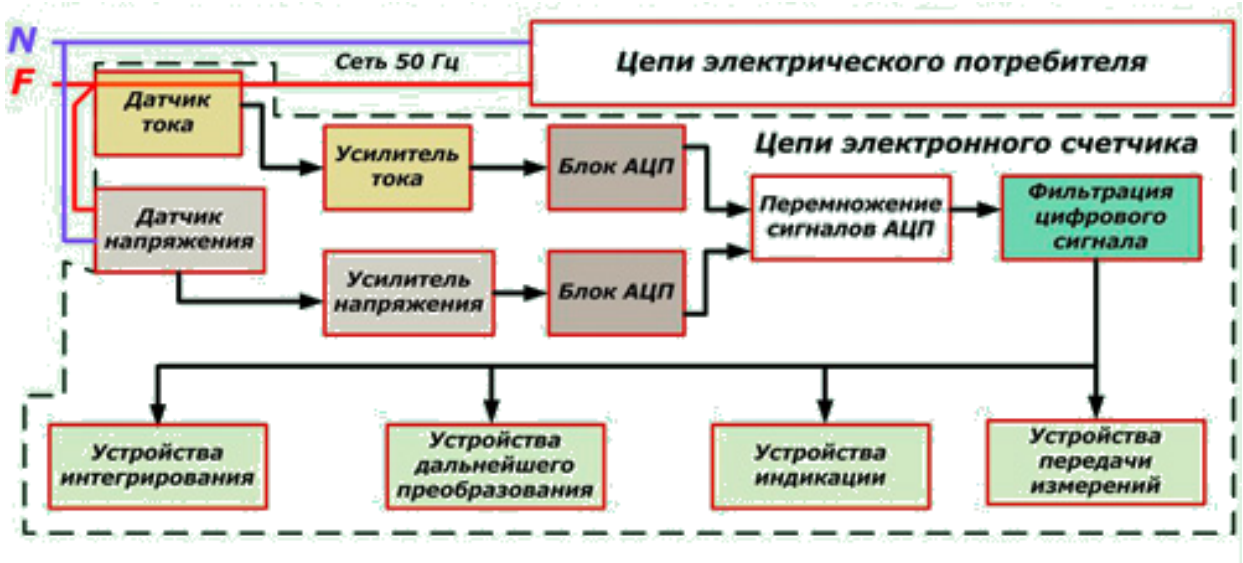


Рисунок 1.7 – Структурная схема электронного счетчика с выходными преобразователями.

Сигнал, снимаемый таким датчиками, мал и его увеличивают с помощью электронных усилителей тока и напряжения, после которых происходит аналого-цифровая обработка для дальнейшего преобразования сигналов и их перемножения с целью получения величины, пропорциональной значению потребляемой мощности.

Далее производится фильтрация оцифрованного сигнала и вывод на устройства:

- а) индикации;
- б) интегрирования;
- в) передачи измерений;
- г) дальнейшего преобразования.

Применяемые в этом схеме входные датчики электрических величин не обеспечивают измерения с высоким классом точности векторов тока и напряжения, а, соответственно, и расчет мощности. Эта функция лучше реализуется измерительными трансформаторами.



Схема работы однофазного электронного счетчика приведена на рисунке 1.8.

В ней измерительный ТТ включен в разрыв фазного провода потребителя, а ТН подключен к фазе и нулю.



Рисунок 1.8 – Структурная схема электронного однофазного счетчика.

Сигналы с обоих трансформаторов не нуждаются в усилении и направляются по своим каналам на блок АЦП, осуществляющий преобразование их в цифровой код мощности и частоты. Дальнейшие преобразования выполняет микроконтроллер, осуществляющий управление:

- а) дисплеем;
- б) электронным реле;
- в) ОЗУ — оперативным запоминающим устройством.

Через ОЗУ выходной сигнал может передаваться дальше в канал информации, например, с помощью оптического порта.

### **Функциональные возможности электронных счетчиков**

Низкая погрешность измерения мощности, оцениваемая классом точности 0,5 S или 02 S разрешает эксплуатировать эти приборы в целях коммерческого учета использованной электроэнергии.

Конструкции, предназначенные для замеров в трехфазных схемах, могут работать в трех или четырехпроводных электрических цепях.

Электронный счетчик может непосредственно подключаться к действующему оборудованию или иметь конструкцию, позволяющую использовать промежуточные, например, высоковольтные измерительные трансформаторы. В последнем случае, как правило, осуществляется автоматический перерасчет измеряемых вторичных величин в первичные значения тока, напряжения и мощности, включая активную и реактивную составляющие.

Счетчик фиксирует направление полной мощности со всеми ее составляющими в прямом и обратном направлении, хранит эту информацию с привязкой ко времени. При этом пользователю можно снимать показания энергии по ее приращению за определенный период времени, например, текущие или выбранные из календаря сутки, месяц или год либо — накоплению на определенное назначенное время.

Фиксация значений активной и реактивной мощности за определенный период, например, 3 или 30 минут, как и быстрый вызов ее максимальных значений в течение месяца значительно облегчает анализ работы энергетического оборудования.

В любой момент можно просмотреть мгновенные показатели активного и реактивного потребления, действующего тока, напряжения, частоты в каждой фазе.

Наличие функции многотарифного учета энергии с использованием нескольких каналов передачи информации расширяет условия коммерческого применения. При этом создаются тарифы для определенного времени, например, каждого получаса выходного либо рабочего дня по сезонам или месяцам года.

Для удобства работы пользователя на дисплее выводится рабочее меню, между пунктами которого можно перемещаться, используя рядом расположенные органы управления.

Электронный счетчик электроэнергии позволяет не только считывать информацию непосредственно с дисплея, но и просматривать ее через удаленный компьютер, а также осуществлять ввод дополнительных данных или их программирование через оптический порт.

## **Защита информации**

Установка пломб на счетчик производится в два этапа:

а) на первом уровне доступ внутрь корпуса прибора запрещается службой технического контроля завода после изготовления счетчика и прохождения им государственной поверки;

б) на втором уровне пломбирования блокируется доступ к клеммам и подключенным проводам представителем энергоснабжающей организации или энергонадзора.

Все события снятия и установки крышки оборудованы сигнализацией, срабатывание которой фиксируется в памяти журнала событий с привязкой ко времени и дате.

Система паролей предусматривает ограничение пользователей к доступу информации и может содержать до пяти ограничений.

Нулевой уровень полностью снимает ограничения и позволяет просматривать все данные местно или удаленно, синхронизировать время, корректировать показания.

Первый уровень пароля дополнительного доступа предоставляется работникам монтажной или эксплуатационной организации систем АСКУЭ для наладки оборудования и записи параметров, не оказывающих влияние на коммерческие характеристики.

Второй уровень пароля основного доступа назначается ответственным работником энергонадзора на счетчике, прошедшем наладку и полностью подготовленном к работе.

Третий уровень основного доступа дается работникам энергонадзора, осуществляющим снятие и установку крышки со счетчика для доступа к его клеммным зажимам или проведению удаленных операций через оптический порт.

Четвертый уровень предоставляет возможности установки аппаратных ключей на плату, удаление всех установленных пломб и возможность работы через оптический порт для усовершенствования конфигурации, замены калибровочных коэффициентов.

Приведенный перечень возможностей, которыми обладает электронный счетчик электроэнергии, является общим, обзорным. Он может выставляться индивидуально и отличаться даже на каждой модели одного производителя.

## **1.4 Обзор интерфейсов передачи данных АСКУЭ**

### **1.4.1 Интерфейс передачи данных USB**

USB – последовательный интерфейс передачи данных для среднескоростных и низкоскоростных периферийных устройств в вычислительной технике. Символом USB являются четыре геометрические фигуры: большой круг, малый круг, стрелка и квадрат, расположенные на концах древовидной блок-схемы.

Интерфейс USB предусматривает использование разветвителей – хабов. Более того, допускается каскадное включение хабов. Следовательно, необходимо как-то идентифицировать конкретное USB устройство в «гирлянде» из хабов и USB устройств. Для этого каждому устройству присваивается адрес.

Адрес кодируется 7 битами. Изначально (в момент подключения), устройство само себе назначает адрес 0. Этот адрес зарезервирован стандартом как раз для вновь подключаемых устройств. Далее, в процессе инициализации, хост присваивает устройству уникальный адрес отличный от 0, а адрес 0 «освобождается» для вновь подключаемых устройств.

Для того чтобы передать данные конкретному устройству, нужно знать адрес устройства и номер виртуального канала «внутри» устройства (адрес «конечной точки»).

Сразу после включения, устройство имеет особый, «нулевой» адрес. Каждое устройство, согласно стандарту, имеет «нулевую конечную точку» типа Control. Соответственно, сразу после подключения, хост может начинать обмениваться данными с новым устройством (адрес = 0, номер конечной точки = 0).

Рассмотрим, как происходит обмен данными.

Инициатором обмена всегда выступает хост. Устройство не может начать передачу данных по собственной инициативе. Хост поочередно опрашивает все подключенные устройства. Каждый раз, при опросе, устройство может получить данные от хоста и отправить данные хосту. Сам обмен осуществляется пакетами.

Стандартом предусмотрено несколько типов пакетов. Часть работы по формированию и передаче пакетов (например, вопросы синхронизации, расчет контрольных сумм и т. д.) берет на себя USB периферия МК.

Стандарт USB поддерживает концепцию Plug and Play (подключи и играй). Данная концепция подразумевает, что пользователю достаточно подключить устройство в соответствующий порт ПК. Далее ОС автоматически определит тип подключенного устройства, найдет подходящий для данного устройства драйвер, сконфигурирует устройство и т.д.

Для того чтобы это работало, стандартом USB предусмотрены некие общие требования для всех устройств:

а) каждое устройство содержит «собственное описание» (дескриптор устройства);

б) общий для всех USB устройств, механизм, который позволяет ОС прочитать дескриптор устройства для того, чтобы идентифицировать устройство, узнать его характеристики;

в) общий для всех USB устройств, механизм, который позволяет ОС выполнить первичную конфигурацию устройства (например, присвоить устройству новый адрес, о чем мы говорили выше).

Данными вещами (чтение дескриптора устройства, идентификация устройства) занимается служба ОС, которая отвечает за базовую поддержку USB.

После того как устройство будет идентифицировано и проведена некая первичная инициализация, данная служба передаст управление устройством драйверу, который «закреплен» за данным типом устройств (или конкретно за этим устройством).

На практике, для чтения дескриптора устройства и первичной инициализации используются «нулевая конечная точка». Есть несколько предусмотренных стандартом запросов (Standard Device Requests), которые должны обрабатываться всеми USB устройствами. Приведем несколько примеров таких запросов:

а) GET\_DESCRIPTOR – запрос на получения дескриптора устройства. Данный запрос содержит дополнительную информацию о том, какой именно де-

скриптор должно вернуть (в устройстве «хранится» несколько разных дескрипторов, но об этом позже);

б) T\_CONFIGURATION – запрос на получение текущей конфигурации устройства;

в) SET\_ADDRESS – данный запрос используется для присвоения устройству «нормального» (отличного от 0) адреса. Сам адрес содержится в запросе.

Кроме стандартных запросов, которые устройство «обязано» поддерживать, можно определить «свои» запросы, специфические для конкретного устройства (класса устройств).

Оконечные точки, а значит, и каналы, относятся к одному из 4 классов – поточный (bulk), управляющий (control), изохронный (isoch) и прерывание (interrupt) (рисунок 1.9).

#### **1.4.2 Интерфейс передачи данных IrDA**

IrDA, ИК-порт, Инфракрасный порт – группа стандартов, описывающая протоколы физического и логического уровня передачи данных с использованием инфракрасного диапазона световых волн в качестве носителя.

IrDA спецификации включают в себя IrPHY (SIR, MIR, FIR, VFIR, UFIR), IrLAP, IrLMP, IrCOMM, Tiny TP, IrOBEX, IrLAN, IrSimple и IrFM (находится в разработке).

Примеры использования протоколов IrDA приведены на рисунке 1.10.

#### **1.4.3 Интерфейс передачи данных Ethernet**

Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат кадров и протоколы управления доступом к среде – на канальном уровне модели OSI.

Преимущества использования витой пары по сравнению с коаксиальным кабелем представлены на рисунке 1.11.

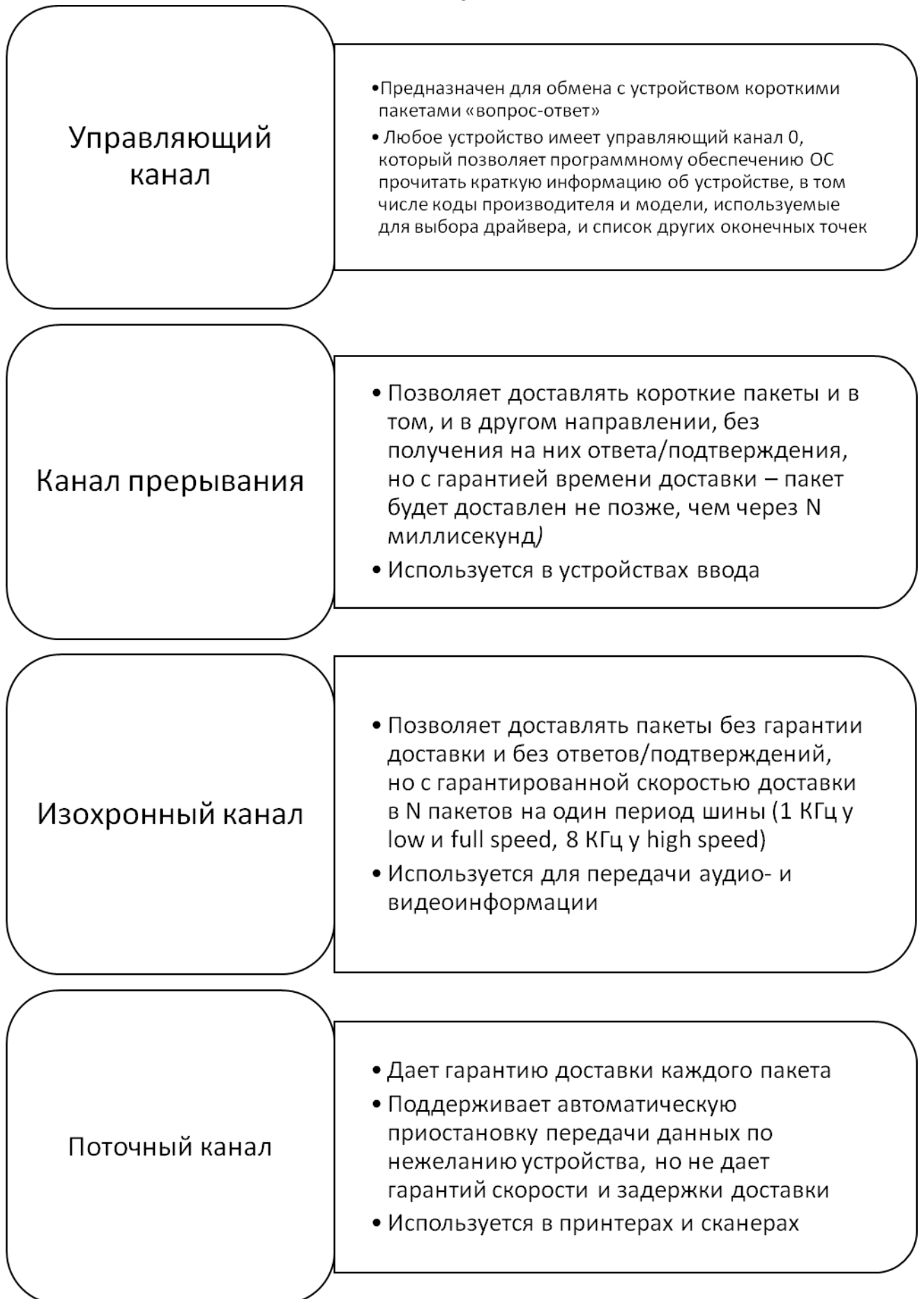


Рисунок 1.9 – Описание классов оконечных точек.

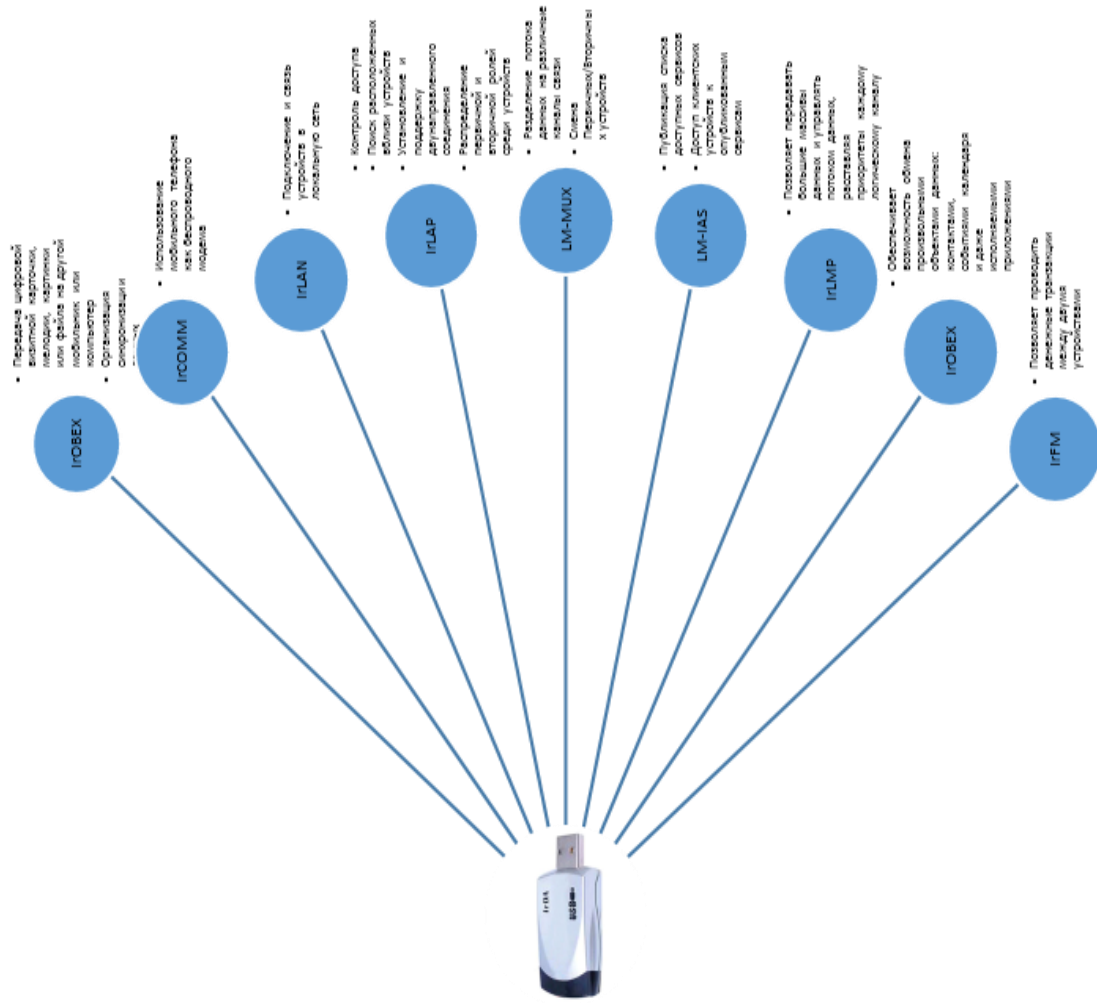


Рисунок 1.10 - Примеры использования протоколов IrDA.



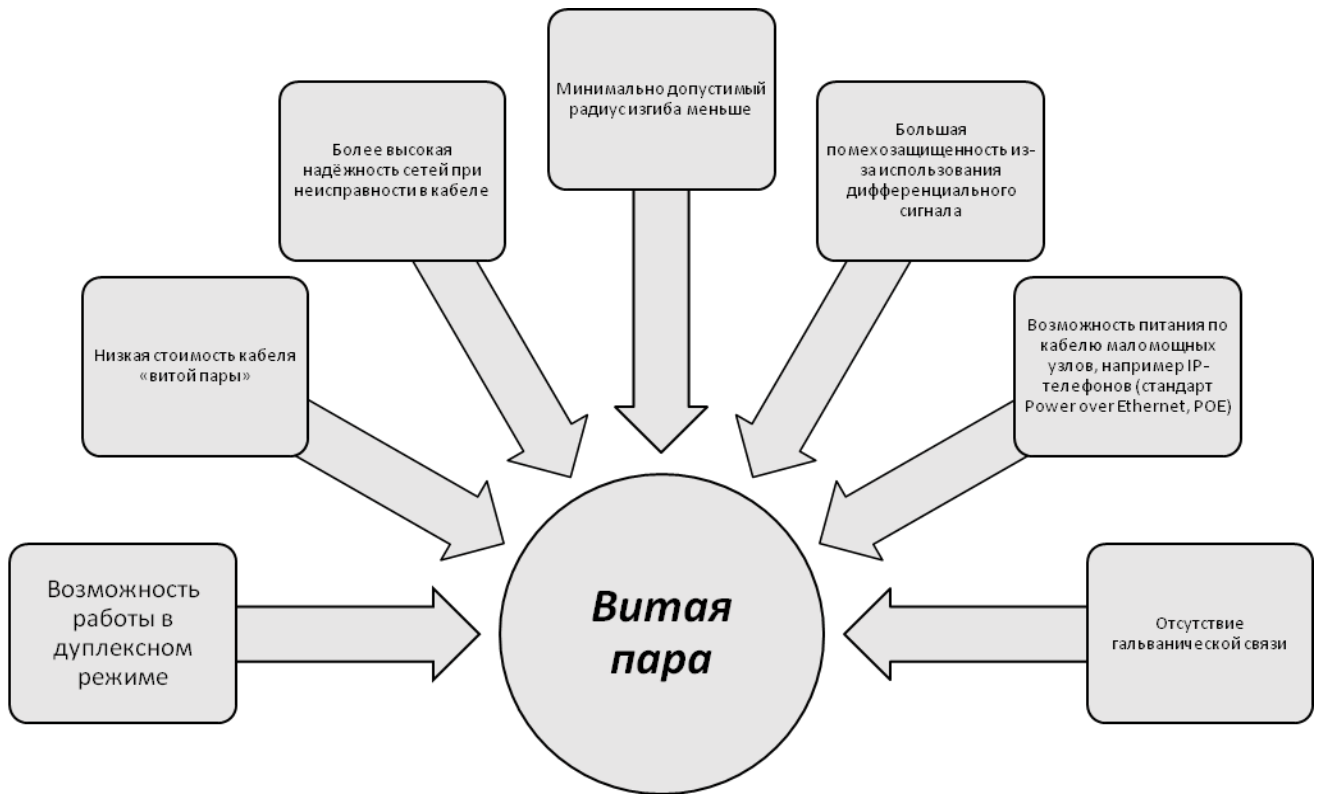


Рисунок 1.11 - Преимущества использования витой пары по сравнению с коаксиальным кабелем.

### 1.5 Обзор управляющих микроконтроллеров АСКУЭ

Стремительное развитие микроэлектроники наметило качественный переворот в области создания промышленных и бытовых систем контроля, который, в первую очередь, связан с использованием встраиваемых систем управления на базе микроконтроллеров. Тенденция к подобному переходу обусловлена, с одной стороны, постоянным снижением цен на микроконтроллеры и расширением их ассортимента, и с другой, теми преимуществами, которыми цифровые системы управления обладают по сравнению с их существующими аналогами.

Наиболее подходящими для аппаратной части АСКУЭ являются микроконтроллеры серии STIr41 производства компании SigmaTel и PIC24F компании Microchip. Если сравнивать обе серии, то несомненно вне конкуренции окажется микроконтроллеры компании Microchip благодаря следующим показателям:

а) большая «заряженность» интерфейсами. Наличие интерфейсов UART у серии PIC24F существенно расширяют сферу применения;

- б) бесплатное программное обеспечение;
- в) относительно невысокая цена.

Из выше перечисленного можно сделать вывод, что наиболее предпочтителен при производстве адаптеров преобразования интерфейсов для АСКУЭ микроконтроллеры серии PIC24F производства компании Microchip.

## 2 Расчетная часть. Проектирование адаптера интерфейсов IrDA-USB для систем учета энергоресурсов

### 2.1 Выбор управляющего микроконтроллера

Так как структура и состав интегрированных в микроконтроллерах периферийные модули существенно влияют на общую структурную схему адаптера, определимся окончательно с его моделью. В пункте 1.5 было показано, что наиболее подходящими являются микроконтроллеры семейства PIC24F.

Рассматривая основные характеристики микроконтроллеров PIC24F в таблице 2.1, модель PIC24FJ128GB106 имеет необходимые для преобразователя интерфейсов периферийные модули, а именно: UART, I<sup>2</sup>C, USB, SPI.

Таблица 2.1 – Основные характеристики микроконтроллеров PIC24F

Device	Pins	Program Memory (Bytes)	SRAM (Bytes)	Remappable Peripherals						I <sup>2</sup> C™	10-Bit A/D (ch)	Comparators	PMP/PSP	JTAG	CTMU	USBOTG
				Remappable Pins	Timers 16-Bit	Capture Input	Compare/ PWM Output	UART w/IrDA®	SPI							
PIC24FJ64GB106	64	64K	16K	29	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ128GB106	64	128K	16K	29	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ192GB106	64	192K	16K	29	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ256GB106	64	256K	16K	29	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ64GB108	80	64K	16K	40	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ128GB108	80	128K	16K	40	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ192GB108	80	192K	16K	40	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ256GB108	80	256K	16K	40	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ64GB110	100	64K	16K	44	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ128GB110	100	128K	16K	44	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ192GB110	100	192K	16K	44	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y
PIC24FJ256GB110	100	256K	16K	44	5	9	9	4	3	3	16	3	Y	Y	Y	Y

- а) три 3-х проводной интерфейс SPI (поддерживает 4 режима) с 8-го уровнем буфером FIFO;
- б) три модуля I<sup>2</sup>C с поддержкой мульти-режимов ведущий и ведомый, а также 10-разрядную адресацию;
- в) четыре модуля UART с поддержкой RS-485, RS-232, LIN/J2602 и IrDA протоколов, встроенный аппаратный кодеровщик/декодеровщик для IrDA, а также 4-х уровневый буфер FIFO;
- г) аппаратные часы реального времени/календарь (RTCC);

- д) пять 16-разрядных Таймеров/Счетчиков;
- е) модуль 10-разрядного АЦП: высокая скорость преобразования; работа модуля АЦП в спящем режиме микроконтроллера;
- ж) аналоговый компаратор с входным мультиплексированием;
- з) пять внешних входа прерываний;
- и) модуль PSP, ведомый параллельный порт.

Характеристики высокопроизводительного процессора представлены на рисунке 2.1:

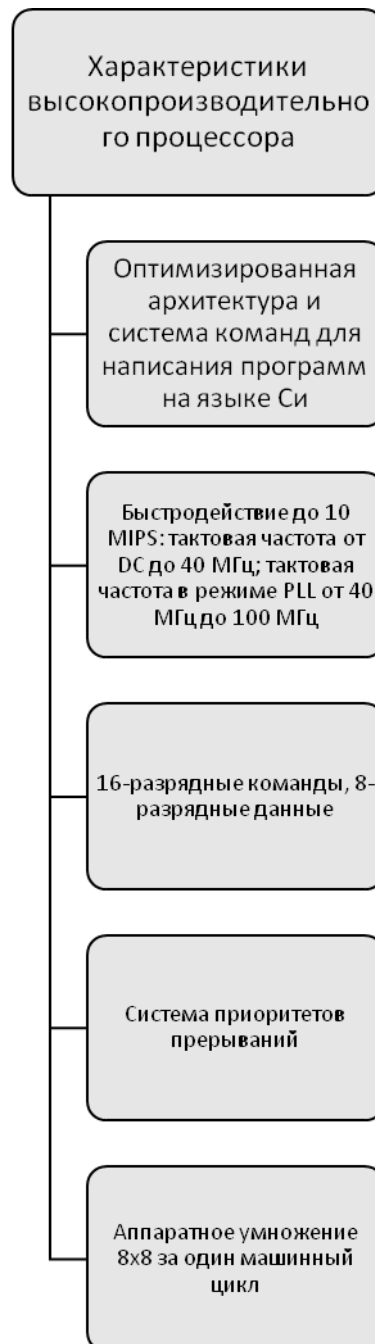


Рисунок 2.1 - Характеристики высокопроизводительного процессора.

Специальные характеристики микроконтроллера PIC24FJ128GB106 представлены на рисунке 2.2.

На рисунке 2.3 представлена структурная схема микроконтроллера PIC24FJ128GB106.



Рисунок 2.2 - Специальные характеристики микроконтроллера PIC24FJ128GB106.

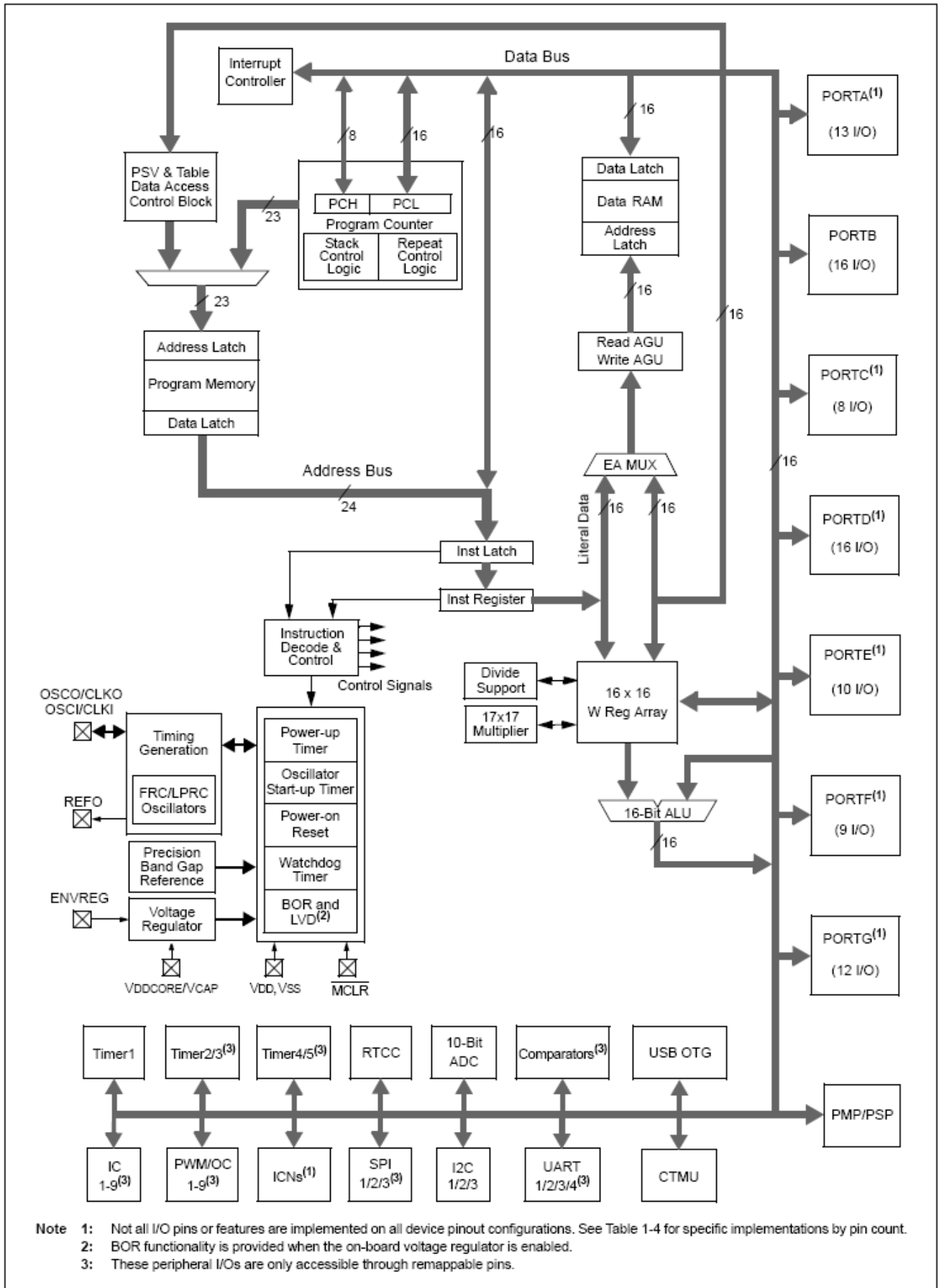


Рисунок 2.3 – Структурная схема микроконтроллера PIC24FJ128GB106.

## 2.2 Выбор элементной базы адаптера

После тщательного изучения всех возможных комплектующих, для адаптера были выбраны следующие компоненты.

### 2.2.1 Контроллер Ethernet

Компания Microchip изменила мир с появлением их нового Ethernet чипа – ENC28J60. ENC28J60 от компании Microchip это революционный чип.

Он включает протокол приема/передачи данных, MAC адрес, и протокол физического уровня в одном чипе. К нему подключаются несколько внешних элементов, в основном это кварцевый резонатор и Ethernet трансформатор, так же известный как магнит. Внешне он представляет из себя 28 – выводный чип в DIP корпусе, легко паяется и идеально подходит для применения в сетевых устройствах. На рисунке 2.4 представлена функциональная схема чипа ENC28J60.

Отличительные характеристики:

- а) Ethernet-контроллер, совместимый со стандартом IEEE 802.3;
- б) SPI-интерфейс для связи с микроконтроллером;
- в) поддержка физического (10BASE-T PHY) и канального (MAC) уровней;
- г) двухпортовый буфер на 8КБ;
- д) контроль коллизий на шине;
- е) автоопределение полярности;
- ж) генерирование и проверка контрольных сумм, пересылка неправильных пакетов;
- з) буфер: управление размерами приемного и передающего буферов, аппаратный FIFO, последовательный и свободный доступ к данным в буфере, встроенный механизм DMA, поддержка вычисления контрольных сумм для IP-пакетов;
- и) физический интерфейс: выходной фильтр, режим «кольца»;
- к) канальный интерфейс: поддержка пакетов Unicast, Multicast и Broadcast, пробуждение по приему пакета, режим «кольца»;
- л) температурный диапазон: -40°C...+85°C (QFN) и 0°C...+70°C (SSOP);
- м) корпус QFN-28 (/ML) и SSOP-28 (/SS).

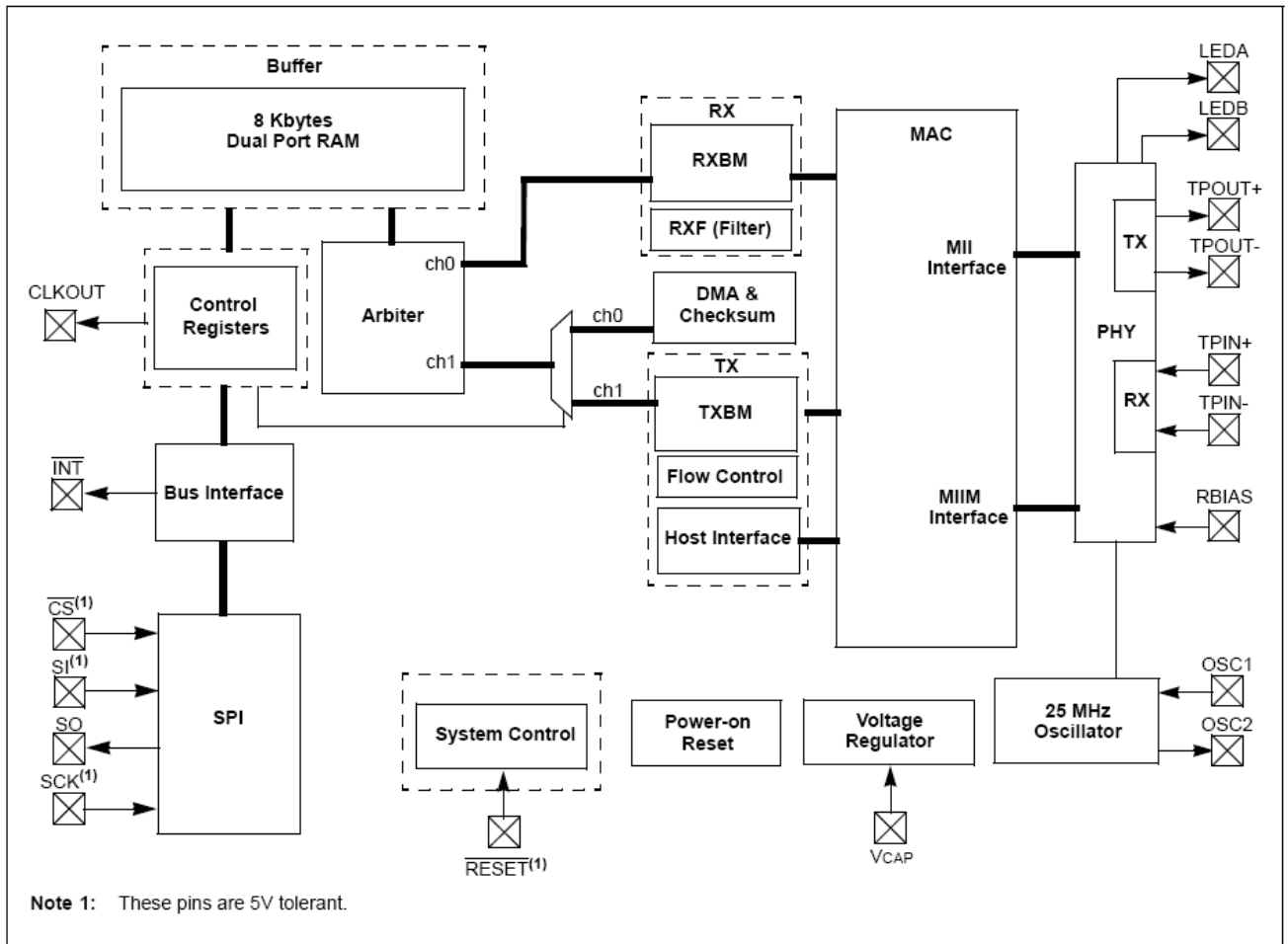


Рисунок 2.4 – Функциональная схема ENC28J60.

Области применения: IP-телефония, системы промышленного контроля и автоматизации, системы безопасности и доступа. На рисунке 2.5 показана принципиальная схема подключения ENC28J60.

### 2.2.2 Разъем USB

PS-48037-001 Molex представляет одну из самых широких промышленных линий USB разъемов. Таковыми являются разъемы серии А, доступные в следующих конфигурациях и направлениях: монтируемых вертикально и горизонтально; припаиваемые в отверстия на плате и поверхностного монтажа; горизонтальные и вертикальные; стандартные и угловые насадки. Розетки серии В доступны в угловых и вертикальных конфигурациях для персональных компьютеров. На рисунке 2.6 представлен внешний вид PS-48037-001, в таблице 2.2 представлены функции выводов.



Molex производит не только качественные разъемы, но и доступные в ценовом диапазоне, что делает их особенно привлекательными при работе с периферией.

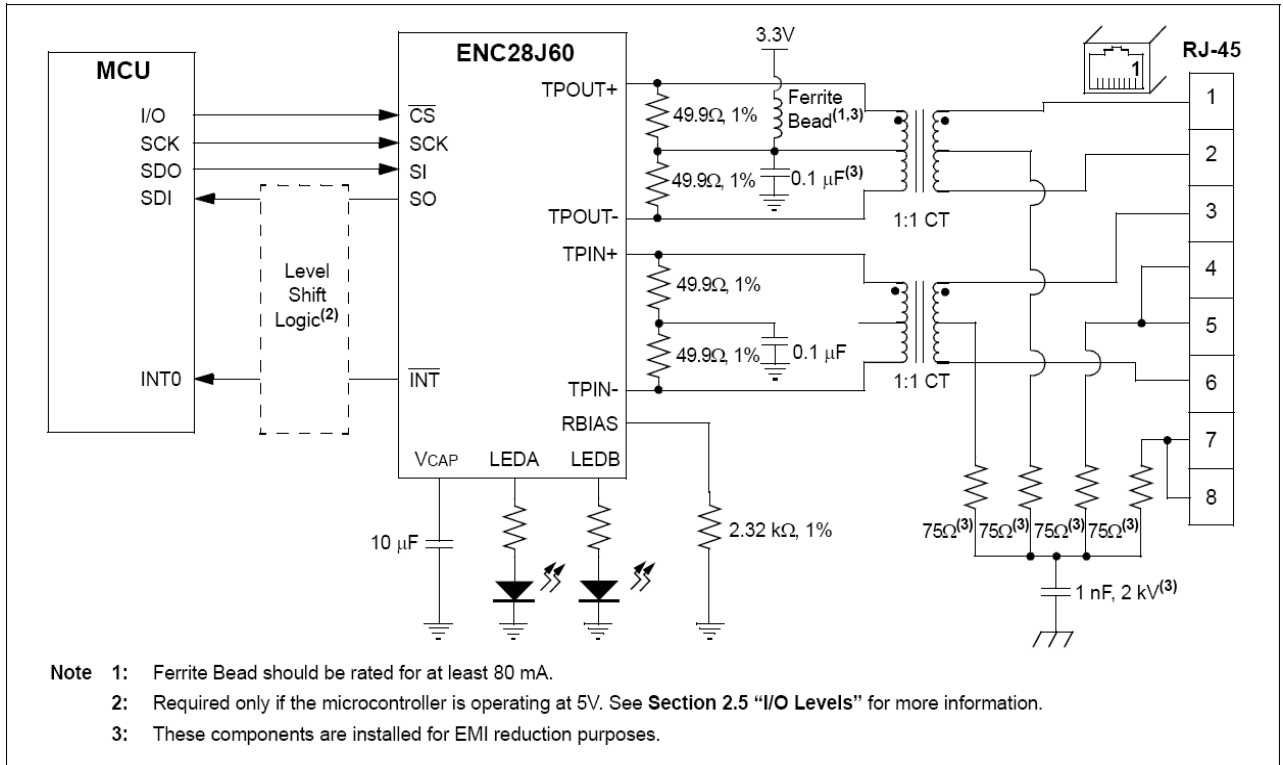


Рисунок 2.5 – Схема подключения ENC28J60.

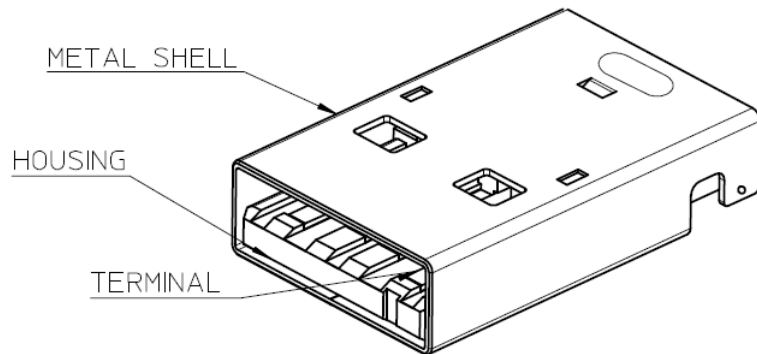


Рисунок 2.6 – Внешний вид разъема PS-48037-001.

Таблица 2.2 – Функции выводов PS-48037-001

№ вывода	Название	Цвет кабеля	Описание
1	VCC	Red	+5 VDC
2	D-	White	Data -
3	D+	Green	Data +
4	GND	Black	Ground

Материал:

- а) корпус: нержавеющая сталь;
- б) покрытие корпуса: олово поверх меди;
- в) контакты: фосфорная бронза;
- г) покрытие контактов: золото 10 микрон;
- д) пластик: РВТ;
- е) изолятор: термопластик усиленный стекловолокном UL-94V-0.

Электрические характеристики:

- а) предельный ток: 1.5 А ( на контакт);
- б) рабочее напряжение: 30 В;
- в) предельное напряжение: 750 В в теч 1 мин;
- г) сопротивление изолятора: не менее 1000 Мом;
- д) сопротивление контакта: не более 0.03 Ом;
- е) допустимые температуры: - 55 + 85 °С;

На рисунке 2.7 представлена типовая схема подключения USB разъема.

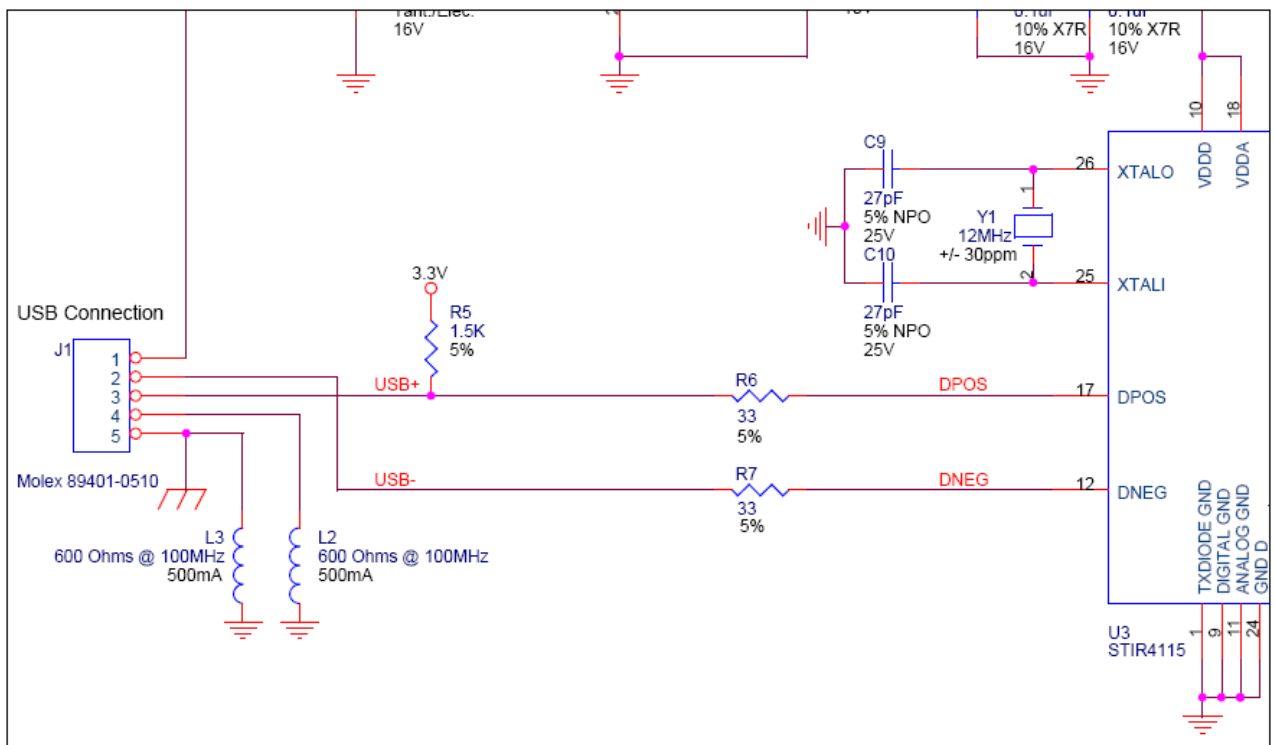


Рисунок 2.7 – Типовая схема подключения разъема PS-48037-001.

### 2.2.3 Трансивер IrDA

Infineon Technologies является мировым лидером в производстве комплектующих для IrDA. IRMS6400 – приемопередатчик (трансивер) в инфракрасном диапазоне со скоростью до 4Мб/с с высокими качественными показателями, а так же относительно не дорогой ценой.. Infineon включил в трансивер режим выбора, чтобы переключать в FIR (4 Mb/s) или SIR/MIR режимах (9.6 Кб/с к 1.152 Mb/s). Принцип работы трансивера представлен в виде блок-диаграммы на рисунке 2.8. Функции выводов представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Функции выводов IRMS6400

№ вывода	Назначение
1	LED Anode
2	LED Cathode
3	TxD
4	RxD
5	SD/Mode
6	V <sub>CC</sub>
7	–
8	GND

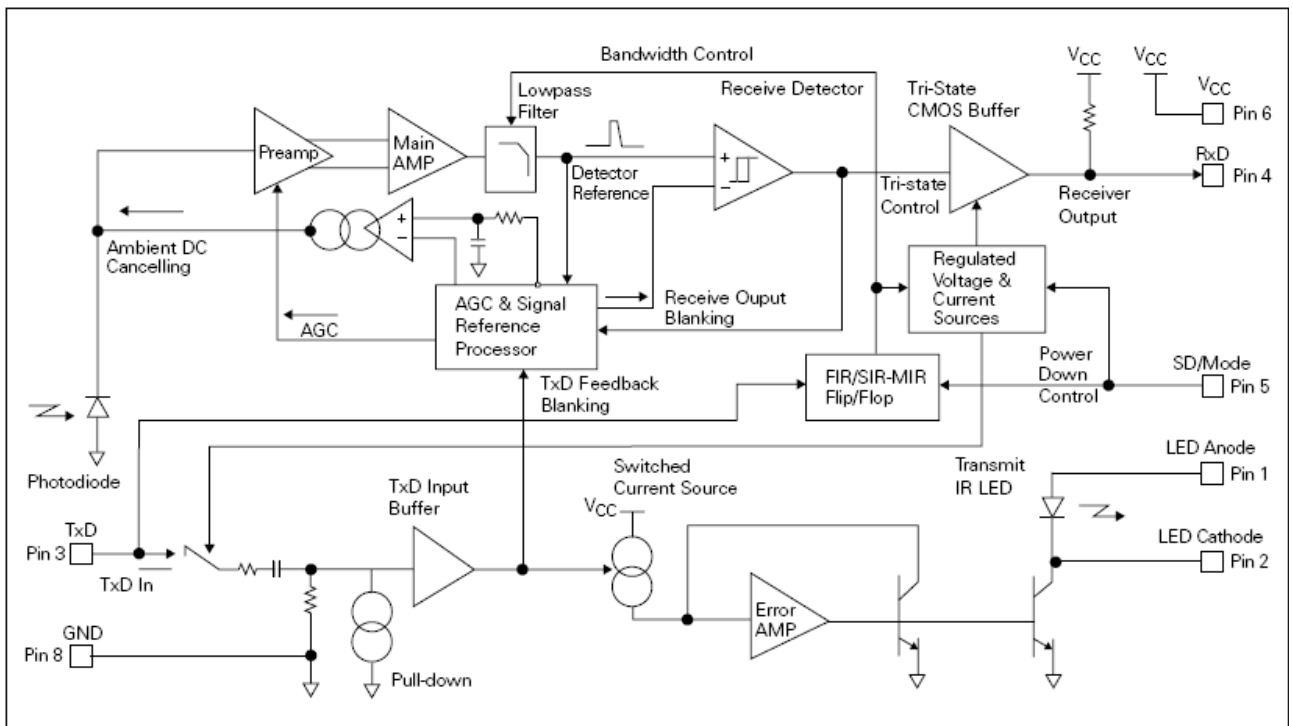


Рисунок 2.8 – Блок-диаграмма трансивера IRMS6400.

Типовая схема подключения представлена на рисунке 2.9.

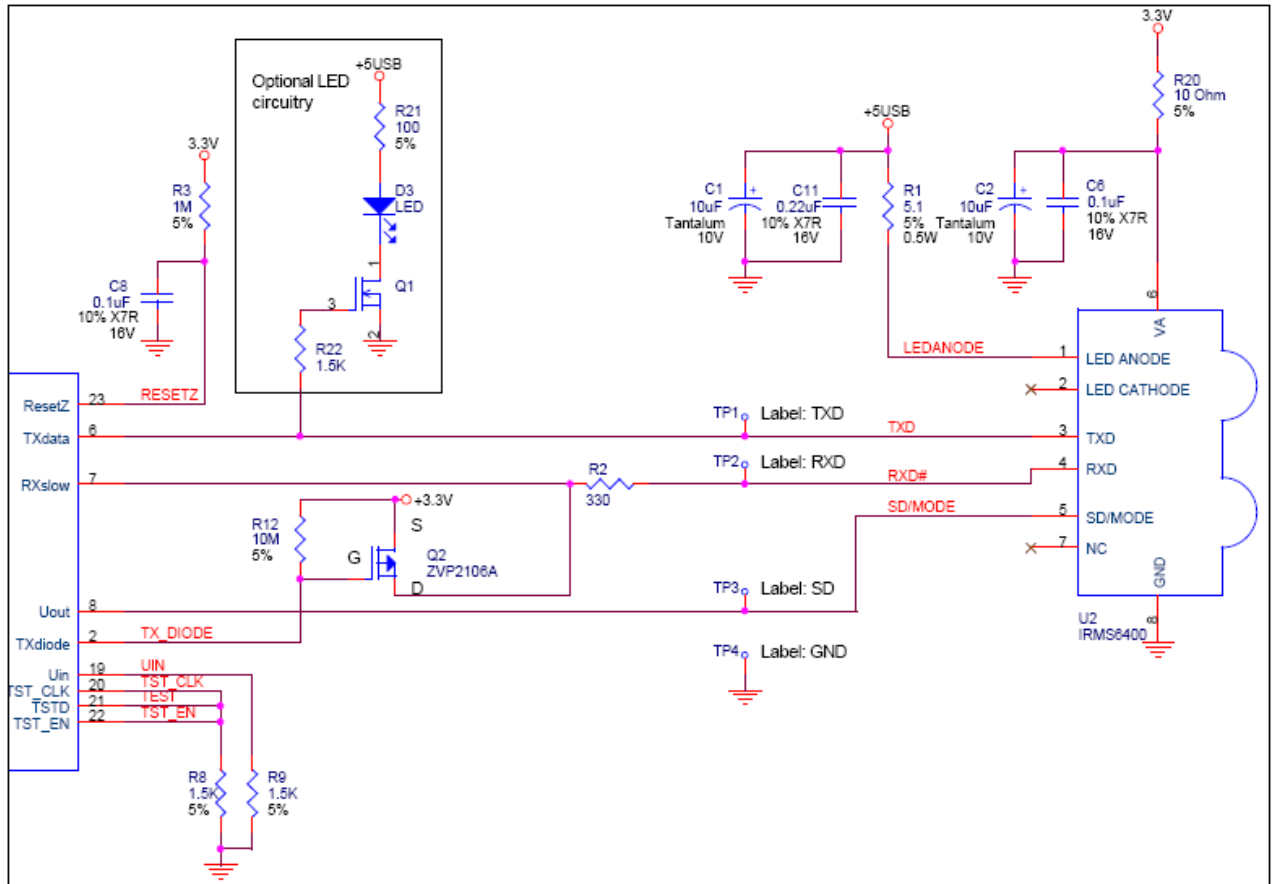


Рисунок 2.9 – Типовая схема подключения трансивера IRMS6400.

### 2.2.4 Микросхема флэш-памяти

Компания Spansion подготовила очередную новинку - самую быструю в отрасли флэш-память MirrorBit SPI объёмом 128 Mbit с SPI-интерфейсом, способным работать на частоте 104MHz. Микросхема, выпускаемая по технологии MirrorBit (R) с нормами 90nm, поможет снизить стоимость конечных изделий за счет более экономичного последовательного интерфейса, не уступая по ёмкости своим аналогам.

В дополнение к этому, линейка быстрой памяти Spansion представлена SPI-продуктами с объёмами от 4 Mbit до 64Mbit и скоростью шины до 50MHz. Внедрение новой памяти облегчает тот факт, что разработчики сохранили совместимость по расположению и назначению выводов с микросхемами MirrorBit SPI меньшего объёма.

Таким образом, изготовители электронных устройств освобождены от необходимости вносить изменения в разводку печатных плат и расположение контактных площадок и элементов. Вместо этого, при проектировании несколь-

ких модификаций одного и того же устройства, различающихся, в частности, объемом флэш-памяти, достаточно разработать единую платформу.

Для ускорения программирования флэш-памяти в заводских условиях предусмотрен режим параллельного доступа (x8 Parallel mode).

Микросхемы MirrorBit SPI ёмкостью 128 Mbit с обозначаются как S25FL128P и выпускаются корпусах SOIC-16 и WSON-16 (6x8mm). SPI флэш-память ёмкостью 4Mbit и 8Mbit доступна в корпусах SOIC-8 и USON-8, а ёмкостью 16Mbit представлена в корпусах SOIC-8, SOIC-16 и WSON-8.

Данная флэш-память ориентирована на применение в печатающих устройствах, сетевом оборудовании и абонентских приставках.

Функциональная схема флэш-памяти S25FL128P представлена на рисунке 2.10.

Типовая схема подключения флэш-памяти представлена на рисунке 2.11.

### **2.2.5 Часы реального времени**

Часы реального времени с последовательным интерфейсом DS1307 - это малопотребляющие полные двоично-десятичные часы-календарь, которые включают 56 байтов энергонезависимой статической ОЗУ. Адреса и данные передаются последовательно по двухпроводной двунаправленной шине. Часы-календарь отсчитывают секунды, минуты, часы, день, дату, месяц и год. Последняя дата месяца автоматически корректируется для месяцев с количеством дней меньше 31, включая коррекцию високосного года. Часы работают как в 24-часовом, так и в 12-часовом режимах с индикатором AM/PM. DS1307 имеет встроенную схему наблюдения за питанием, которая обнаруживает перебои питания и автоматически переключается на питание от батареи. DS1307 на последовательной шине работает как ведомое устройство. Доступ к нему достигается установкой условия START и передачей устройству идентификационного кода, за которым следует адрес регистра. К следующим за ним регистрам доступ осуществляется последовательно, пока не будет выполнено условие STOP. На рисунке 2.12 представлена типовая схема включения часов DS1307.

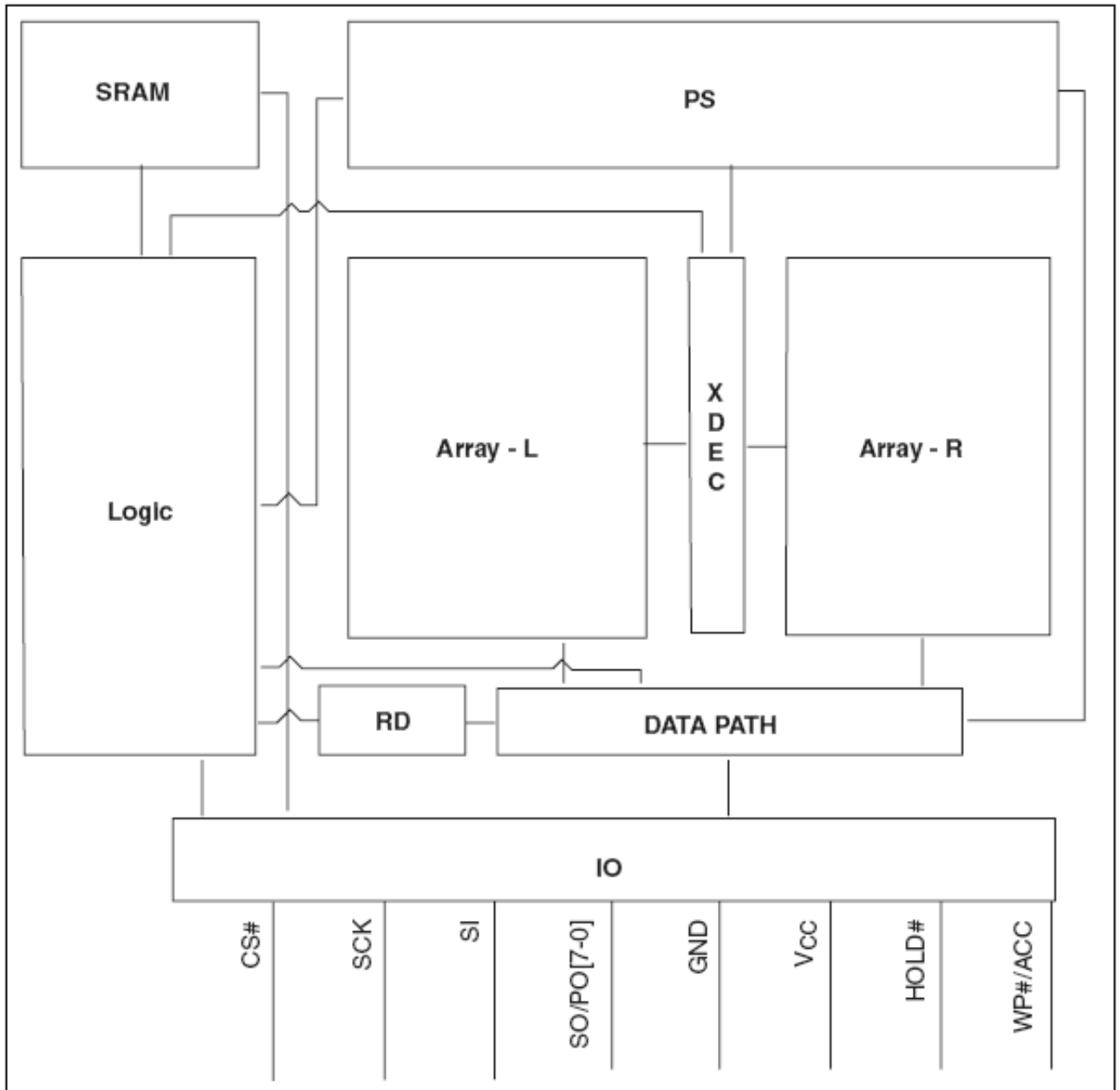


Рисунок 2.10 – Функциональная схема флэш-памяти S25FL128P.

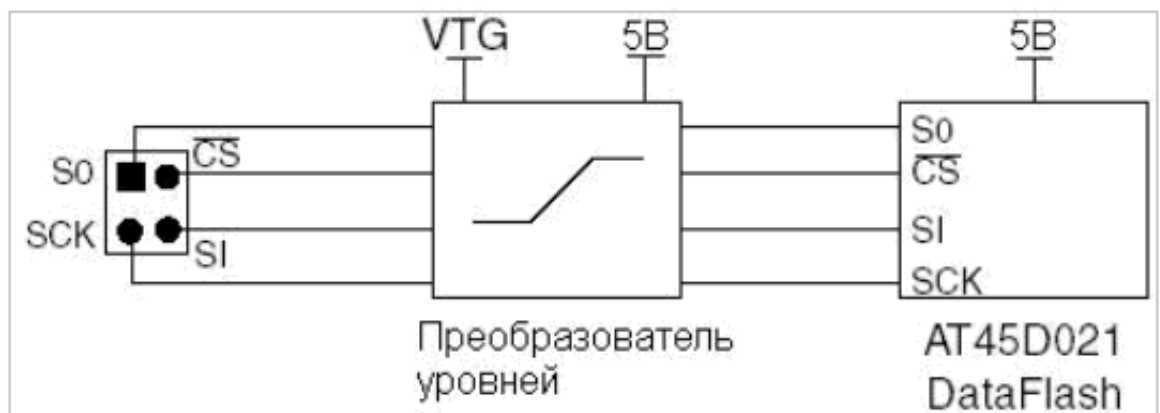


Рисунок 2.11 – Типовая схема подключения флэш-памяти S25FL128P.

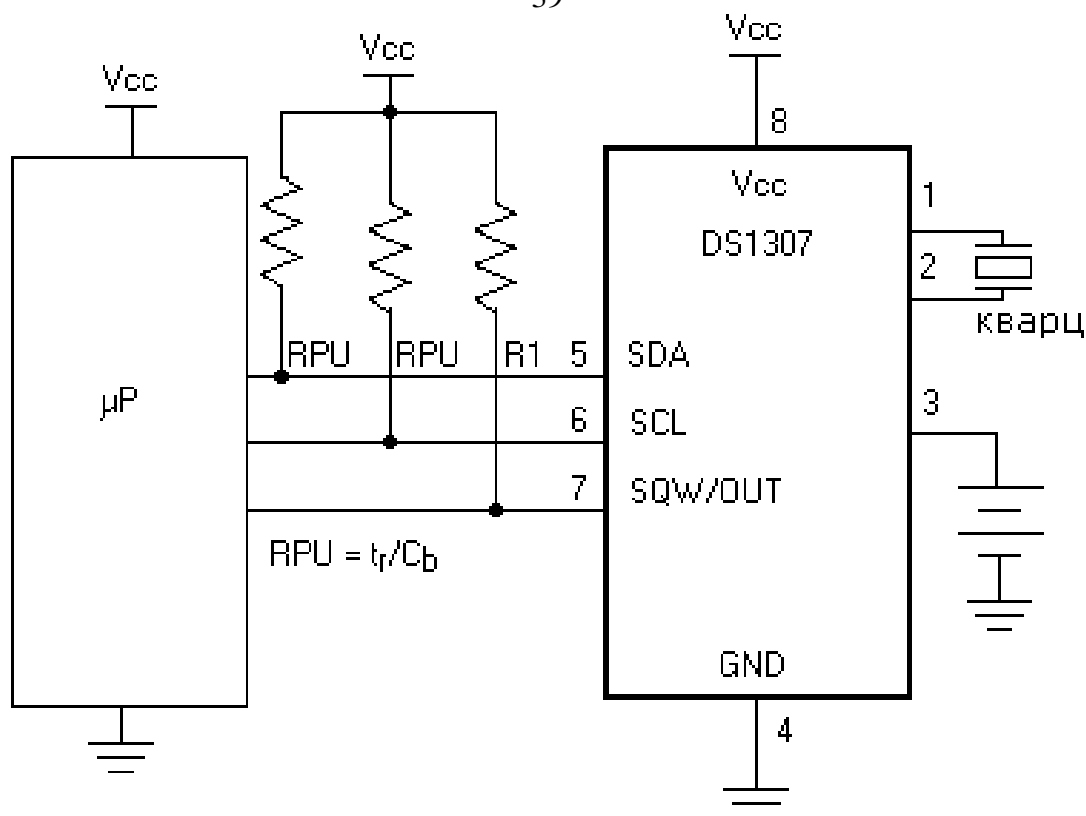


Рисунок 2.12 – Типовая схема подключения часов реального времени DS1307.

Характеристики часов реального времени DS1307 представлены на рисунке 2.13.

### 2.3 Расчет надежности разработанного адаптера

Данное устройство содержит некоторое количество элементов и соединений, которые потенциально могут оказаться причиной отказа всего устройства в целом. Поэтому необходимо рассчитать надежность устройства, учитывая все эти элементы. Надежность – это свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя свои эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени или наработки. Расчет надежности учитывает так же элементы усилителя устройства контроля.

$$\lambda_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^k N_i \lambda_i = \text{const}, \quad (2.1)$$

где:  $\lambda_i(t)$  - интенсивность отказов  $i$ -го элемента;

$N_i$  – количество однотипных  $i$ -х элементов;

$k$  - количество групп элементов.

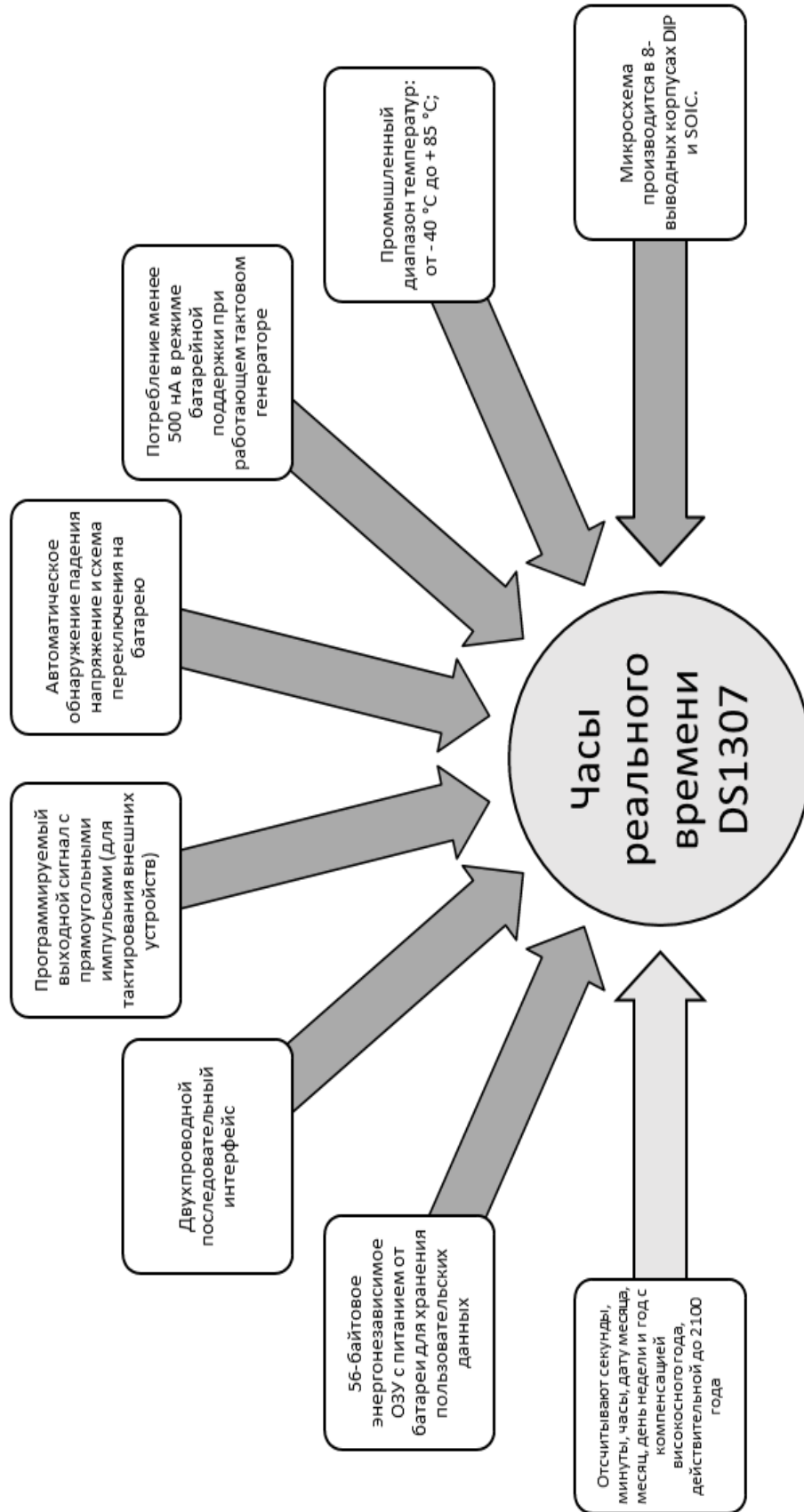


Рисунок 2.13 - Характеристики часов реального времени DS1307.

Интенсивность отказов всей схемы можно рассчитать по формуле (2.1):  
 При этом вероятность безотказной работы устройства за время  $t$  будет



определяться следующим выражением:

$$P(t) = e^{-\lambda_{\Sigma}t}. \quad (2.2)$$

В таблице 2.4 приведены итоги расчетов основных показателей надежности разработанного адаптера интерфейсов.

Таблица 2.4 - Элементы схемы, подлежащие расчету

Название элемента	Схемное обозначение	Количество, $N_i$	Интенсивность отказов, $\lambda_i \cdot 10^{-6}$ , 1/ч	$N_i \lambda_i \cdot 10^{-6}$ , 1/ч
Конденсаторы неполяр.	C	9	0,4	3,6
Конденсаторы поляр.	C	3	1,4	4,2
Транзисторы	Q	1	1,5	1,5
Резисторы постоянные	R	21	0,5	10,5
Светодиоды	D	3	1,1	3,3
Катушки индуктивности	L	2	0,5	1
Разъемы	X	3	0,8	2,4
Резонатор кварцевый	A	1	0,65	0,65
Пайки печатного монтажа	-	148	0,01	1,48
Пайки навесного монтажа	-	22	0,03	0,66

Итого

$$\lambda_{\Sigma} = 29,29 \cdot 10^{-6} \text{ 1/час}$$

Коэффициент воздействия (коэффициент снижения надежности) для указанных в ПУЭ п.1.5.27, п.1.5.29, п.7.1.49. условий эксплуатации составляет  $K_{вл} = 2,8$ .

Наработка на отказ разработанного модуля составит:

$$T_0 = \frac{1}{K_{вл} \lambda_{\Sigma}} = \frac{1}{1,8 \cdot 29,29 \cdot 10^{-6}} = 18974 \approx 20 \text{ тысяч часов}$$

или около 3 лет при ежедневной круглосуточной работе. Вероятность безотказной непрерывной работы за 1000 часов составит  $P_c(t) = e^{-\lambda_0 t} = e^{-0,02929} = 0,971$ .

Проведенные расчеты показывают, что разработанный адаптер обладает средней надежностью. Это позволяет практически исключить его сервисное обслуживание в течение 3 лет.

### **3 Конструкторская часть. Реализация и ввод в эксплуатацию адаптера**

#### **3.1 Разработка печатной платы устройства**

Печатная плата является основным конструктивным элементом, несущим на себе все компоненты электронной схемы и выполняющей электрические связи между ними. От конструкции, качества разводки и изготовления зависят многие характеристики и надежность всего изделия в целом.

Процесс разработки печатных плат можно разбить на 3 этапа:

- а) разработка принципиальной схемы;
- б) трассировка платы;
- в) создание конструкторской документации.

##### **3.1.1 Построение принципиальной схемы адаптера**

Выбрав во втором разделе элементную базу, подключим ее к микроконтроллеру. Для этого при помощи САПР выполним построение принципиальной схемы. На рисунке 3.1 представлена принципиальная электрическая схема адаптера, выполненная в САПР DipTrace, все элементы которой подключены согласно типовой схеме подключения.

##### **3.1.2 Трассировка печатной платы адаптера**

Верная трассировка печатной платы очень важна для систем, использующих АЦП с высоким разрешением. На рисунке 3.2 приведены важнейшие рекомендованные правила трассировки печатных плат.

Весьма важным фактором, который необходимо учитывать при трассировке печатной платы является обеспечение электросчетчика от источников электромагнитного излучения.

На рисунке 3.3 показана оптимальная трассировка печатной платы. Участки - приемники ЭМИ, обладают минимальной площадью.

Используя уже построенную в САПР принципиальную схему выполним трассировку печатной платы адаптера. Печатная плата после процесса трассировки представлена на рисунках 3.4 и 3.5.

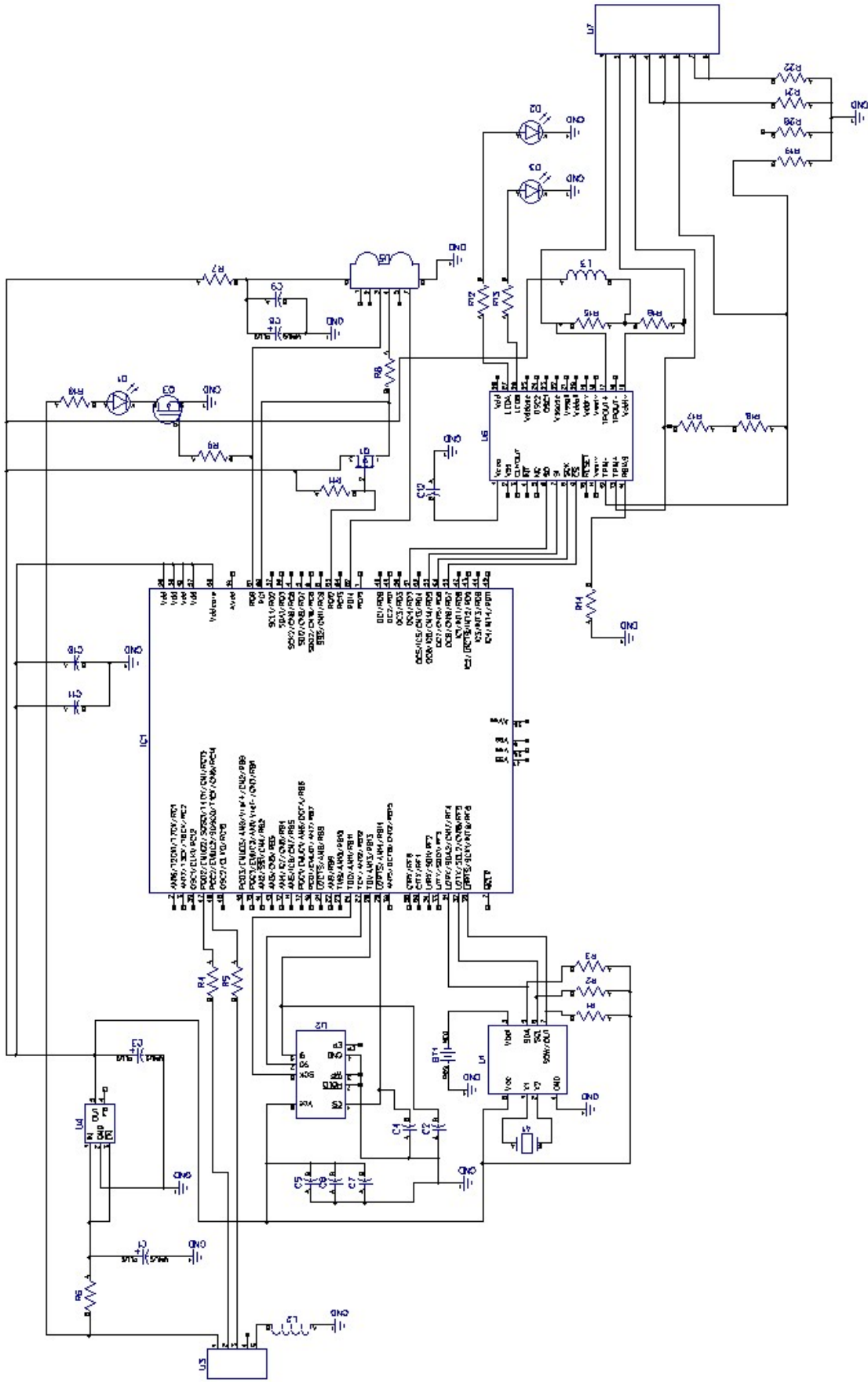


Рисунок 3.1 – Принципиальная электрическая схема адаптера, выполненная в САПР DipTrace.

# Основные рекомендации по трассировке печатных плат

Установка конденсаторов в точке схождения всех линий аналоговой «земли» и в точке схождения всех цифровых «земель»

Конденсатор С<sub>б</sub> следует расположить в точке схождения всех шин питания для обеспечения низкого полного сопротивления этого конденсатора

$AV_{ss}$  и  $DV_{ss}$  шины должны быть внешне соединены вместе

Источник питания и накопительный конденсатор С<sub>б</sub> должны быть расположены максимально близко друг к другу, а между выводами, подключенным к шинам аналогового и цифрового питания, должны быть установлены конденсаторы С<sub>а</sub> и С<sub>в</sub>

Для развязки шин аналогового и цифрового питания необходимо использовать катушку индуктивности L. Также можно использовать и резистор, но при использовании катушки индуктивности обеспечивается лучшая фильтрация высоких частот

Если по периметру печатной платы проходит дорожка, то она должна быть подключена к заземляющей шине платы

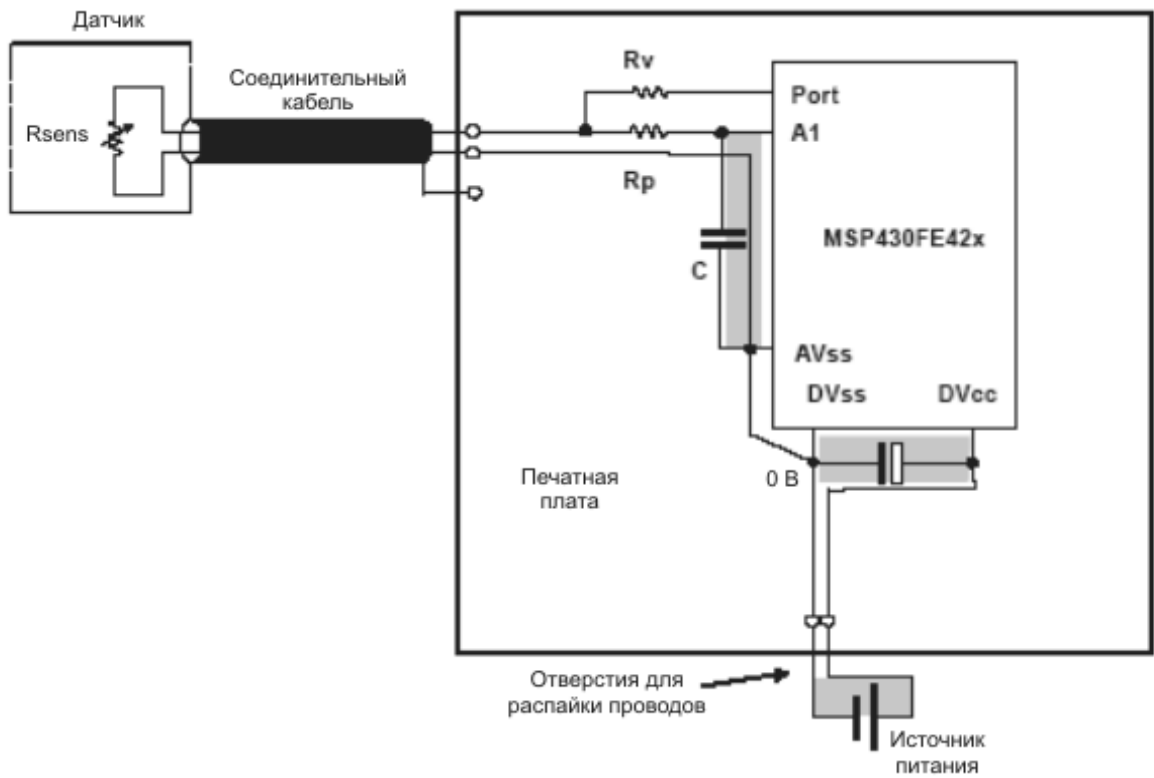


Рисунок 3.3 - Оптимальная трассировка печатной платы.

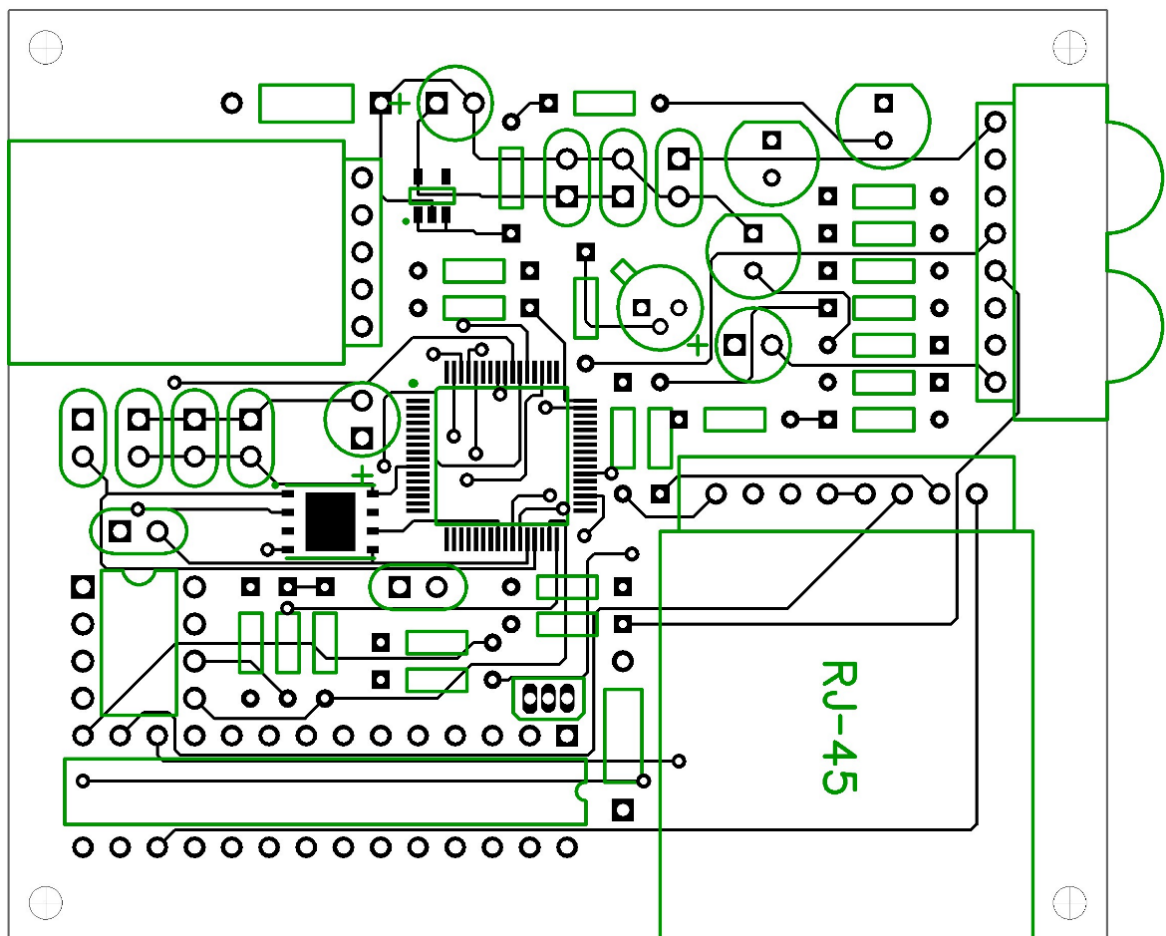


Рисунок 3.4 – Печатная плата адаптера (вид со стороны элементов).

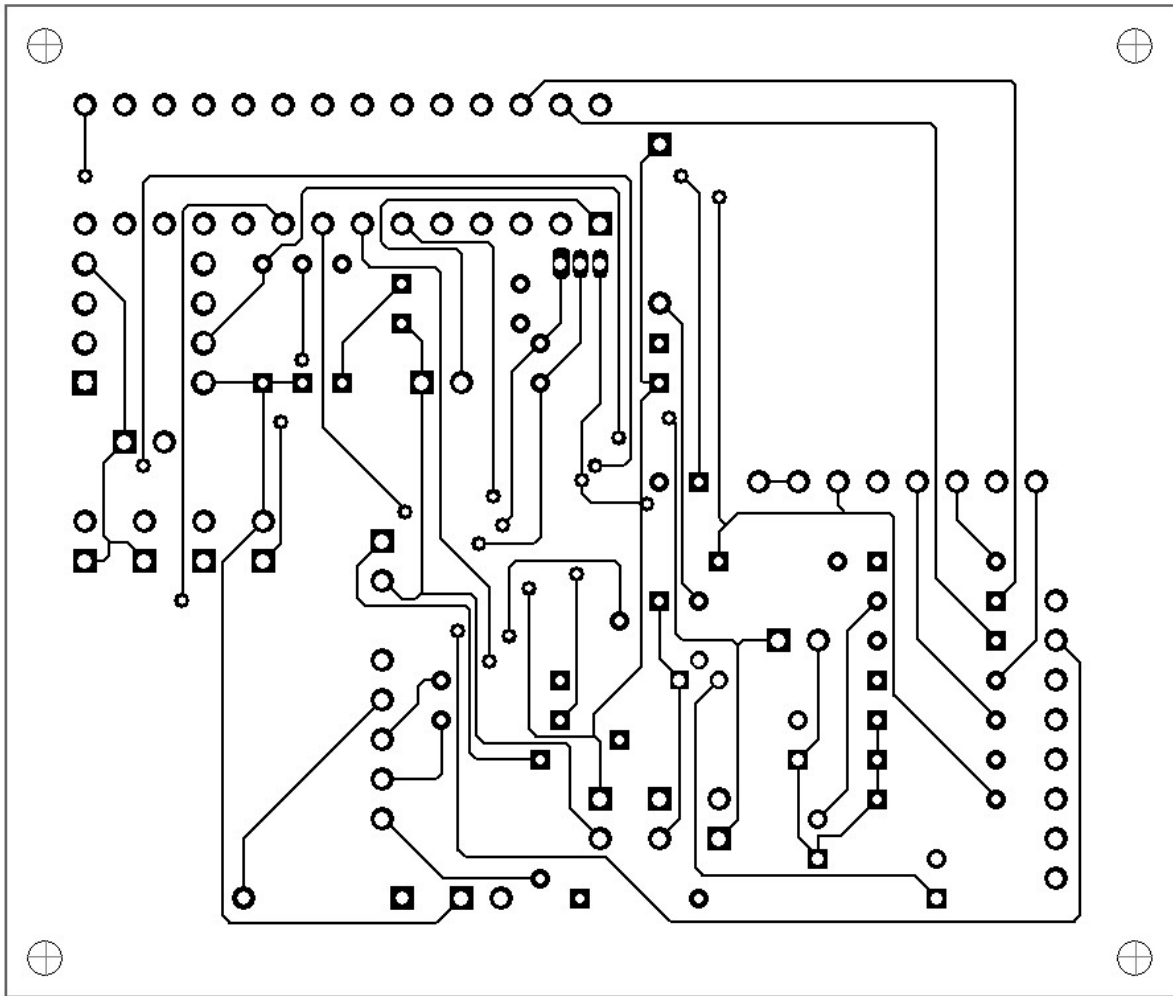


Рисунок 3.5 – Печатная плата адаптера (повернуто).

### 3.1.3 Создание конструкторской документации

Основным инструментом для создания конструкторской документации является система автоматизированного проектирования. САПР – автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности.

Основные цели создания САПР и способы обеспечения этих целей представлены на рисунке 3.6.

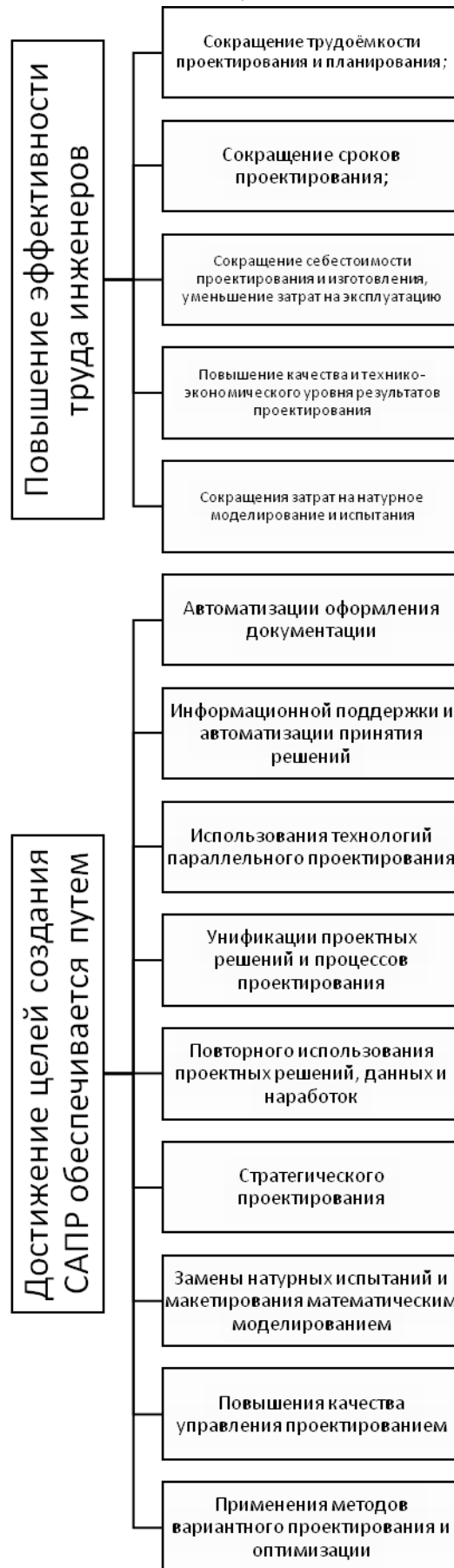


Рисунок 3.6 - Основные цели создания САПР и способы обеспечения этих целей.

В соответствии с ГОСТ 23501.101-87 составными структурными частями САПР являются подсистемы, имеющие все свойства систем и образующиеся как независимые системы. Каждая подсистема – это выделенная по некоторым признакам часть САПР, которая обеспечивает выполнение некоторых функционально-законченных последовательностей проектных задач с получением соответствующих проектных решений и проектных документов. Классификация подсистем САПР по назначению представлена на рисунке 3.7.

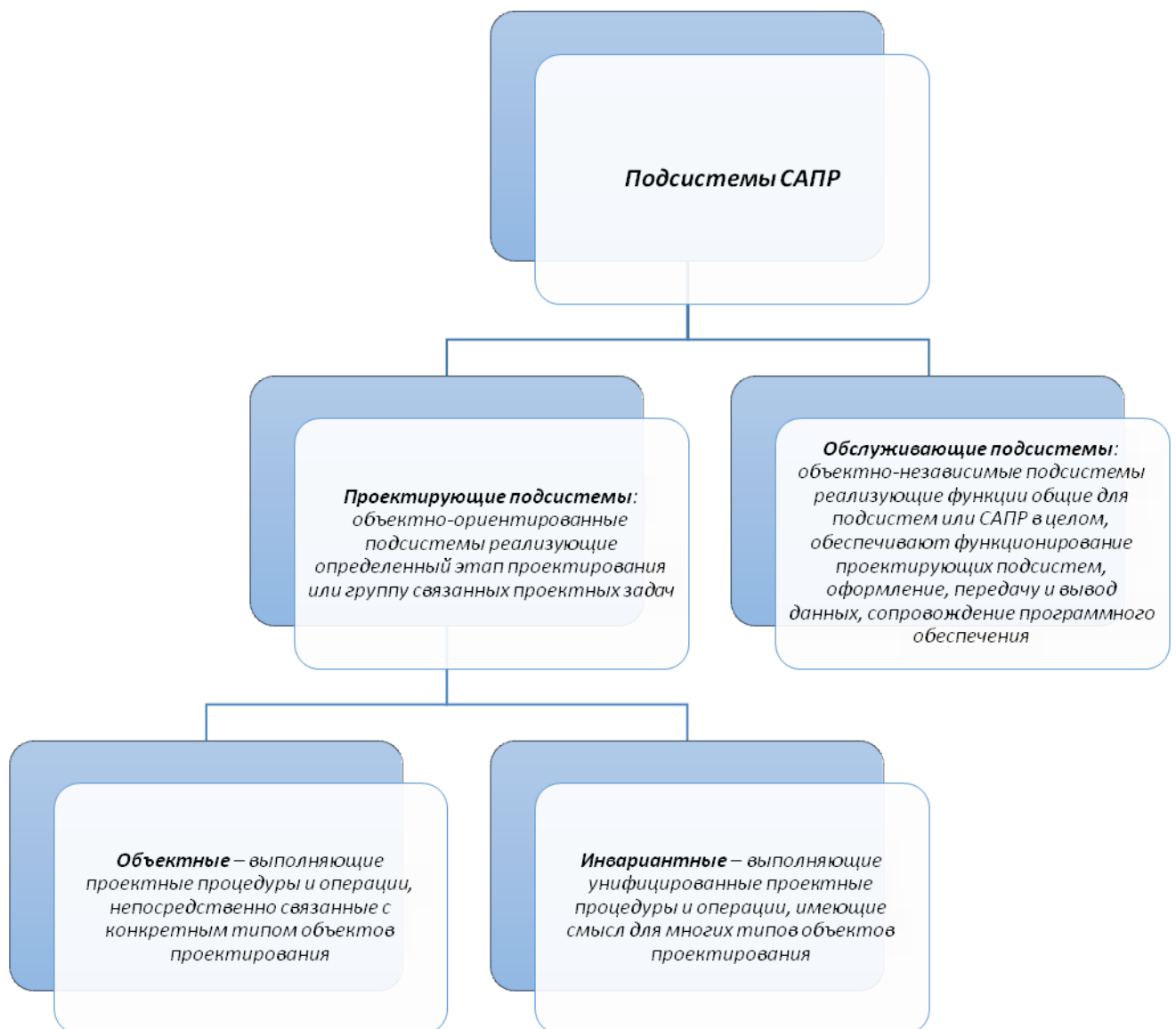


Рисунок 3.7 - Классификация подсистем САПР по назначению.

Выделяют следующие виды обеспечения САПР (рисунок 3.8).



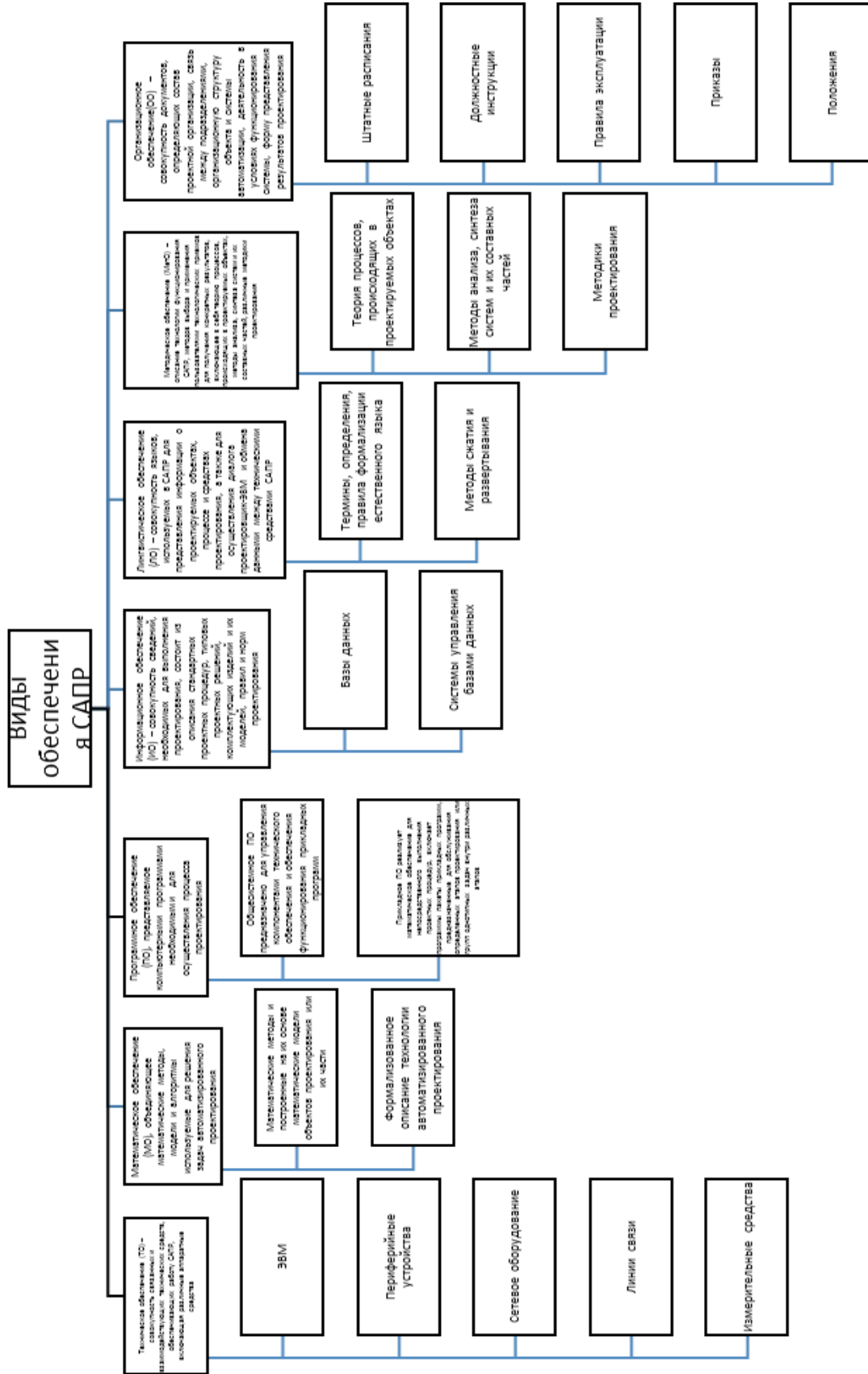


Рисунок 3.8 – Виды обеспечения САПР.

В области классификации САПР используется ряд устоявшихся англоязычных терминов, применяемых для классификации программных приложений и средств автоматизации САПР по отраслевому и целевому назначению. В зависимости от отраслевого назначения выделяют (рисунок 3.9).

ГОСТ 23501.108-85 устанавливает следующие признаки классификации САПР: тип объекта проектирования, разновидность объекта проектирования, сложность объекта проектирования, уровень автоматизации проектирования, комплексность автоматизации проектирования, характер выпускаемых документов, количество выпускаемых документов, количество уровней в структуре технического обеспечения. На рисунке 3.10 представлена классификация САПР по ГОСТ 23501.108-85.

Для разработки платы адаптера использовалась САПР DipTrace. Программный пакет DipTrace представляет собой полнофункциональную систему для разработки принципиальных схем и печатных плат. Включает в себя четыре программы (рисунок 3.11).

Работа сопровождается подсветкой редактируемых объектов и связанных с ними (в зависимости от ситуации) для улучшения наглядного восприятия платы или принципиальной схемы. Редактирование одного объекта ведет за собой соответствующие изменения связанных с ним: система не допускает «висящих в воздухе» связей или сетей, поскольку при построении сразу создается логическая структура принципиальной схемы или платы, изменять которую можно как в наглядном режиме (рисование), так и указывая связи в табличном виде.

В DipTrace применена удобная система работы со слоями, количество которых фактически соответствует числу сигнальных слоев печатной платы.

Программа содержит встроенный сеточный оптимизационный автотрассировщик, который может создавать несколько вариантов трассировки платы и выбирать лучший. Имеется проверка на ошибки трассировки (пересечения, слишком близкое расположение проводников).

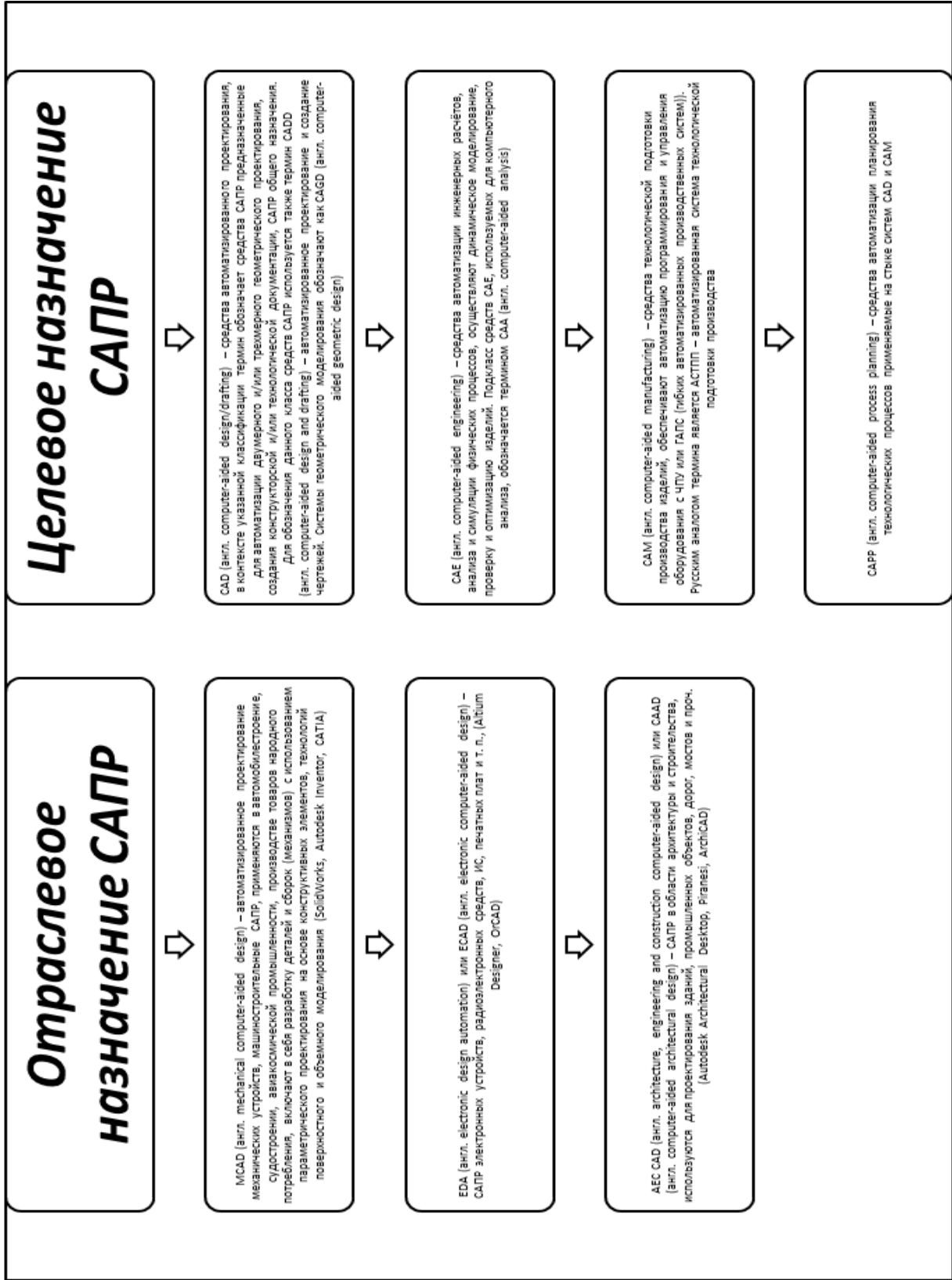


Рисунок 3.9 - Термины, применяемых для классификации программных приложений и средств автоматизации

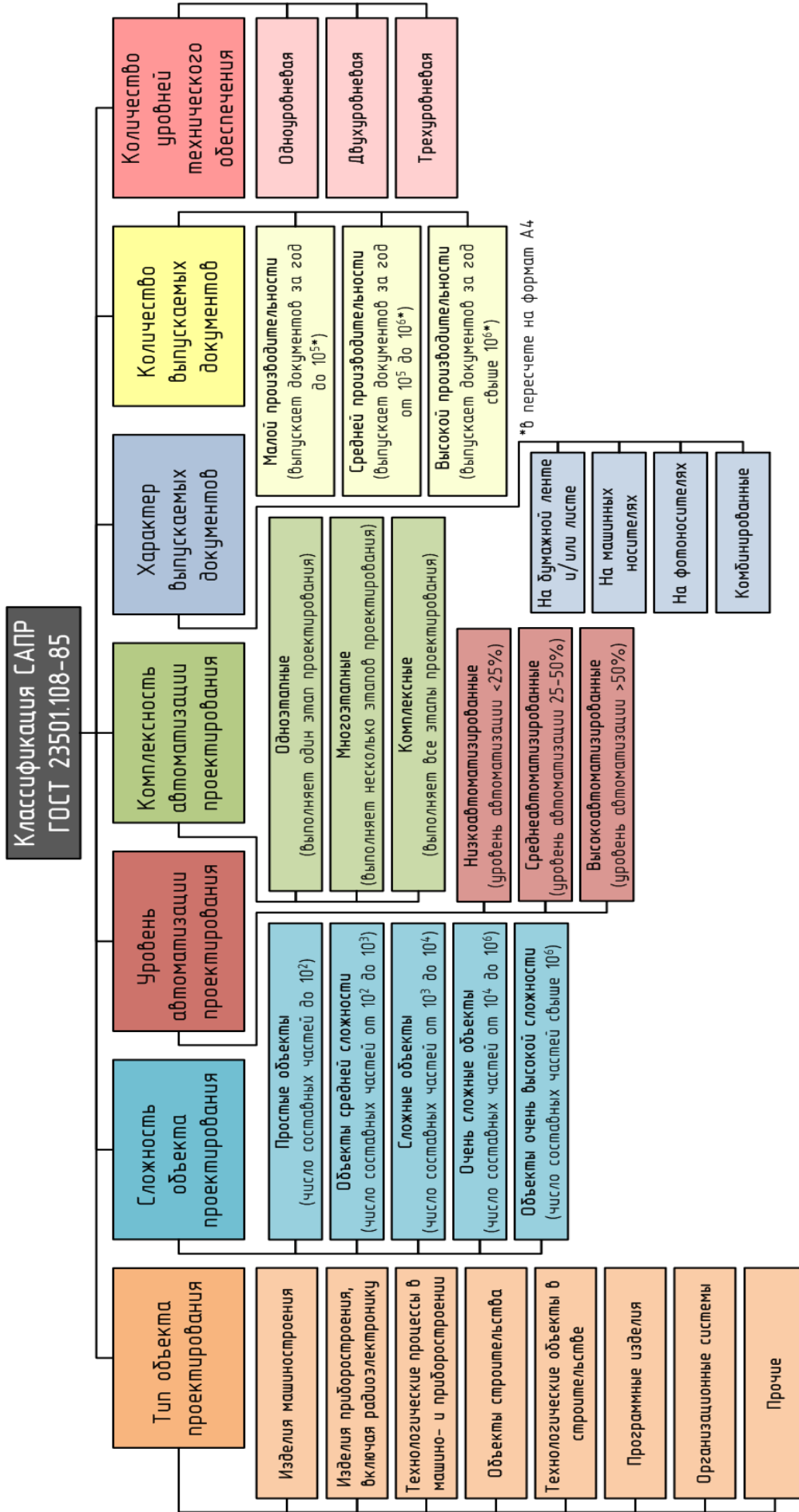


Рисунок 3.10 - Классификация САПР по ГОСТ 23501.108-85.

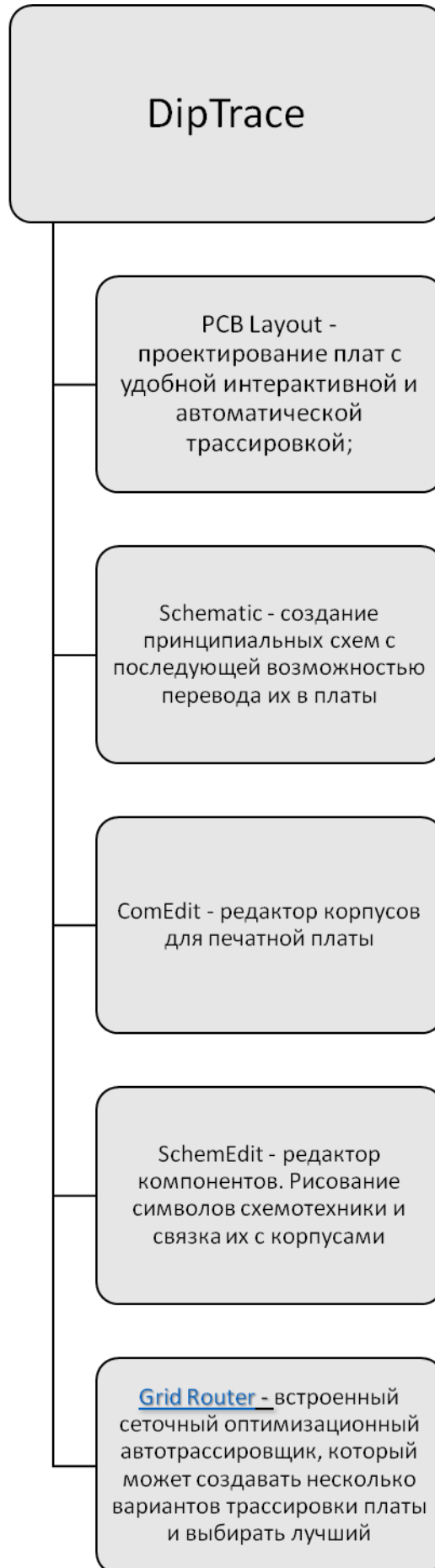


Рисунок 3.11 – Состав системы DipTrace.

### 3.3 Средства разработки и отладки программного обеспечения

Лидирующие позиции среди средств разработки и отладки программного обеспечения PIC контроллеров занимает отладочная среда MPLAB. MPLAB – это интегрированная среда разработки (IDE) для семейства микроконтроллеров PICmicro фирмы Microchip Technology Incorporated. MPLAB позволяет писать, отлаживать и оптимизировать программы для Ваших разработок. MPLAB включает текстовый редактор, симулятор (виртуальный отладчик), менеджер проектов и поддерживает эмуляторы (внутрисхемные отладчики) MPLAB-ICE и PICMASTER, программаторы PICSTART Plus и PRO MATE II и другие средства и инструменты разработок фирмы Microchip и других фирм.

Инструментальные средства MPLAB, организованные как ниспадающее меню и определяемые быстрые клавиши, позволяют (рисунок 3.12).

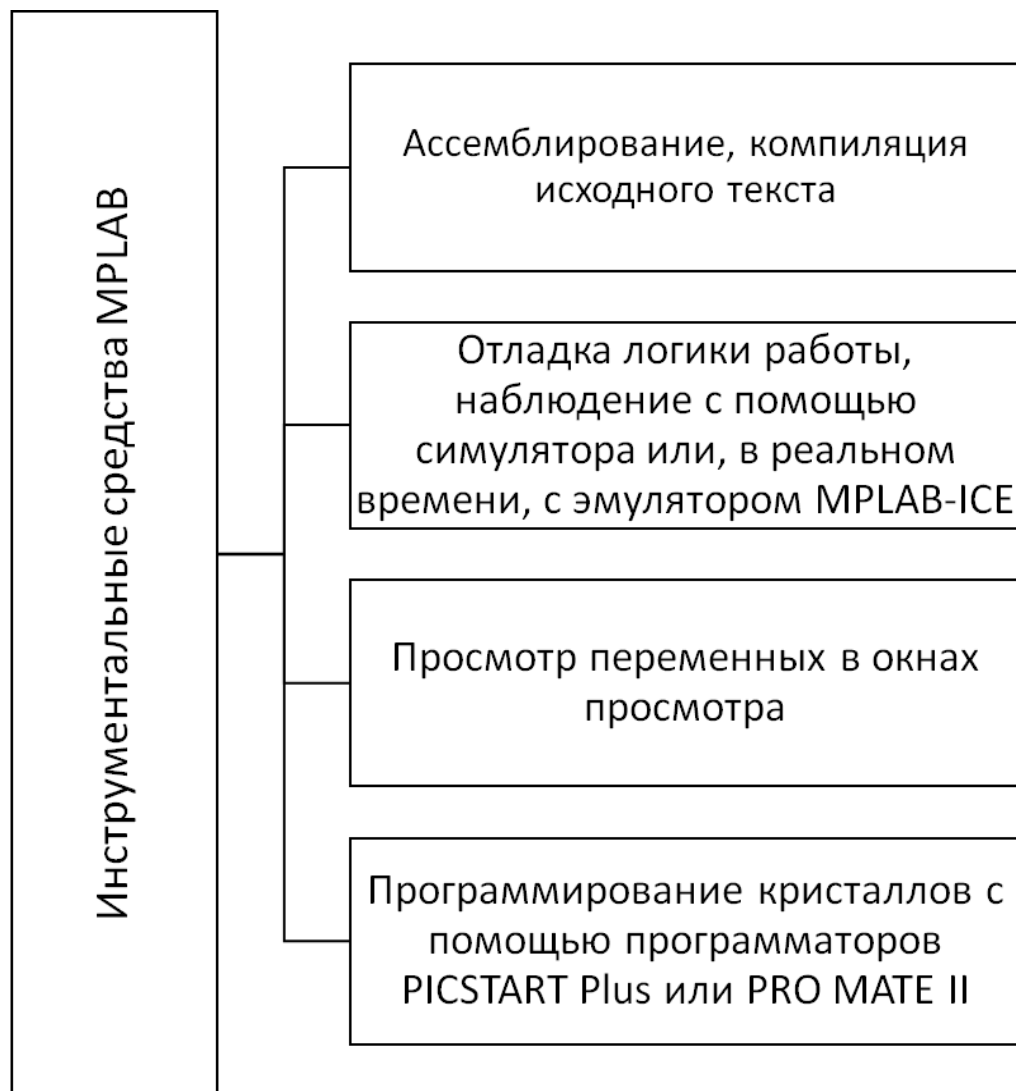


Рисунок 3.12 – Возможности инструментальных средств MPLAB.

MPLAB представляет собой законченную среду разработки, интегрируя несколько инструментов (рисунок 3.13).

Встроенный программный симулятор позволяет просматривать содержимое памяти данных и программ. Симулятор работает в режиме пошагового выполнения и позволяет выполнять трассировку программ в различных режимах.

В среде MPLAB IDE, PICkit2 также является полноценным внутрисхемным отладчиком и программатором. В сравнении с ICD-2, PICkit2 имеет ряд дополнительных функций, реализуемых в специальном windows-приложении PICkit2 (рисунок 3.14).

Внутрисхемный эмулятор REAL ICE поддерживает все функции внутрисхемной отладки, но отличается от ICD-2 и PICkit2, значительно большим быстродействием, и имеет функции внутрисхемного эмулятора (рисунок 3.15).

Microchip постоянно представляет новые версии среды разработки MPLAB IDE, причем с каждым апгрейдом расширяется ряд поддерживаемых микросхем, добавляются новые функции.

MPLAB менеджер проектов (project Manager)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Используется для создания проектов и работы со связанными файлами</li> </ul>
MPLAB редактор (Editor)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Используется для создания и редактирования текстовых файлов, таких как исходные и файлы сценариев компоновки</li> </ul>
MPLAB-SIM симулятор (Simulator)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Позволяет моделировать выполнение команд и входные/выходные сигналы микроконтроллеров)</li> </ul>
MPLAB-ICE внутрисхемный эмулятор (Emulator)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Позволяет, используя дополнительные аппаратные средства и компьютер, заменять микроконтроллер в разрабатываемом устройстве в реальном времени</li> </ul>
MPASM	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Универсальный ассемблер</li> </ul>
MPLINK компоновщик (linker)	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Создает законченное приложение, связывая перемещаемые модули MPASM, MPLAB-C17, и MPLAB-C18</li> </ul>
MPLIB	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Управляет пользовательскими библиотеками</li> </ul>
MPLAB-CXX компилятор C	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Позволяет включать в проект исходные тексты написанные на языке высокого уровня Си на ассемблере</li> </ul>
PRO MATE II и PICSTART Plus программаторы	
PICMASTER и PICMASTER-CE внутрисхемные эмуляторы	

Рисунок 3.13 – Основные инструменты MPLAB.





Рисунок 3.14 – Дополнительные функции PICkit2.



Рисунок 3.15 - Функции внутрисхемного эмулятора REAL ICE.

## **Заключение**

Исследование предложений сегмента рынка оборудования для автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов, а также разбор требований к заданию на бакалаврскую работу позволил определить перечень основных проблем, связанных с проектированием адаптера интерфейсов IrDA-USB для распределенных систем учета энергоресурсов.

Для решения вопросов, связанных с обеспечением удаленного доступа и сбора статистики приборов контроля и учета, был дан анализ применимости технологии Ethernet для обеспечения контроля и учета энергоресурсов.

Проведенный анализ показал, что использование управляющего микроконтроллера PIC24FJ128GB106 компании Microchip в совокупности с внешней flash памятью данных, трансиверам IrDA, контроллерами USB и Ethernet позволит выполнить условия обеспечения контроля и учета энергоресурсов.

Проведенный выбор элементной базы позволил определить основные элементы электрической схемы адаптера. Проведенный расчет надежности показал, что прибор достаточно устойчив к отказам и вполне надежен.

Также были рассмотрены вопросы, связанные выбором средств отладки и программирования управляющего МК, рассмотрены аппаратно-программные средства поддержки микроконтроллеров PIC24Fxxx.

### Список литературы

1. IrDA Creates a New Working Group to Accomplish 5 and 10 Gigabit Optical Wireless Communications, 2011.
2. Гончаров Н.Р. Охрана труда на предприятиях связи.: Связь, 1971
3. Журнал Рынок электротехники №3, 2007. // [marketelectro.ru](http://marketelectro.ru).
4. Забродин Ю.С. Промышленная электроника.: Высшая школа, 1982.
5. Заец Н.И. Радиоловительские конструкции на PIC-микроконтроллерах. Книга 3: Солон-Пресс, 2006.
6. Ив Мержи. Практическое руководство по логическим микросхемам и цифровой схемотехнике: Пер. с англ. – М: НТ Пресс, 2007.
7. Илюкович А.М. Электрические счетчики.: Мир 1963.
8. Коммерческий учёт электроэнергии (АИИС КУЭ, АСКУЭ) на оптовом и розничном рынках // [sicon.ru](http://sicon.ru).
9. Маклаков С.В. Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite.: Диалог-МИФИ, 2005
10. Материалы студенческой научной конференции факультета информатики и телекоммуникаций.: ВУиТ, 2001
11. Никитин А. Современные микросхемы часов реального времени с малым потреблением энергии. // [compeljournal.ru](http://compeljournal.ru)
12. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети 3-е издание: Питер 2008.
13. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей, 4-е издание.: Главгосэнергонадзор, 1984.
14. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Минэнерго РФ, 2003.
15. Правила устройства электроустановок, 6-е издание.: Госэнергонадзор, 2000.
16. Предко М. Справочник по PIC-микроконтроллерам: Пер. с англ. – М.: ДМК Пресс, 2006.

17. Рябов С.С. Функционирование розничных рынков электрической энергии.: Москва ЭНАС, 2007.
18. Уваров А.С. Проектирование печатных плат: 8 лучших программ: ДМК-Пресс, 2009.
19. Учебник по САПР DipTrace. // [diptracer.ru](http://diptracer.ru).
20. Электронный журнал энергосервисной компании Экологические системы №1, январь 2005 г. // [esco-ecosys.narod.ru](http://esco-ecosys.narod.ru).