

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)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему **МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО
БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ**

Студент(ка)

А.А. Каляганов

(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 2018

Аннотация

УДК 621.314.572

ББК 32 852

Бакалаврская работа Каляганова Андрея Андреевича по теме «Микропроцессорное устройство бесконтактного измерения температуры». Руководитель: Медведев Валерий Александрович. Защищена в Тольяттинском государственном университете в 2018 году.

Пояснительная записка: 64с., 3 разд., 54 рис., 1 табл., прил. 20 с.

Графическая часть - 6 листов формата А1.

Ключевые слова: термометрические свойства, устройства дистанционного измерения температуры, структурная схема, аппаратное обеспечение, программное обеспечение, периферийные устройства, микроконтроллер Atmel, печатная плата.

Бакалаврская работа посвящена разработке бесконтактного устройства измерения температуры. При проектировании устройства была разработана структурная схема бесконтактного устройства измерения температуры и представлено обоснование выбора элементной базы. Рассчитываются характеристики узловых элементов устройства. Разработаны алгоритмы работы микроконтроллеров.

Была проведена разработка печатной платы устройства, написана программа работы основного микроконтроллера на языке ассемблера.

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 5 |
| 1 Основные принципы и способы бесконтактного измерения температуры различных объектов..... | 6 |
| 1.1 Классификация термометрических свойств..... | 6 |
| 1.2 Принципы измерения температуры бесконтактным методом | 6 |
| 1.3 Основные области использования устройств удаленного измерения температуры..... | 11 |
| 1.4 Промышленные устройства дистанционного измерения температуры..... | 11 |
| 1.4.1 Инфракрасный измеритель температуры АКПП-9302 | 11 |
| 1.4.2 Измеритель температуры Komoloff 288 | 16 |
| 1.4.3 Термометр инфракрасный бесконтактный (пирометр) Venetech GM320..... | 16 |
| 1.5 Основные требования к разрабатываемому устройству бесконтактного измерения температуры..... | 18 |
| 2 Проектирование микропроцессорного устройства бесконтактного измерения температуры..... | 21 |
| 2.1 Проектирование функциональной схемы для устройства бесконтактного измерения температуры..... | 21 |
| 2.2 Обоснование выбора аппаратной и программной составляющих для устройства бесконтактного измерения температуры..... | 22 |
| 2.2.1 Обоснование выбор периферийных устройств..... | 22 |
| 2.2.2 Выбор основных элементов принципиальной схемы устройства измерения температуры..... | 26 |
| 2.2.3 Расчет технических характеристик устройства удаленного измерения температуры..... | 45 |
| 2.3 Алгоритмы работы микроконтроллеров устройства бесконтактного измерения температуры..... | 49 |

| | |
|--|----|
| 2.3.1 Алгоритм работы микроконтроллера, который преобразует выходное напряжение с датчика в температуру объекта..... | 49 |
| 2.3.2 Алгоритм работы микроконтроллера, для управления зарядным устройством | 50 |
| 3 Программная и аппаратная реализация устройства бесконтактного измерения температуры..... | 54 |
| 3.1 Особенности изготовления печатных плат | 54 |
| 3.2 Программирование устройства удаленного измерения температуры .. | 58 |
| 3.3 Основные моменты тестирования устройства удаленного измерения температуры..... | 59 |
| 3.4 Эксплуатационная документация на устройство бесконтактного измерения температуры..... | 60 |
| Заключение | 62 |
| Список используемой литературы | 63 |

Введение

Измерение температуры является наиболее важным источником информации о физических явлениях, которые происходят и об трансформациях состояния материи. Как термодинамическая функция состояния вещества, температура тщательно изучается в метрологических терминах. Поэтому вместо прямого измерения различных характеристик объекта в зависимости от его состояния и прямого интереса технологу намного легче измерить температуру.

При контактном измерении температуры, когда используются термометры, которые приводятся в контакт с объектом, температура которого измеряется, могут возникнуть проблемы. Эти проблемы возрастают по мере повышения температуры объекта. Проблемы в основном связаны с подбором материала для чувствительного элемента термометра. Так как необходимо обеспечить стабильные показания и исключить воздействие на измеряемый объект. Также проблемы заключаются в поиске изоляционных материалов.

Измерение температуры воздействием теплового излучения позволяет решить все эти проблемы. Так как на объект измерения при этом не будет оказано прямого влияния.

Целью работы бакалавра является повышение эффективности измерения температуры объектов путем устранения ошибок, связанных с измерением контактных температур, а также повышение устойчивости показаний температуры измеряемого объекта.

Объектами исследования являются: датчики для бесконтактного измерения температуры, микроконтроллеры.

Задача работы: разработка устройства для бесконтактного измерения температуры на микроконтроллере Atmel.

1 Основные принципы и способы бесконтактного измерения температуры различных объектов

1.1 Классификация термометрических свойств

Температура измеряется различными датчиками. Наиболее распространенные термометрические свойства, на основе которых работают датчики температуры, показаны на рисунке 1.1, также имеются примеры устройств для измерения температуры в зависимости от применяемого термоэлектрического свойства.

1.2 Принципы измерения температуры бесконтактным методом

Почти на всех промышленных этапах производства поддержание заданной температуры является фактором, обеспечивающим технологический процесс и качество продукции. Бесконтактные инфракрасные термометры получили при этом широкую известность в качестве измерительной техники, поскольку они не оказывают влияния на объект измерения. Это касается и процесса измерения металлов.

Правильный контроль и управление температурой технологического процесса требуют качественного консультирования со стороны изготовителя или базовых знаний по измерительной технике у клиента.

Инфракрасный спектр излучения

Если объект имеет температуру выше абсолютного нуля 0 К ($-273,15\text{ °С}$), то он испускает пропорциональное своей собственной температуре электромагнитное излучение. Инфракрасная спектральная область занимает при этом во всём электромагнитном спектре излучения только очень ограниченный участок. Он располагается от конца видимой спектральной области около $0,78\text{ мкм}$ до значений длины волны $1\ 000\text{ мкм}$. Спектр представляющего интерес для измерения температуры инфракрасного излучения достигает диапазона от $0,8$ до 14 мкм . Выше данных значений длины волны количества энергии незначительны до такой степени, что чувствительность детекторов недостаточна для их измерения.



Рисунок 1.1 – Классификация устройств для измерения температуры.

Испускаемое объектом инфракрасное излучение проходит сквозь атмосферу и может с помощью линзы фокусироваться на детектор. Детектор генерирует электрический сигнал, соответствующий излучению. Преобразование сигнала в пропорциональной температуре объекта выходную величину осуществляется посредством усиления сигнала и последующей цифровой обработки. Измеряемая величина может отображаться на дисплее или выдаваться в качестве электрического сигнала (рисунок 1.2).

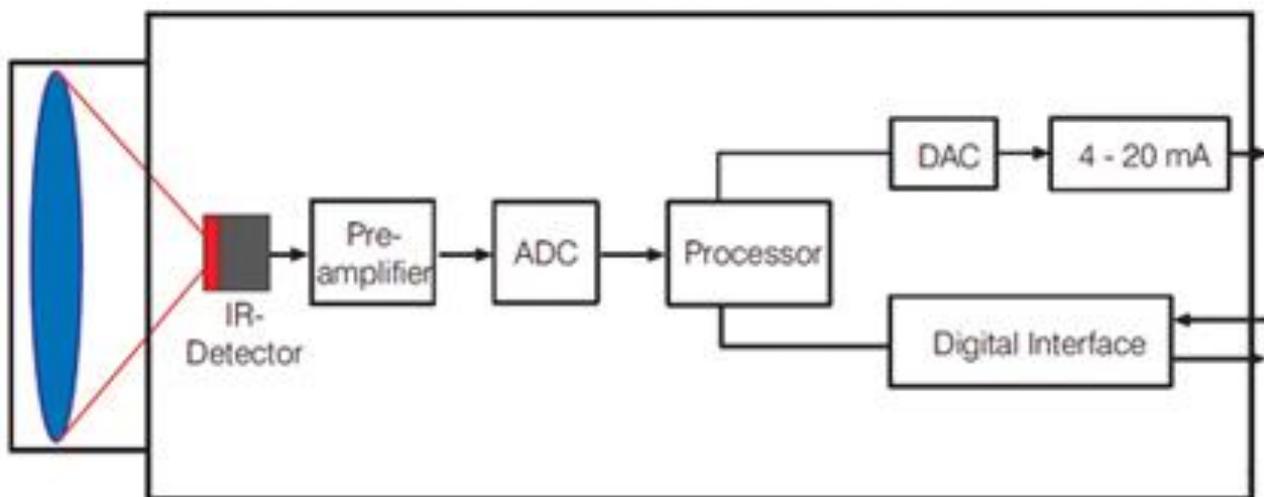


Рисунок 1.2 – Измерение температуры посредством инфракрасного излучения объекта.

Стандартные выходы для передачи измеряемых величин в системы регулирования доступны в форме линейных сигналов 0/4–20 мА, 0–10 В и в качестве сигналов термопар. Помимо этого, большинство используемых сегодня инфракрасных термометров имеют цифровые интерфейсы (USB, RS232, RS485, реле, PROFIBUS DP, шина данных CAN, Ethernet) для вывода данных, а также для прямого доступа к параметрам устройств.

Расчёт температуры с помощью инфракрасного излучения

Будучи приёмником излучения, детектор является самым важным элементом каждого инфракрасного термометра. Вследствие поступающего электромагнитного излучения возникает электрический сигнал, который можно точно проанализировать. Сигнал детектора U и температура объекта $T_{\text{Объекта}}$ имеют следующую взаимосвязь:

$$U \sim \varepsilon * T_{Objekt}^4 \quad (1.1)$$

Сигнал детектора, полученный из испускаемого излучения объекта в общем спектре излучения, увеличивается пропорционально четвёртой степени абсолютной температуры объекта. Это означает следующее: если температура объекта измерения увеличивается в два раза, сигнал детектора повышается на коэффициент 16.

Поскольку необходимо учитывать вместе со степенью излучения ε объекта и отраженное излучение окружающей среды на поверхность объекта $T_{Okr. \text{ ср.}}$ и собственное излучение инфракрасного термометра $T_{Пиром.}$ (C — специфичная для устройства постоянная), формула меняется следующим образом:

$$U = C * (\varepsilon * T_{Objekt}^4 + 1 - \varepsilon * T_{Ambient}^4 - T_{Pyro}^4) \quad (1.2)$$

К тому же, инфракрасные термометры работают не в общем спектре излучения. Показатель степени n зависит от длины волны. Показатель n для длин волн от 1 до 14 мкм находится в диапазоне 17...2, у коротковолновых измерительных приборов для определения температуры металла (от 1,0 до 2,3 мкм) — между 15...17:

$$U = C * (\varepsilon * T_{Objekt}^n + 1 - \varepsilon * T_{Ambient}^n - T_{Pyro}^n) \quad (1.3)$$

Температура объекта рассчитывается посредством перестановки последней формулы. Результаты расчётов для всех встречающихся значений температуры в виде семейства кривых сохраняются в памяти ЭСПЗУ инфракрасного термометра:

$$T_{Objekt} = \frac{U - C * T_{Ambient}^n + C * \varepsilon * T_{Ambient}^n + C * T_{Pyro}^n}{C * \varepsilon} \quad (1.4)$$

Инфракрасные термометры получают достаточно сигнала для измерения температуры. Исходя из уравнений видно, что наряду с областью длины волны (спектр излучения) важное значение имеет и отражённое излучение окружающей среды, и коэффициент излучения, когда требуется точно определить температуру.

Поверхности излучателя используются для калибровки датчиков, которые в требуемом диапазоне длин волн достигают коэффициенты излучения до 0,99. С помощью коэффициента излучения ϵ (эпсилон), который показывает соотношение реальной величины излучения объекта и чёрного излучателя при одинаковой температуре, можно прекрасно измерять температуру объекта посредством измерения излучения. Коэффициент излучения при этом всегда находится между нулём и единицей; недостающая доля излучения компенсируется посредством указания коэффициента излучения.

Объекты, чьи коэффициенты излучения среди прочего зависят от коэффициента излучения и длины волны, например, металлические поверхности, называются селективными излучателями. Имеются несколько важных причин, по которым измерение металлов должно всегда выполняться в коротковолновом диапазоне. Во-первых, металлические поверхности при высоких температурах и коротких длинах измеряемых волн (2,3 мкм, 1,6 мкм, 1,0 мкм, 0,525 мкм) имеют не только максимальную интенсивность излучения, но и максимальный коэффициент излучения. Во-вторых, здесь они уравниваются с коэффициентом излучения оксидов металлов, так что погрешности температуры, вызванные изменяемым коэффициентом излучения (побежалостью), уменьшаются.

Другим важным моментом, влияющим на выбор инфракрасного термометра, выполняющего измерения в диапазоне коротких волн, является то обстоятельство, что металл по сравнению с другими материалами может обладать неизвестными коэффициентами излучения. Пирометры, выполняющие измерения в диапазоне коротких волн, существенно уменьшают погрешности измерения при неправильно настроенном коэффициенте излучения.

Чтобы правильно измерить температуру, необходимо точно указать излучательную способность объекта на пирометр. В современной

пирометрической практике для ее определения используются следующие методы (рисунок 1.3).

Необходимо учитывать геометрические параметры оптических систем.

1.3 Основные области использования устройств удаленного измерения температуры

Чаще всего используются дистанционные приборы для измерения температуры, когда измерение контактной температуры замедляет процесс или вообще невозможно, например, в металлургической или нефтеперерабатывающей промышленности.

Устройства удаленного измерения температуры делятся на 2 вида (рисунок 1.4).

1.4 Промышленные устройства дистанционного измерения температуры

На сегодняшний день для бесконтактного измерения температуры производится множество различных устройств. Давайте рассмотрим некоторые из них.

1.4.1 Инфракрасный измеритель температуры АКІР-9302

АКІР-9302 - бесконтактный пирометр с инфракрасным излучением для промышленного и бытового использования. После автоматического выключения питания через 6 секунд после измерения (нажатие триггера) продлевается срок службы аккумулятора. Благодаря пистолетному типу корпуса пирометр удобно расположен в руке и легко управляется оператором во время измерений.

Принимая во внимание данные из справочных таблиц

- Которые обычно приводятся в руководстве по пирометру или в справочниках

Измерение температуры объекта методом контакта (например, поверхностной термопары)

- Затем, изменяя значение излучательной способности на установке пирометра, получают равенства показаний пирометра и термопары. Если по какой-либо причине измерение температуры объекта методом контакта невозможно, эту процедуру проводят с образцом материала объекта, нагревая его до температуры, близкой к температуре объекта. Некоторые модели пирометров имеют разъем для подключения термопары и могут одновременно измерять температуру с помощью контактного и бесконтактного методов

Сверление отверстий в объекте (или образец материала объекта), измерение температуры с помощью пирометра внутри него

- В этом случае диаметр отверстия должен соответствовать диаметру поля зрения пирометра, а глубина в пять раз больше диаметра. Тогда излучательная способность созданной таким образом модели АСТ может быть принята равной 1. Затем необходимо направить пирометр на неповрежденную поверхность объекта и, изменив значение излучательной способности на заданное значение пирометра, чтобы получить указания закрытия к тем, которые были получены ранее с использованием модели АСТ. Этот метод является наиболее трудоемким и приемлемым только в том случае, если разница температур по длине отверстия незначительна

При низких температурах иногда часть поверхности объекта окрашивается черной матовой краской, излучательная способность которой может быть равна 0,95.

- Затем температуру цветной поверхности измеряют пирометром, а затем, согласно описанному выше методу, определяют излучательную способность неокрашенной поверхности

Рисунок 1.3 – Методы бесконтактного измерения температуры.

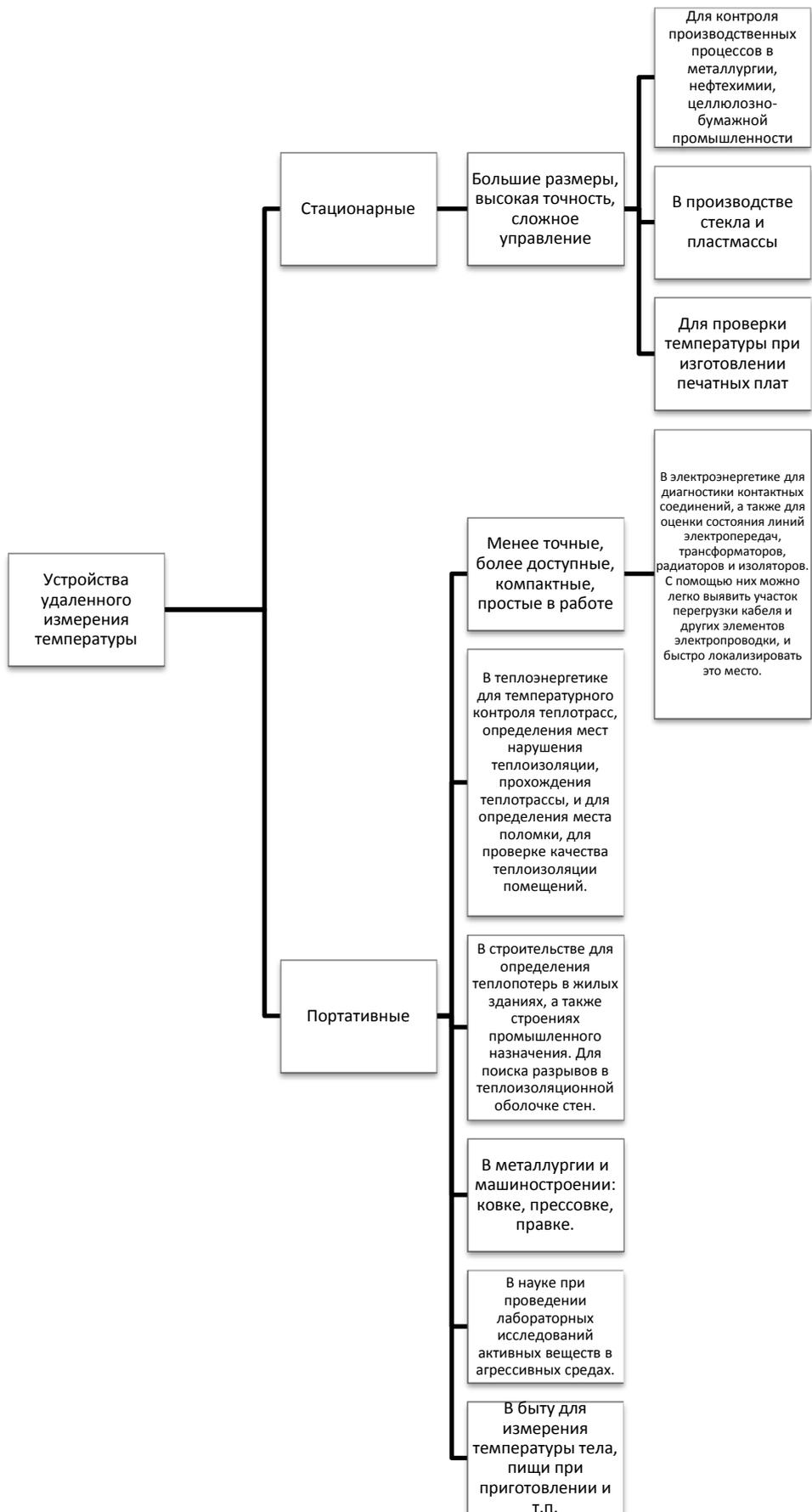


Рисунок 1.4 – Классификация устройств удаленного измерения температуры.

Для указания объекта использовался одноточечный указатель лазерной цели.

В дополнение к режимам и возможностям обычного пирометра АКПП-9302 обладает двумя инновационными свойствами (рисунок 1.5).

| Функция - eSmart | Функция цветовой сигнализации -CIS (изменение засветки ЖК-индикатора в режиме допускового контроля) |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Наиболее востребована для пользователей со специфическими условиями измерений • Например, когда необходимо определить температуру поверхности объекта или среды с неизвестными физическими свойствами и характеристиками ИК эмиссии • Для этого к поверхности прикладывается зонд термопары К-типа и нажимается курок для замера Ик излучения. С помощью встроенной программы происходит уточнение значения реальной эмиссии, которое затем сохраняется в памяти прибора для последующих замеров | <ul style="list-style-type: none"> • Помимо звукового сигнала при выходе за пределы, установленные пользователем (Hi/ Low: верхний и нижний). • Т.е. при активации данной функции выход за установленные пределы сигнализируется красным свечением дисплея (подсветкой) |

Рисунок 1.5 – Инновационные функции пирометра АКПП-9302.

Внешний вид бесконтактного инфракрасного радиационного пирометра АКПП-9302 представлен на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 - Бесконтактный инфракрасный радиационный пирометр АКПП-9302.

Основные характеристики АКПП-9302 приведены на рисунке 1.7.

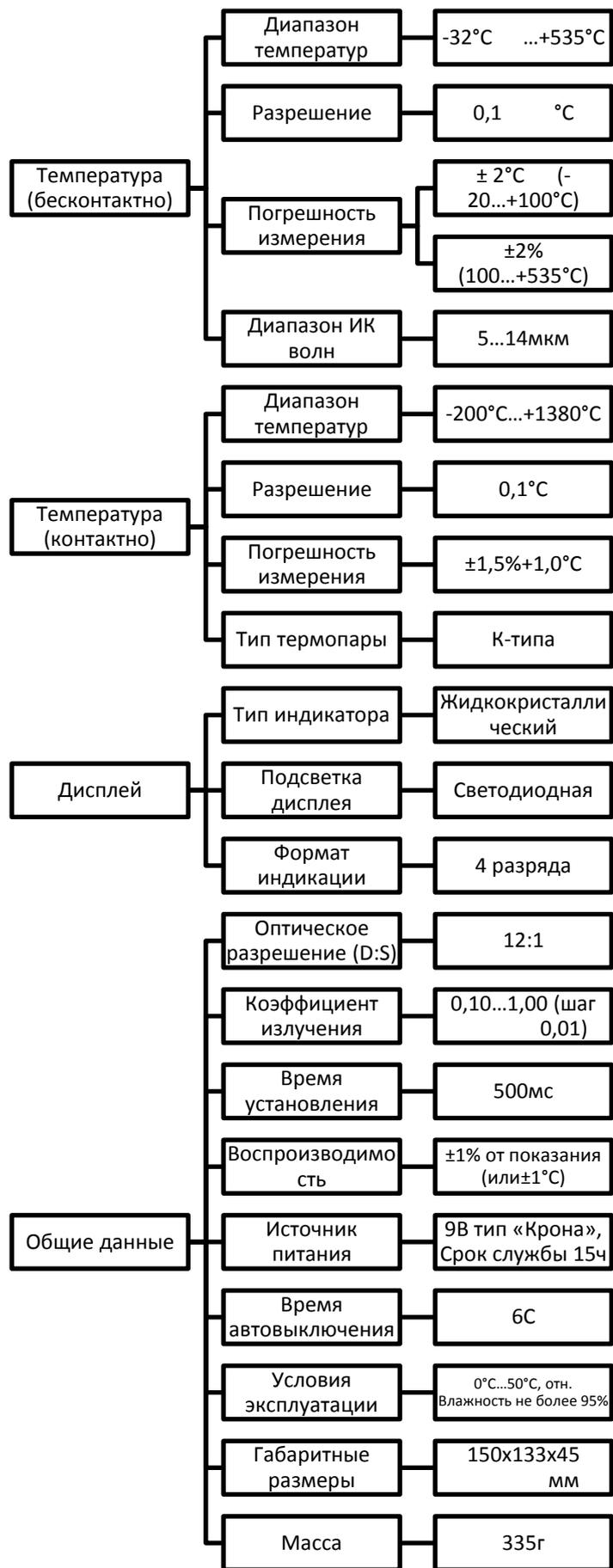


Рисунок 1.7 - Основные характеристики АКПП-9302.

1.4.2 Измеритель температуры Komoloff 288

Измеритель температуры Komoloff 288 - это устройство для бесконтактного измерения температуры. Принцип работы основан на измерении мощности теплового излучения объекта измерения в основном в диапазонах инфракрасного излучения и видимого света. Диапазон измерения температуры от -55 до +350 градусов Цельсия с разрешением 0,1 градуса. Оптическое разрешение составляет от 6 до 1. Значение коэффициента эмиссии по умолчанию устанавливается равным 0,95 и может варьироваться от 0,05 до 1,00 это необходимо для более точных измерений материалов с различным тепловым излучением. Он выполнен в пыле- и водонепроницаем корпусе с защитой IP54.

Чтобы измерить температуру, необходимо отправить ее на измеряемый объект и нажать кнопку «Измерение». Для более точного прицеливания в измерительной области прибор оснащен лазерным целеуказателем. Значение температуры отображается на ЖК-дисплее с яркой подсветкой.

Функция теста НАССР включена в термометр для быстрого графического отображения критической температурной зоны. Изображения и светодиоды, расположенные под дисплеем, указывают на безопасную или опасную температуру.

Прибор может отображать температуру в градусах Цельсия или в градусах Фаренгейта.

Основные технические параметры измерителя температуры Komoloff 288 представлены на рисунке 1.8. Его внешний вид - на рисунке 1.9.

1.4.3 Термометр инфракрасный бесконтактный (пирометр) Benetech GM320

Инфракрасный термометр используется для измерения температуры поверхностей горячих, опасных или труднодоступных объектов без непосредственного контакта с ними.

Прибор включает оптический модуль, температурный сенсор, усилитель сигнала, схему обработки и ЖК-экран.

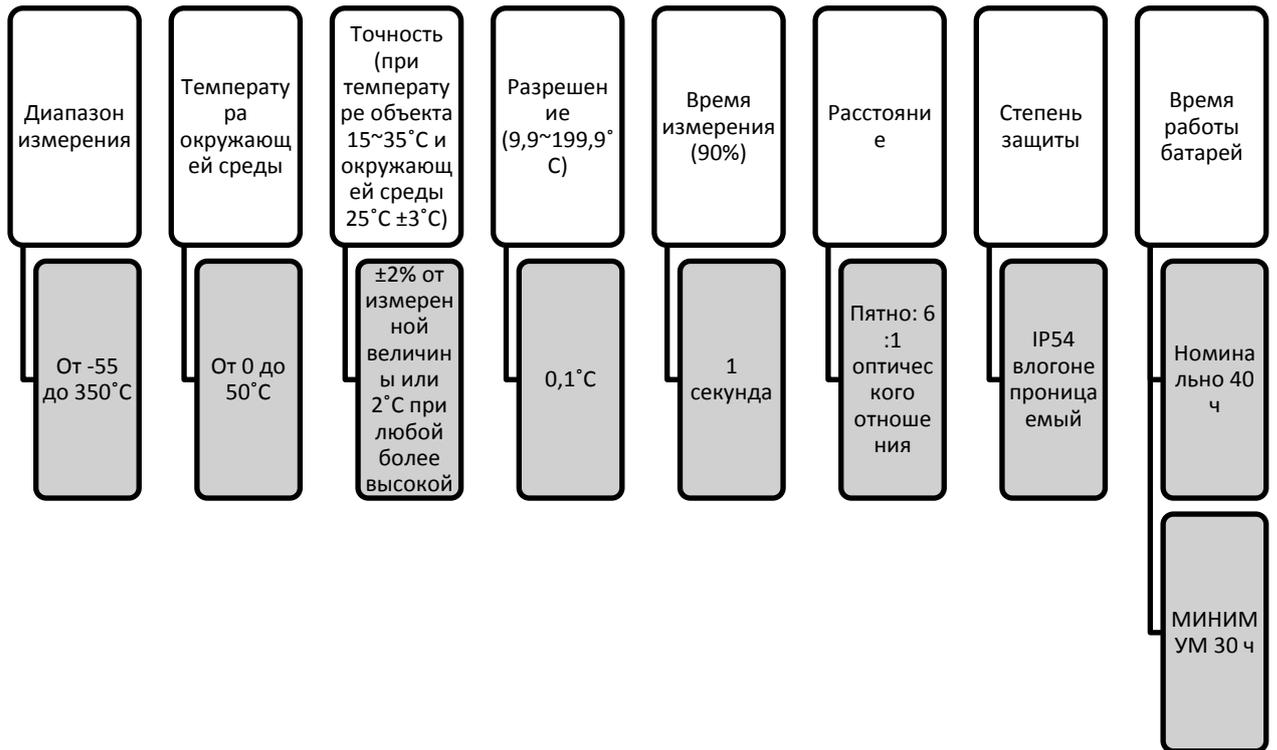


Рисунок 1.8 - Основные технические параметры измерителя температуры Komoloff 288.



Рисунок 1.9 - Измеритель температуры Komoloff 288, внешний вид.

Оптический модуль собирает инфракрасную энергию и фокусирует ее на сенсоре. Сенсор преобразует энергию в электрический сигнал, который усиливается и преобразуется в цифровую форму для отображения на ЖК экране.

Основные технические параметры пирометра Benetech GM320 представлены в таблице 1.1. Его внешний вид - на рисунке 1.10.

Таблица 1.1 - Основные технические параметры пирометра Benetech GM320

| | |
|---|---|
| Модель | GM320 |
| Применение | Бытовой, промышленный, лабораторный |
| Разрешение | 0.1° |
| Погрешность | ±1.5° |
| Диапазон измерений | -50 до +330°С |
| Лазерный диод | Мощность < 1mW, длина волны 630nm-670nm |
| Время срабатывания | ≤ 0.5 сек |
| Коэф. оптического излучения постоянный, | 0.95 |
| Соотн. "дистанция-пятно" | 12:1 |
| Температура хранения | -20 ~ 60° |
| Рабочая температура | 0 ~ 40° |
| Масса, нетто | 170 г |
| Размеры | 14 x 8.5 x 3.5 см |



Рисунок 1.10 - Термометр инфракрасный бесконтактный (пирометр) Benetech GM320.

1.5 Основные требования к разрабатываемому устройству бесконтактного измерения температуры

Разрабатываемое в бакалаврской работе устройство измерения температуры должно использоваться при бесконтактном измерении температуры объектов, которые расположены в нескольких метрах от датчика. Входными данными для него являются температура предмета, выход - значение температуры, отображаемое на дисплее устройства. Основой этого устройства будут компоненты, показанные на рисунке 1.11.

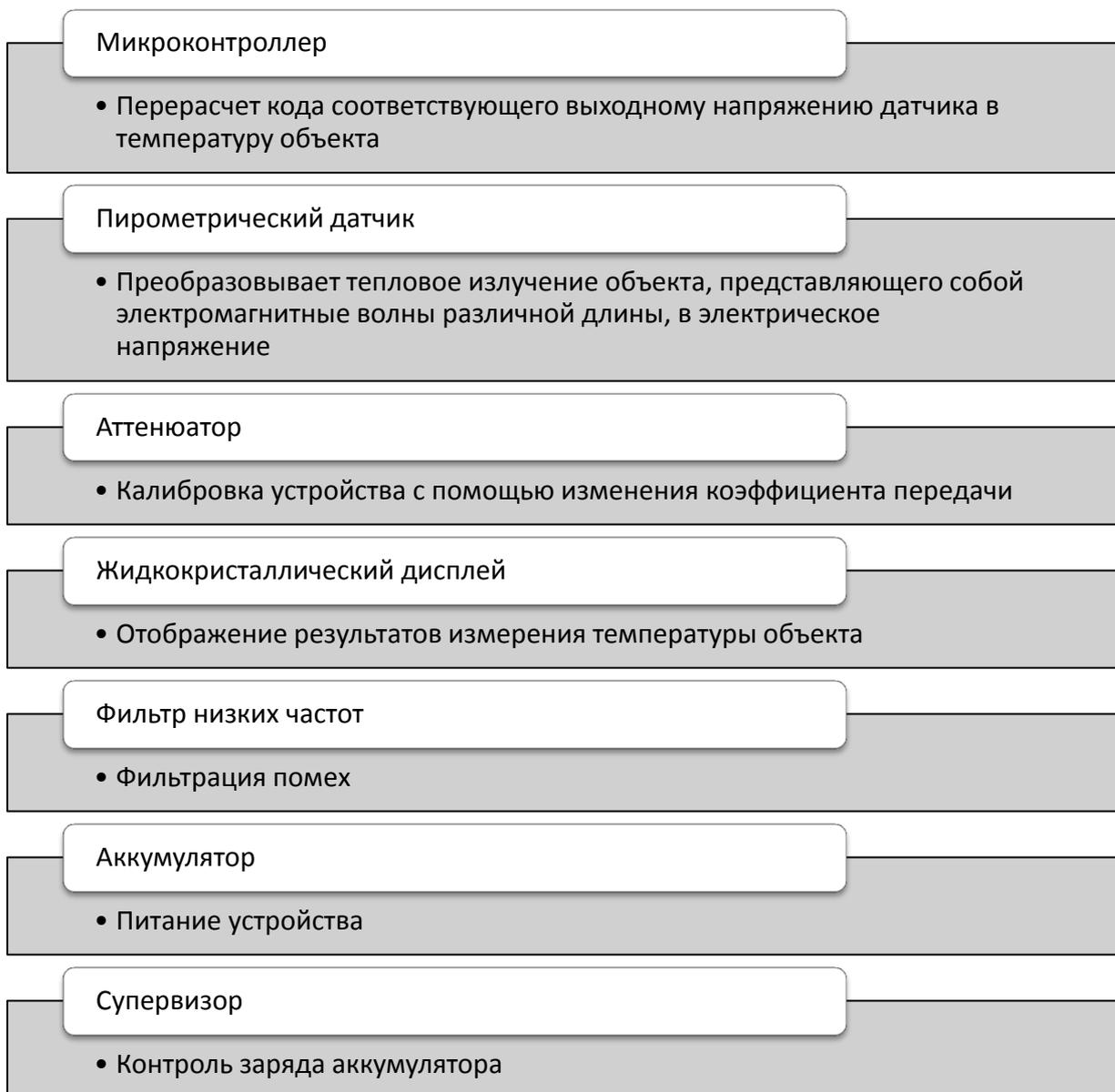


Рисунок 1.11 – Компоненты-составляющие устройства бесконтактного измерения температуры и их функции в устройстве.

В результате анализа, проведенного в этой главе, были систематизированы методы измерения температуры. Обнаружены несовершенства контактных методов измерения температуры. Проанализированы главные принципы бесконтактного измерения температуры.

2 Проектирование микропроцессорного устройства бесконтактного измерения температуры

2.1 Проектирование функциональной схемы для устройства бесконтактного измерения температуры

Устройство, которое должно быть разработано, должно обеспечить преобразование напряжения с выхода датчика на соответственное значение температуры и отображать это значение на индикаторе.

Последовательность прохождения сигнала в устройстве представлена на рисунке 2.1.

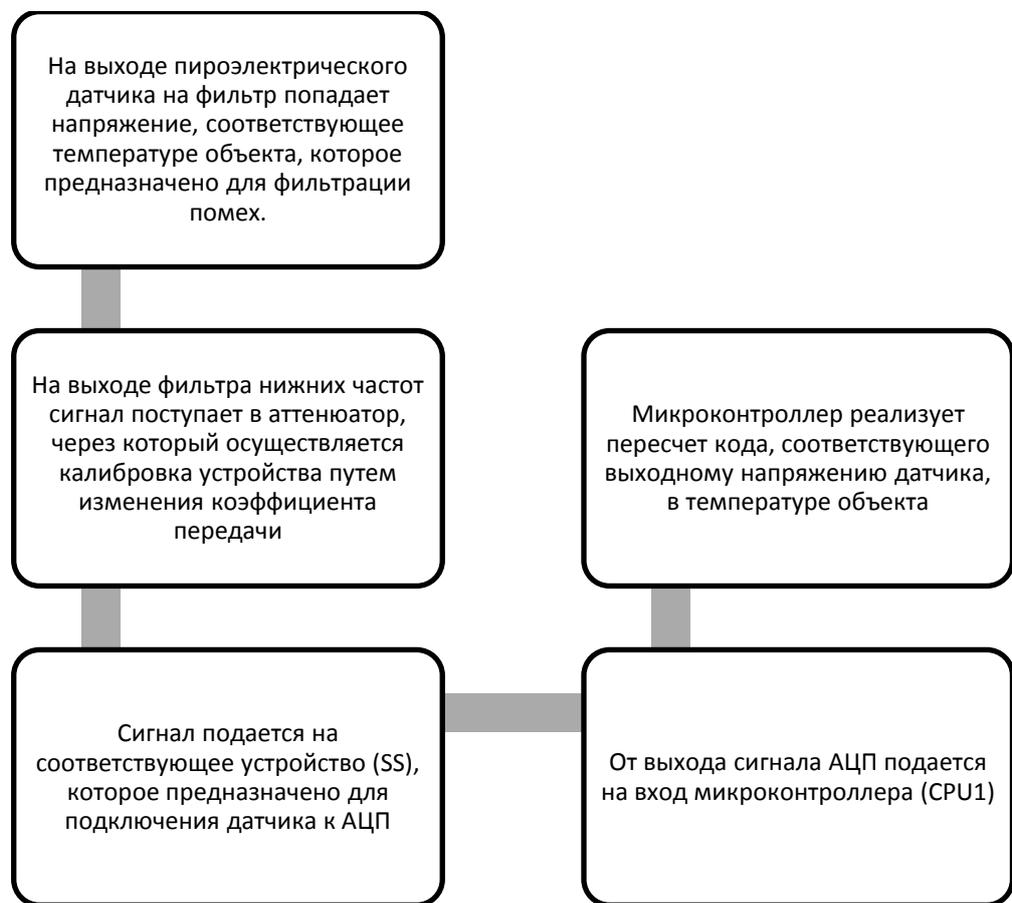


Рисунок 2.1 - Последовательность прохождения сигнала в устройстве бесконтактного измерения температуры.

Схема управления памятью основана на микроконтроллере (CPU2). Его выход AIN представляет собой вход аналогового компаратора, с помощью которого контролируется состояние источника питания. Выходной сигнал АЦП микроконтроллера - это вход для АЦП, который измеряет напряжение на батарее.

Высокий импеданс на выходе P0 включает в себя схему зарядки аккумулятора. Высокий импеданс на выходе P1 соединяет цепь разряда батареи.

Контакт P2 предназначен для указания завершения зарядки аккумулятора. Диод используется для защиты от неправильного включения питания.

Питание элементов схемы реализуется от батареи с напряжением 4,5 В с использованием DC-DC-преобразователя.

Функциональная схема удаленного измерительного устройства показана на рисунке 2.2.

Зарядное устройство (STD) представляет собой готовый нестабилизированный сетевой адаптер BPN 12-03 с выходным напряжением 12 В и током нагрузки 300 мА. Контролер управляет зарядом батареи.

2.2 Обоснование выбора аппаратной и программной составляющих для устройства бесконтактного измерения температуры

2.2.1 Обоснование выбор периферийных устройств

2.2.1.1 Выбор пирометрического датчика

Один из компонентов разрабатываемого микропроцессорного устройства - пирометрический датчик. Он преобразует тепловое излучение объекта в электрическое напряжение. Тепловое излучение – это электромагнитные волны различной длины. Датчики температуры используются для проверки и оптимизации температуры процесса. Датчик является приемником. Тепловое излучение предмета с длиной волны от 8 до 14 мкм преобразует выходной сигнал в электрический сигнал. Выбираем датчик Banner Engineering M18TUP14Q. Этот аналоговый датчик T-GAGE является пассивным, бесконтактным. Датчик оснащен детектором термпары, состоящим из нескольких инфракрасных датчиков (термопар) для выявления инфракрасного излучения в поле зрения.

Технические характеристики Banner Engineering M18TUP14Q показаны на рисунке 2.3.

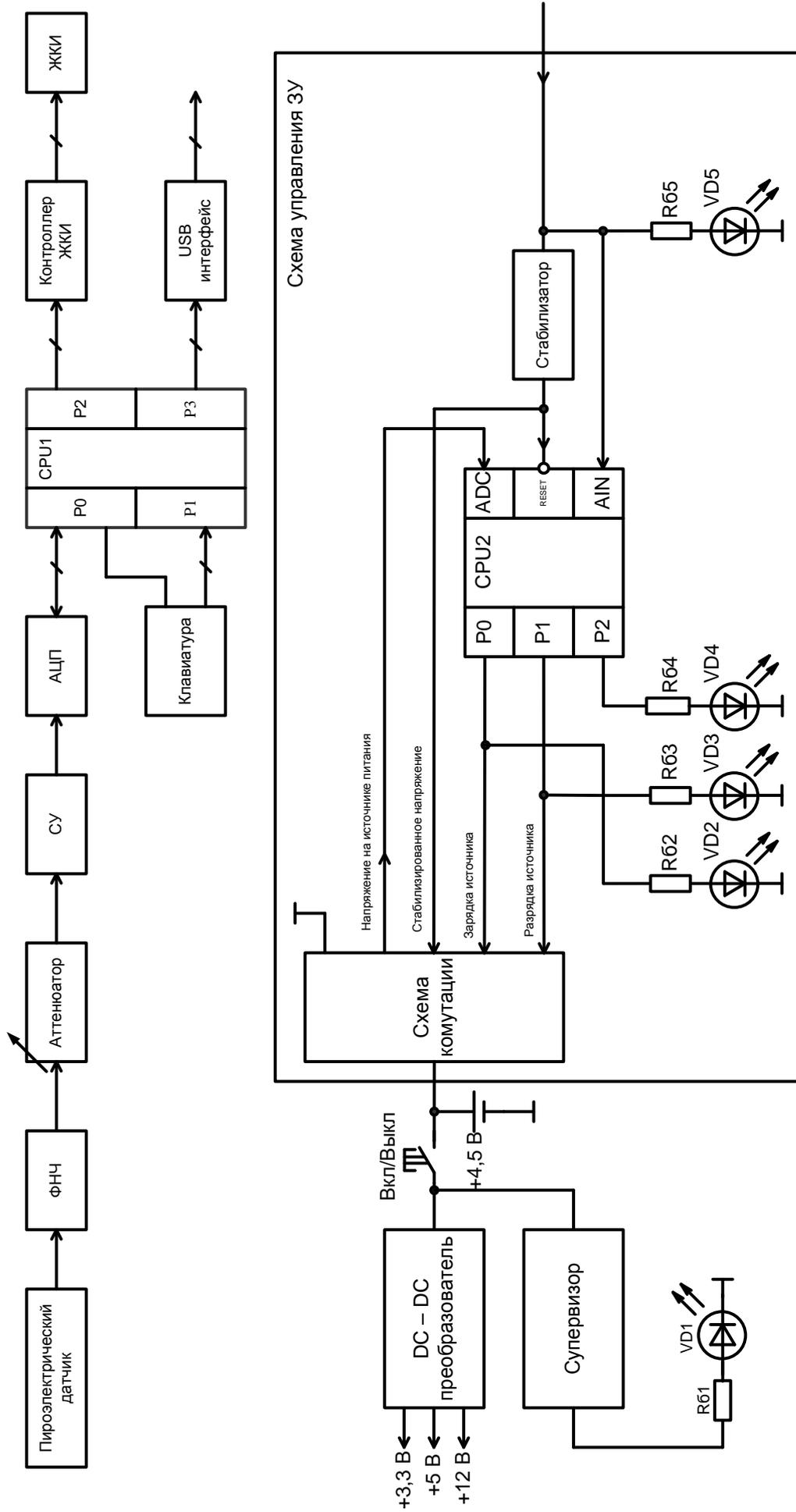


Рисунок 2.2 – Устройство бесконтактного измерения температуры. Схема функциональная.

| |
|--|
| Аналоговые выходы |
| <ul style="list-style-type: none">• 0-10В |
| Температура окружающей среды |
| -20°C - +70°C |
| Напряжение питания |
| <ul style="list-style-type: none">• 30В постоянного тока |
| Время отклика |
| <ul style="list-style-type: none">• 75мс |
| Тип объектива |
| <ul style="list-style-type: none">• Германиевая линза |
| Диапазон рабочих температур |
| <ul style="list-style-type: none">• 0°C-300°C |
| Номинальный постоянный рабочий ток |
| <ul style="list-style-type: none">• 100мА |
| Частота переключения |
| <ul style="list-style-type: none">• 20Гц |
| Индикатор рабочего напряжения |
| <ul style="list-style-type: none">• Светодиод зеленый |
| Индикация состояния переключения |
| <ul style="list-style-type: none">• Светодиод желтый |

Рисунок 2.3 - Технические характеристики датчика Banner Engineering M18TUP14Q.

Зависимость выходного напряжения от датчика от температуры объекта показана на рисунке 2.4. M18TUP14Q обладает линейностью 2 в диапазоне 0 ... 50 °C и 1 в диапазоне 50 ... 300 °C.

Вид и размеры датчика Banner Engineering M18TUP14Q изображены на рисунке 2.5.

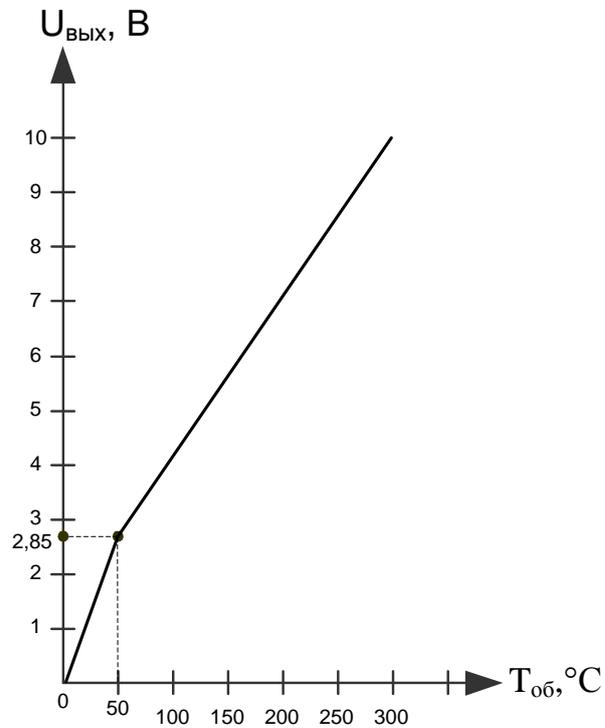


Рисунок 2.4 – Зависимость напряжения на выходе датчика от температуры объекта.

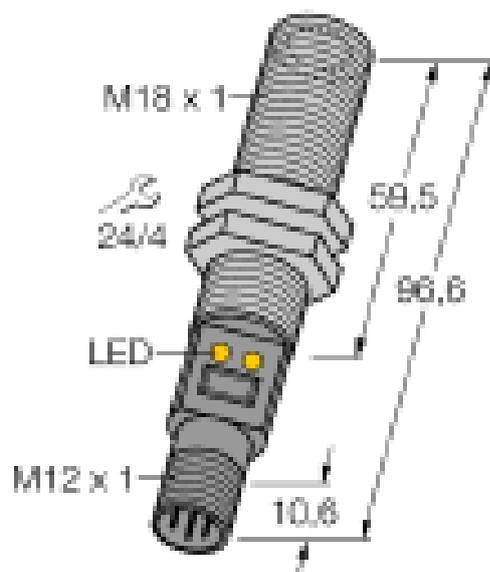


Рисунок 2.5 – Вид и размеры датчика Banner Engineering M18TUP14Q.

2.2.1.2 Выбора зарядного устройства

Элементы устройства питаются от батареи 4,5 В, используя DC-DC-преобразователь. Зарядное устройство представляет собой готовый нестабилизированный сетевой адаптер ВРН 12-03. Он необходим для питания электрического и радиооборудования с постоянным током. Технические характеристики сетевого адаптера ВРН 12-03 показаны на рисунке 2.6.

| | |
|--------------------------|-------------------------|
| Номинальное напряжение | • 220В переменного тока |
| Номинальный ток нагрузки | • 0,3А |
| Выходное напряжение | • 12В постоянного тока |
| Рабочая температура | • 10°С-35°С |

Рисунок 2.6 - Сетевой адаптер ВРН 12-03. Технические характеристики.

2.2.2 Выбор основных элементов принципиальной схемы устройства измерения температуры

2.2.2.1 Выбор управляющего микроконтроллера, осуществляющего преобразование выходного напряжения датчика в температуру объекта

В качестве контроллера, который преобразует выходное напряжение датчика в температуру объекта, выбран ATtiny13 - 8-битный AVR-микроконтроллер с 1 КБ внутренней программируемой флэш-памяти.

Интегральное исполнение ATtiny13 представлено на рисунке 2.7.

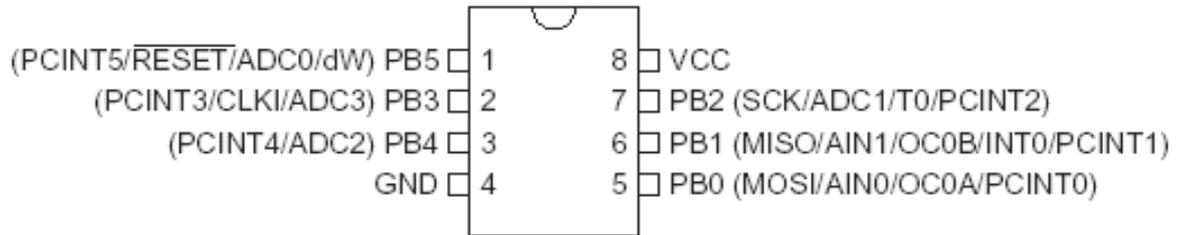


Рисунок 2.7 - Интегральное исполнение микроконтроллера ATtiny13.

Характеристики микроконтроллера ATtiny13 представлены на рисунке 2.8.

Блок- схема ATtiny13 представлена на рисунке 2.9.

32 регистра микроконтроллера непосредственно объединены с ALU, это дает возможность получения доступа к двум независимым регистрам при исполнении одной команды. Как результат, такая архитектура дает производительность в десятки раз больше, стандартной архитектуры CISC.

Устройство изготовлено с использованием высокотемпературной энергонезависимой памяти от Atmel. Встроенная ISP Flash дает возможность перепрограммирования памяти программы в системе посредством последовательного интерфейса SPI с помощью программы загрузчика, выполняемой в ядре AVR, или обычного программатора с энергонезависимой памятью.

Назначение выводов ATtiny13 приведено на рисунке 2.10.

2.2.2.2 Выбор микроконтроллера для управления зарядным устройством

Для этой цели выбран MAX3421E - USB контроллер с SPI интерфейсом.

Расположение выводов MAX3421E изображено на рисунке 2.11.

Основные характеристики микроконтроллера MAX3421E приведены на рисунке 2.12.

Области применения микроконтроллера MAX3421E представлены на рисунке 2.13.

Структурная схема микроконтроллера MAX3421E представлена на

рисунке 2.14.

| | |
|---|---|
| <p>Основные особенности</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Архитектура: RISC • Число команд: 120 • Регистры общего применения: 32 8 битных • Внутрисистемно программируемая Flash памяти программы: 1 КБ • Память программ и данных: Энергонезависимая • Циклы записи/стирания: 10000 • Внутрисистемно программируемая EEPROM память данных: 64 байта • Встроенная SRAM память (статическое ОЗУ): 64 байта |
| <p>Характеристики периферии</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Таймер/счетчик : Один 8- разрядный А • АЦП: 4 канальный 10 битный со встроенным ИОН • Сторожевой таймер: программируемый со встроенным генератором |
| <p>Специальные характеристики</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Встроенный отладчик debugWIRE • Внутрисистемное программирование через SPI порт • Внешние и внутренние источники прерывания • Режимы пониженного потребления Idle, ADC Noise Reduction и Power-down • Усовершенствованная схема формирования сброса при включении • Программируемая схема обнаружения кратковременных пропадания питания • Встроенный откалиброванный генератор |
| <p>Порты ввода - вывода</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 6 программируемых линий ввода-вывода |
| <p>Корпусное исполнение</p> | <ul style="list-style-type: none"> • PDIP и SOIC: 8 выводные |
| <p>Диапазон напряжения питания</p> | <ul style="list-style-type: none"> • «1.8 до 5.5 В» |
| <p>Потребление</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Активный режим: при частоте 1 МГц и напряжении питания 1.8В: 290 мкА • Режим пониженного потребления: при напряжении питания 1.8В: 0.5 мкА |
| <p>Производительность</p> | <ul style="list-style-type: none"> • При частоте задающего генератора 1 МГц: 1 MIPS |

Таблица 2.8 - Особенности микроконтроллера ATtiny13.

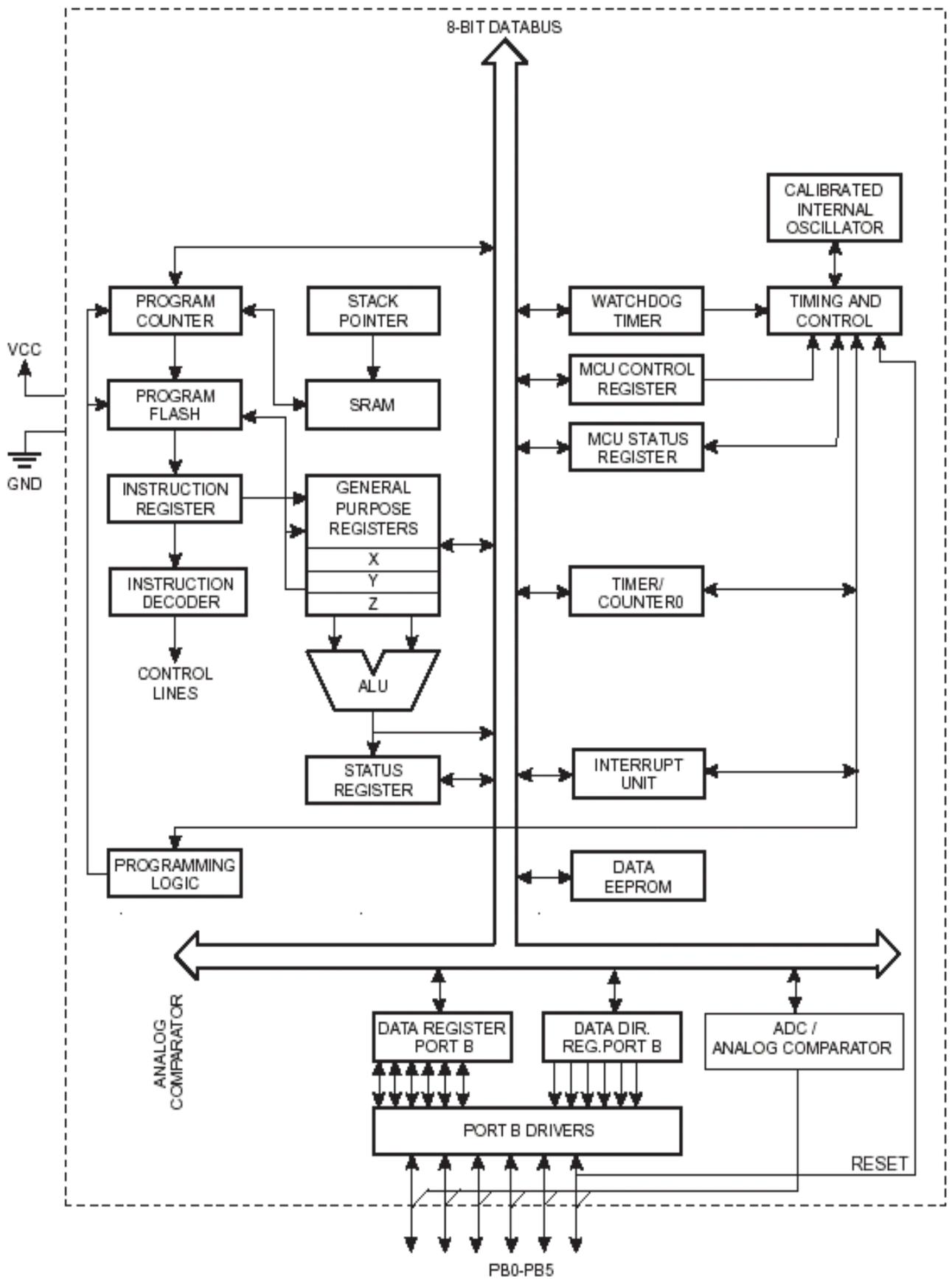


Рисунок 2.9 – Микроконтроллер ATtiny13. Блок-схема.

| | |
|-----|--|
| VCC | • Вывод цифрового напряжения питания |
| GND | • Земля |
| PB5 | • Сброс PIN-кода, отладка портов ввода/вывода, АЦП входного канала или прерывания |
| PB4 | • АЦП канал ввода или прерывания |
| PB3 | • АЦП входного канала, часы вход, или прерывания |
| PB2 | • таймер / счетчик часов вход, АЦП входного канала 0 или изменить PIN |
| PB1 | • Последовательный ввод данных, аналоговый компаратор отрицательный вход, выход сравнения и ШИМ |
| PB0 | • Последовательный вывод данных, аналоговый компаратор положительный вход, выход сравнения и ШИМ |

Рисунок 2.10 - Назначение выводов микроконтроллера ATtiny1.

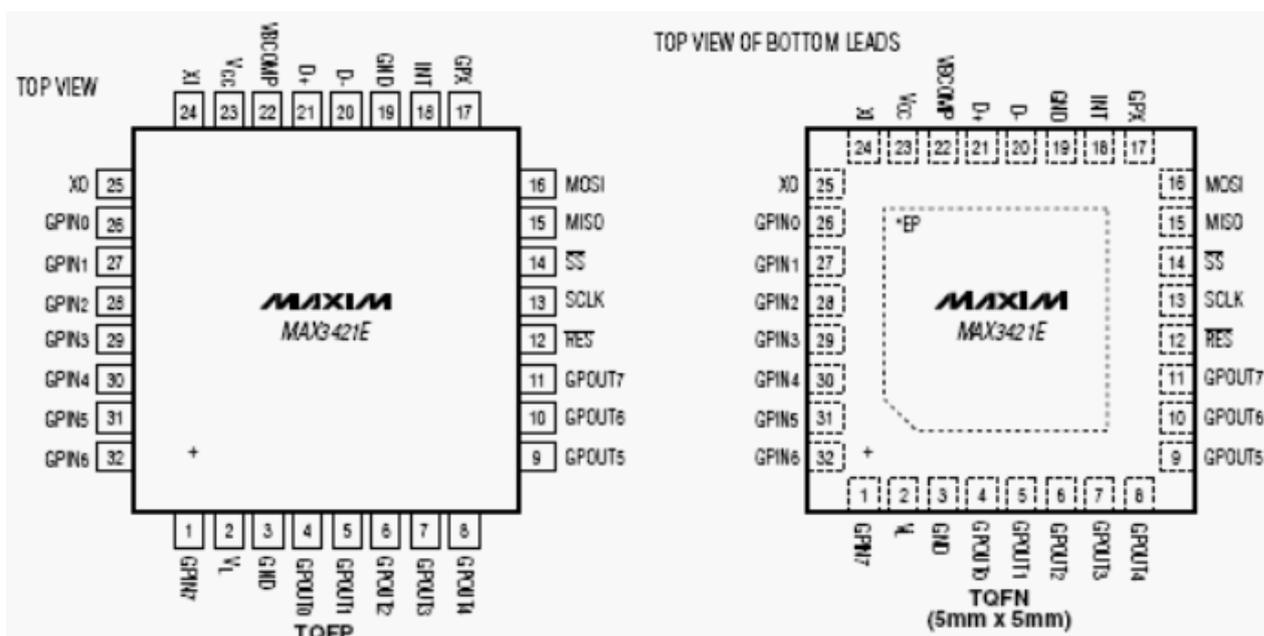


Рисунок 2.11 - Расположение выводов MAX3421E.

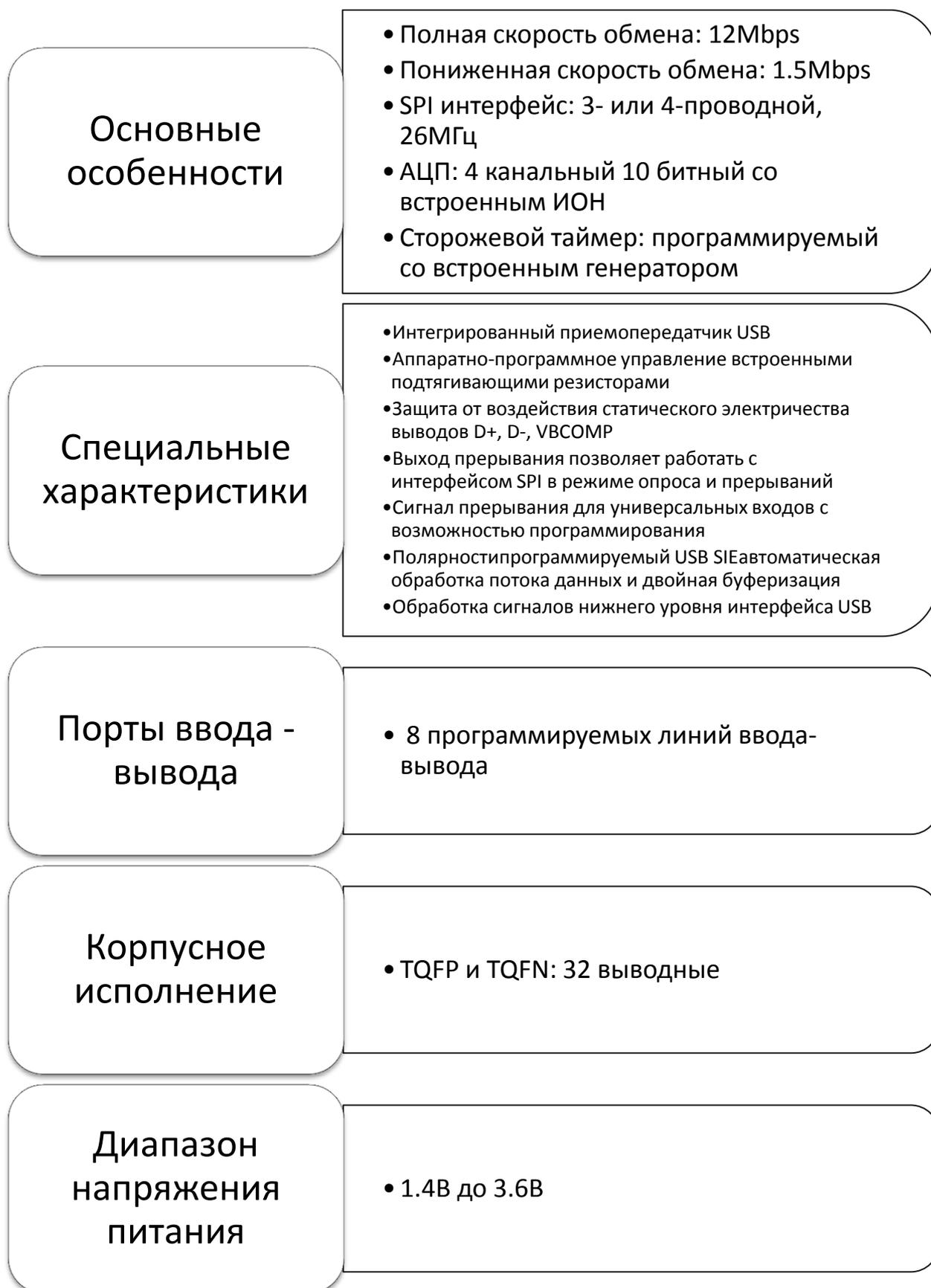


Рисунок 2.12 - Основные характеристики MAX3421E.

Назначение выводов MAX3421E приведено на рисунке 2.15.



Рисунок 2.13 - Области применения микроконтроллера MAX3421E.

2.2.2.3 Выбор аналого-цифрового преобразователя

В качестве АЦП взяли AD7478 - 8 бит 1 MSPS ADC в 6-контактном SOT-23 корпусе. Характеристики АЦП AD7478 приведены на рисунке 2.16.

Основные области применения АЦП AD7478 приведены на рисунке 2.17.

Функциональная схема AD7478 изображена на рисунке 2.18.

Расположение выводов AD7478 представлено на рисунке 2.19.

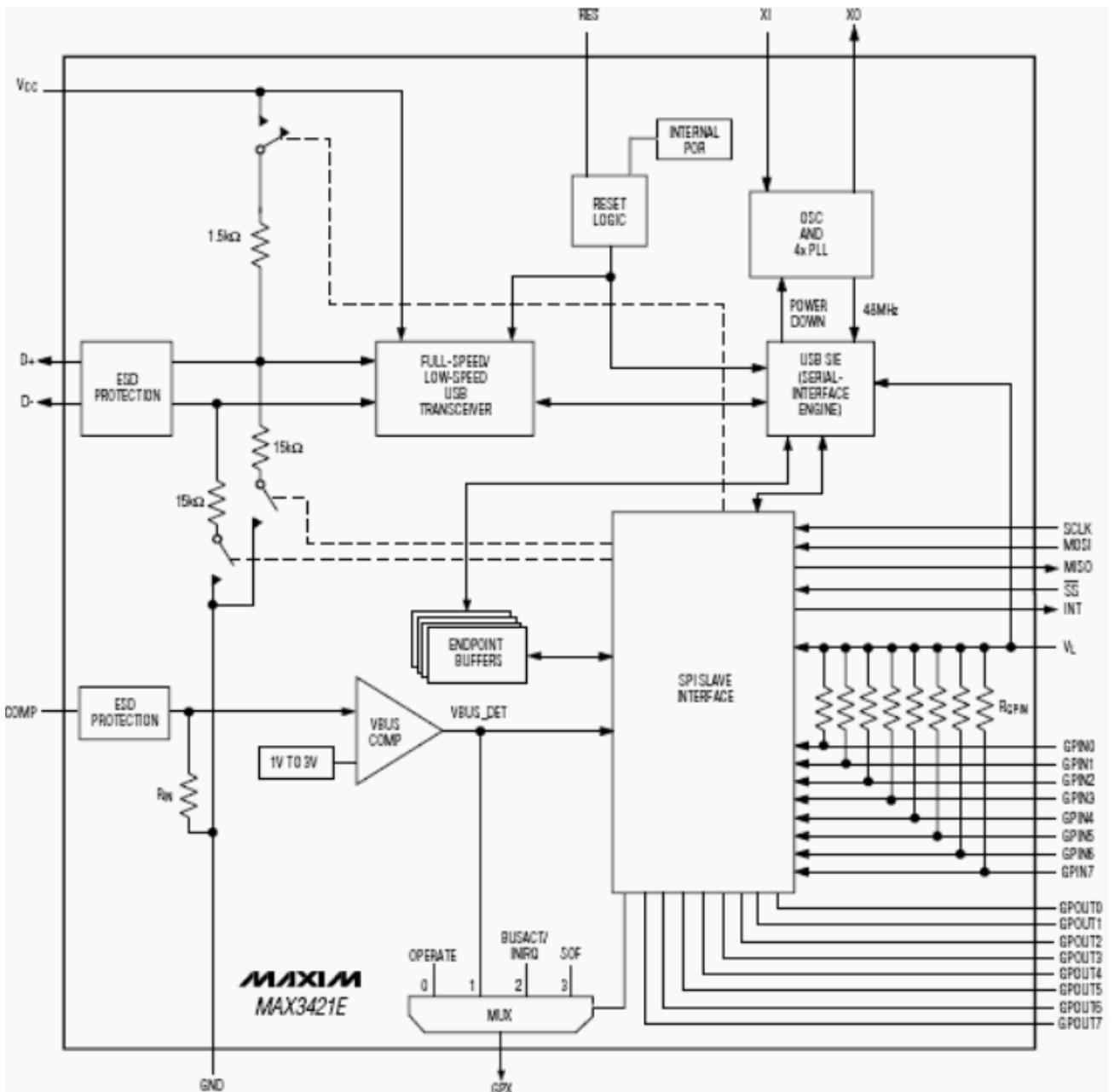


Рисунок 2.14 - Структурная схема MAX3421E.

При изготовлении AD7478 применяются современные технологические методы для минимизации энергопотребления при высокой производительности.

Опорное напряжение для преобразователя формируется внутри устройства от напряжения питания. Это дает возможность АЦП обладать самым широким динамическим диапазоном от 0 до напряжения питания. Скорость преобразования устанавливается частотой тактовых импульсов, которые подаются на вход SCLK.

| | |
|----------------|---|
| GPIN7 | • Входы общего назначения |
| V_L | • Уровень-переводчик входного напряжения |
| GND | • Земля |
| GPOUT0- GPOUT7 | • Выходы общего назначения |
| -RES | • Устройство сброса. Подается низкий уровень напряжения, чтобы очистить все внутренние регистры, за исключением PINCTL (R17), USBCTL (R15) и SPI логики |
| SCLK | • Вход для внешнего тактового сигнала |
| -SS | • Логика ссылки на напряжение V_L |
| MISO | • Master-Slave-B Out |
| MOSI | • Master-Slave-Out In |
| GPX | • Мультиплексный Push-Pull выход. Внутренний сигнал MAX3421E, который появляется на GPX программируется путем записи в GPXB и GPXA бит PINCTL (R17) и регистр |
| INT | • Прерывание вывода |
| D- | • Выход USB сигнала |
| D + | • Выход USB сигнала |
| VBCOMP | • Внутренне связан с компаратором напряжения |
| V_{CC} | • Подача входного напряжения |
| XI | • Вход кварцевого генератора |
| XO | • Выход кварцевого генератора |
| GPIN0- GPIN6 | • Входы общего назначения |

Рисунок 2.15 - Назначение выводов MAX3421E.

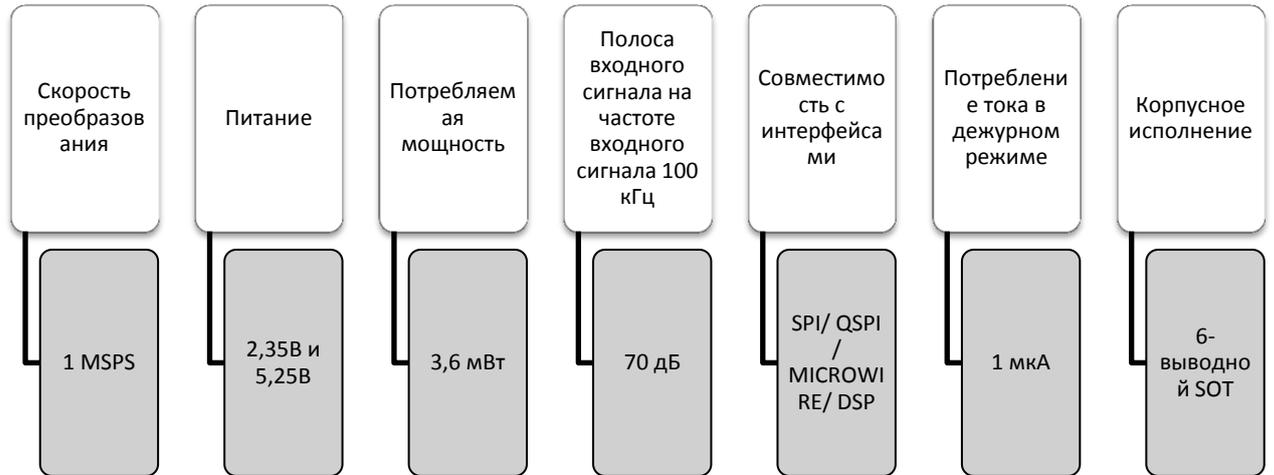


Рисунок 2.16 - Характеристики АЦП AD7478.

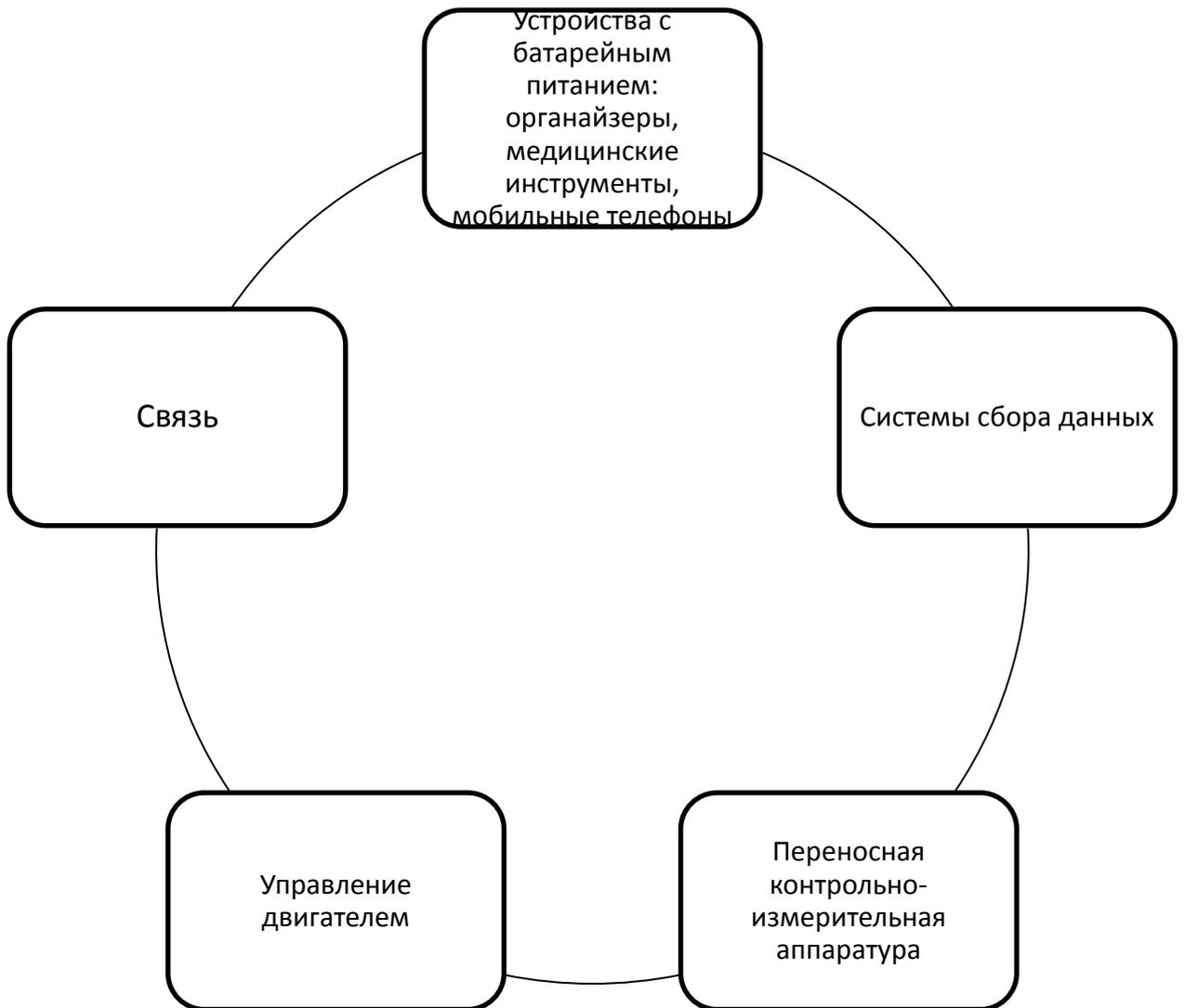


Рисунок 2.17 – Основные области применения АЦП AD7478.

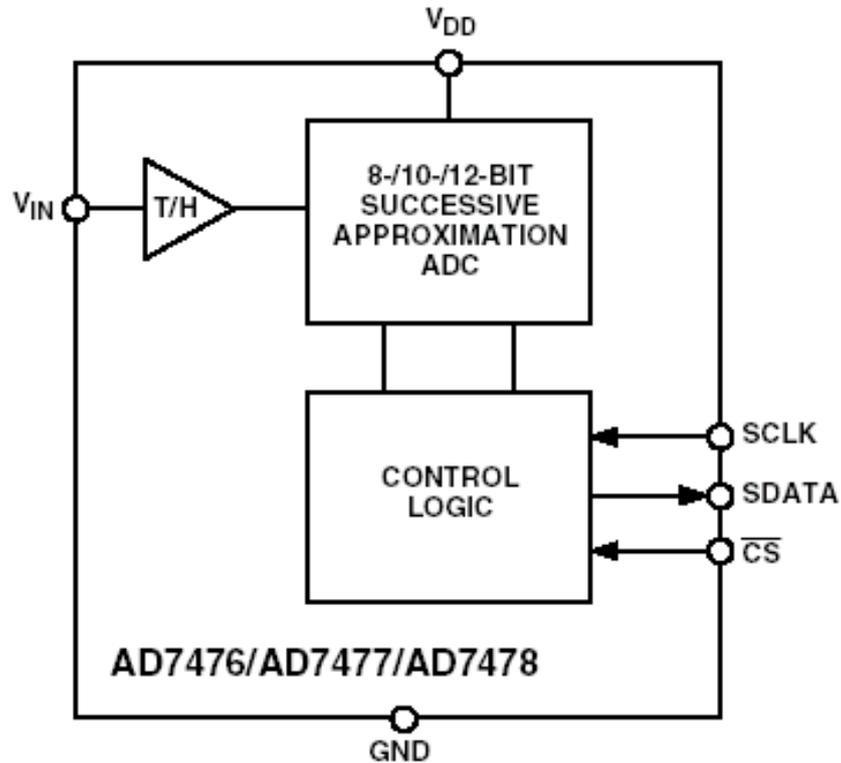


Рисунок 2.18 - Функциональная схема AD7478.

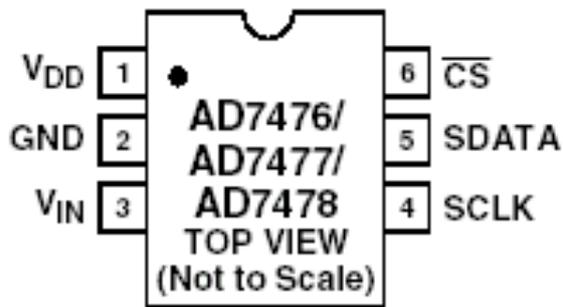


Рисунок 2.19 - Расположение выводов микросхемы АЦП AD7478.

2.2.2.4 Выбор микросхемы регулятора напряжения

В качестве регулятора напряжения выбрали MC78L00A.

Как регулятор напряжения мы выбираем стабилизаторы напряжения MC78L00A - недорогое, простое в применении устройство, подходящее для различных применений, для которых требуется регулируемая скорость подачи до 100 мА. Эти регуляторы имеют значительные преимущества перед традиционными стабилизаторами резисторами.

Особенности регулятора MC78L00A приведены на рисунке 2.20.



Рисунок 2.20 - Особенности регулятора MC78L00A.

Структурная схема регулятора напряжения MC78L00A представлена на рисунке 2.21, расположение выводов MC78L00A - на рисунке 2.22, технические характеристики – на рисунке 2.23.

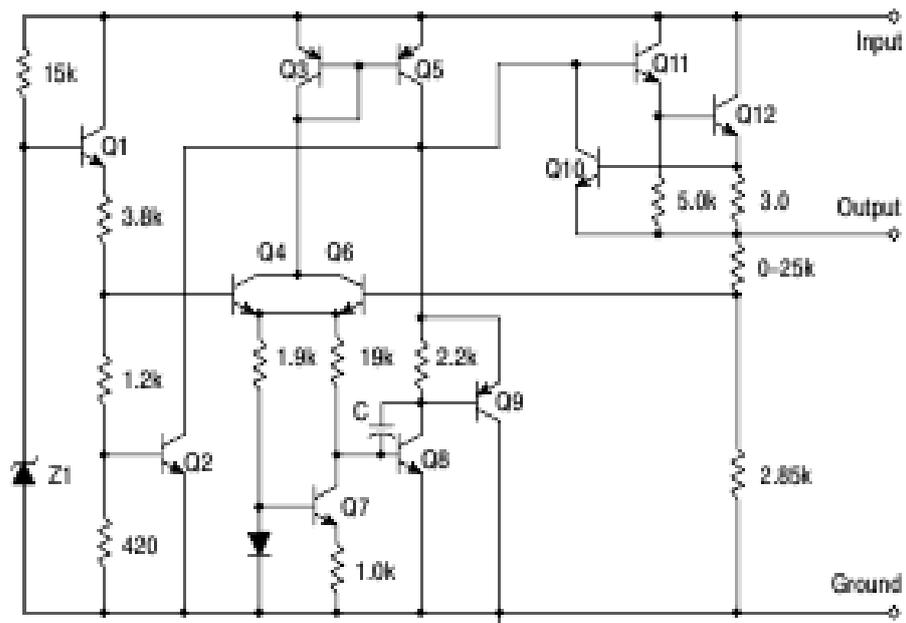


Рисунок 2.21 - Структурная схема регулятора напряжения MC78L00A.

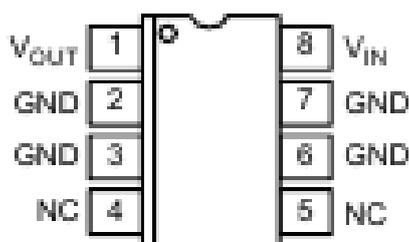


Рисунок 2.22 - Расположение выводов микросхемы регулятора напряжения MC78L00A.

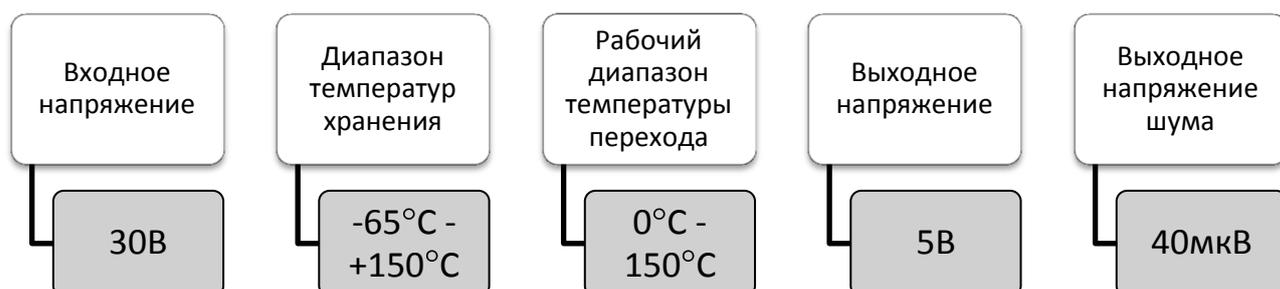


Рисунок 2.23 - Технические характеристики регулятора напряжения MC78L00A.

2.2.2.5 Выбор операционных усилителей

Выбираем операционные усилители OP262 и AD8628.

Расположение выводов операционного усилителя OP262 изображено на рисунке 2.24, Структурная схема усилителей показана на рисунке 2.25, а их технические характеристики представлены на рисунке 2.26.

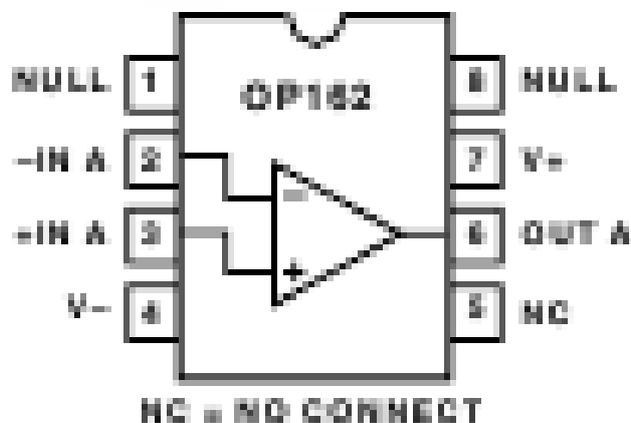


Рисунок 2.24 – Расположение выводов операционного усилителя OP262.

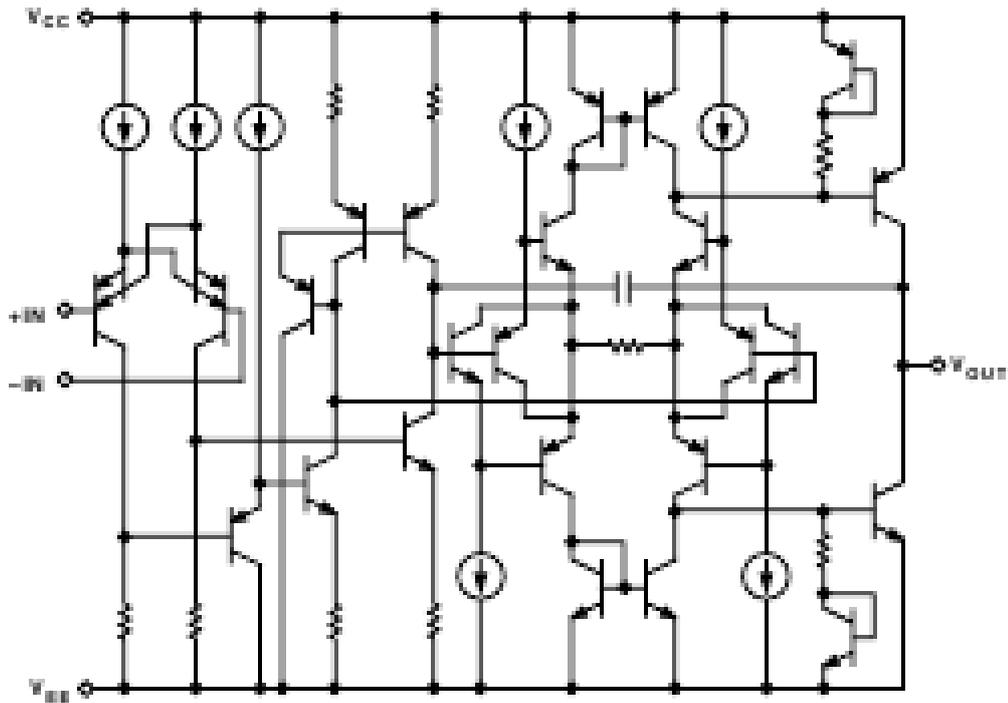


Рисунок 2.25 - Структурная схема операционного усилителя OP262.

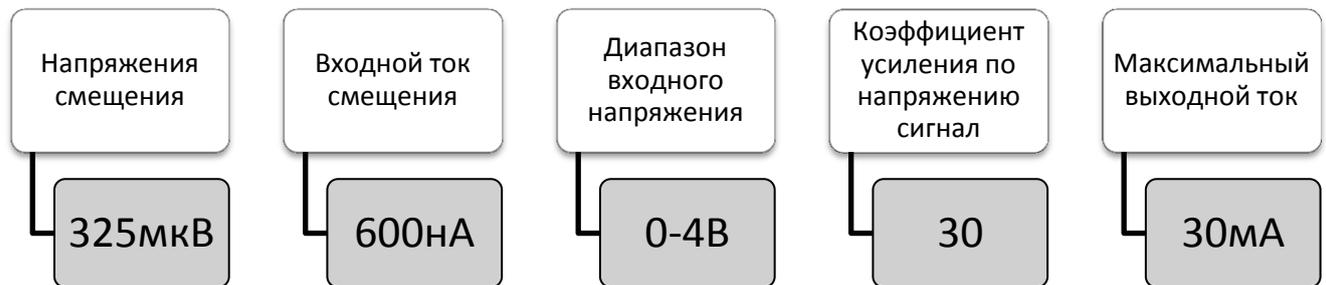


Рисунок 2.26 - Технические характеристики операционного усилителя OP262.

Особенности OP262 и AD8628 приведены на рисунке 2.27.

Области применения операционных усилителей OP262 и AD8628 представлены на рисунке 2.28.

AD8628 является малошумящим операционным усилителем с нулевым дрейфом, однополярной мощностью и колебаниями входных/выходных сигналов, которые ограничиваются напряжением питания.

Полная функциональность гарантируется в диапазоне однополярных напряжений питания от 2,7 В до 5 В (от биполярного источника питания от 1,35 до 2,5 В).

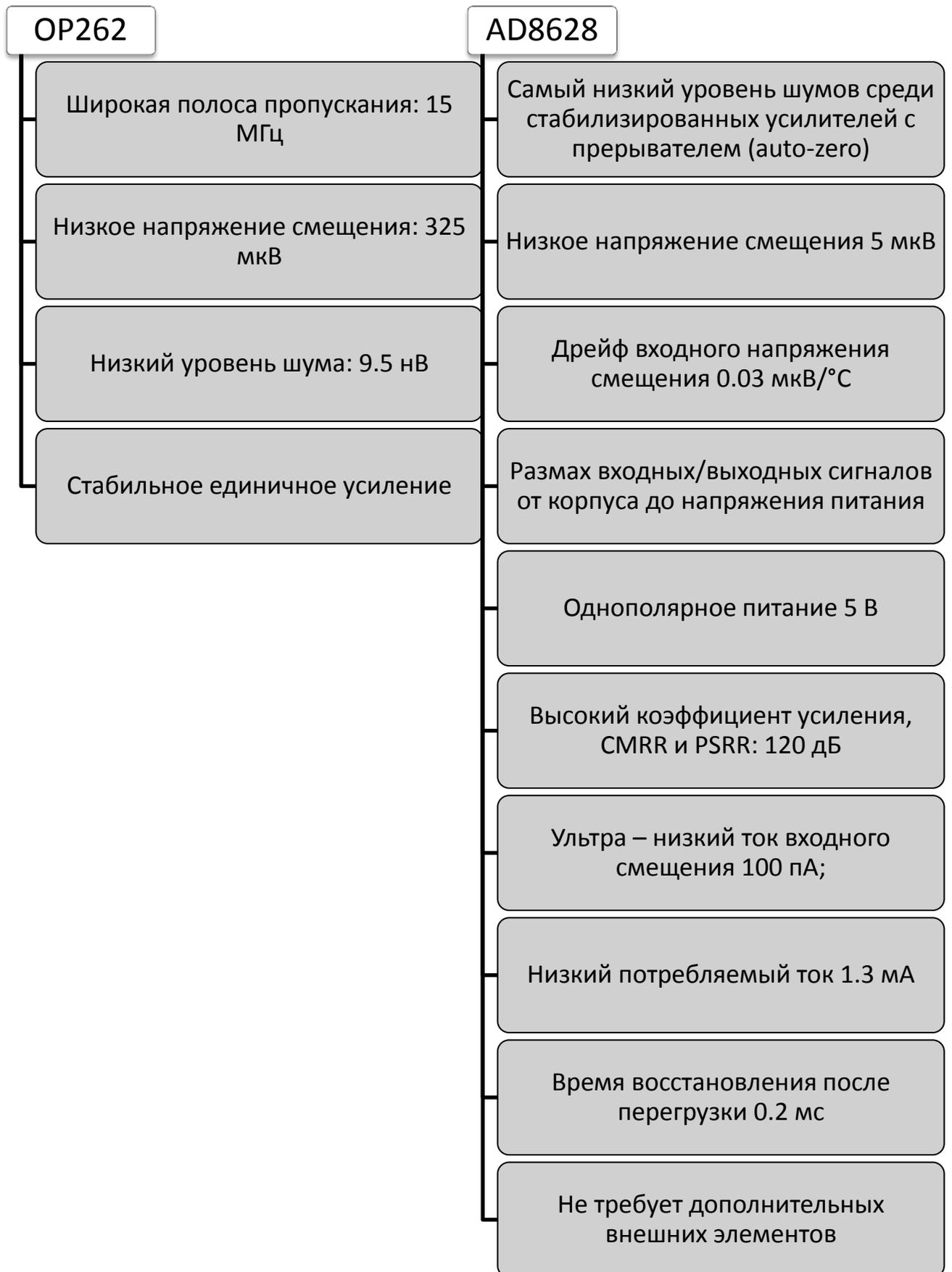


Рисунок 2.27 – Особенности операционных усилителей OP262 и AD8628.



Рисунок 2.28 - Области применения операционных усилителей OP262 и AD8628.

AD8628 имеет параметры, которые ранее имели дорогостоящие стабилизированные усилители содержащие прерыватели. Используя новую топологию Analog Devices, эти усилители с нулевым дрейфом обеспечивают точные параметры и низкий уровень шума при низкой стоимости (без внешних конденсаторов). Кроме того, AD8628 значительно уменьшил уровень шумов цифрового переключения, присущих большинству стабилизированных усилителей с помощью выключателя.

При напряжении смещения 1 мкВ гр (0 Гц ... 10 Гц) AD8628 безупречно подходит для приложений, которые не допускают ошибок измерения.

Расположение выводов AD8628 приведено на рисунке 2.29.

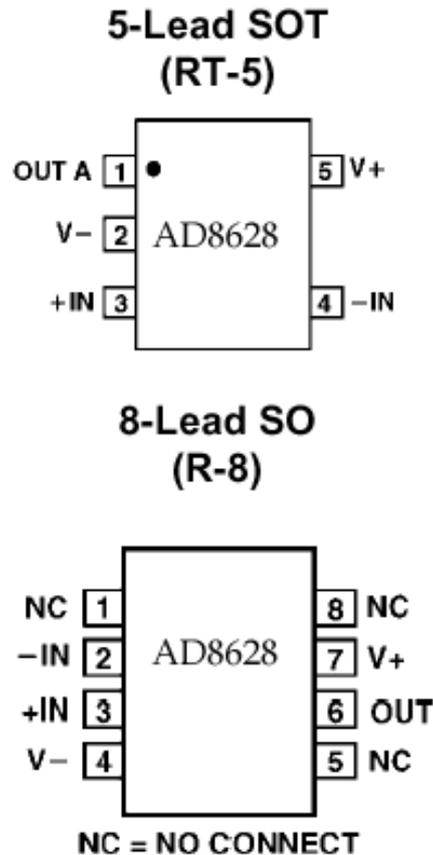


Рисунок 2.29 - Расположение выводов микросхемы AD8628.

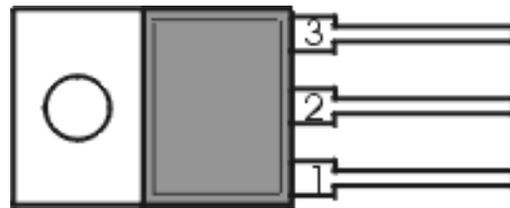
2.2.2.6 Выбор стабилизатора напряжения

Выбран стабилизатор положительного напряжения с регулировкой KR142EN12.

Микросхема KR142EN12 представляет собой регулируемый трехпозиционный стабилизатор напряжения для устройств с током до 1,5А в диапазоне напряжений от 1,2 В до 37 В. KR142EN12А выполнен в стандартном транзисторном корпусе, что позволяет легко устанавливать его на печатной плате.

Для достижения высокого коэффициента подавления пульсации регулирующий вход может быть отключен емкостью. В дополнение к тем случаям, когда используются фиксированные стабилизаторы, KR142EN12А находит применение в широком спектре других применений.

Расположение выводов стабилизатора KP142EN12А приведено на рисунке 2.30.



1 Регулирование

2 Выход

3 Вход

Рисунок 2.30 - Расположение выводов микросхемы стабилизатора напряжения KP142EN12A.

Основные характеристики выводов микросхемы стабилизатора напряжения KP142EN12A приведены на рисунке 2.31.

Предельные параметры указаны на рисунке 2.32. Стандартная схема подключения KP142EN12A приведена на рисунке 2.33.



Рисунок 2.31 - Основные характеристики выводов микросхемы стабилизатора напряжения KP142EN12A.

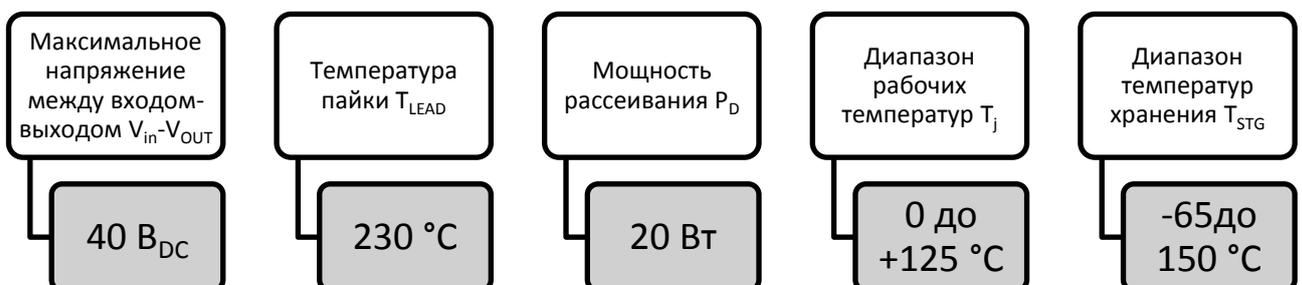


Рисунок 2.32 - Предельные параметры KP142EN12A.

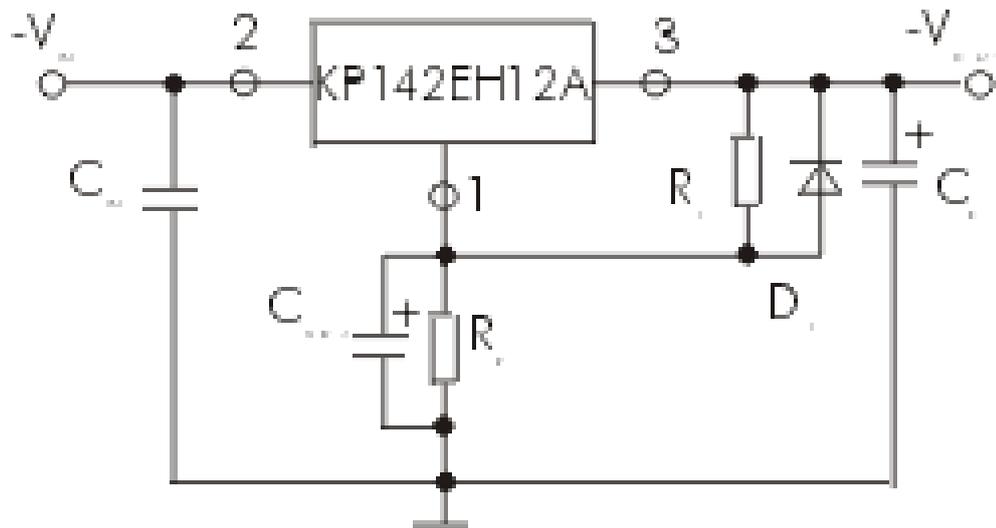


Рисунок 2.33 - Стандартная схема подключения KP142EH12A.

2.2.2.7 Выбор преобразователей

Выбираем DC-DC преобразователь RW0505S.

Назначение и расположение выводов RW0505S изображено на рисунке 2.34.



Рисунок 2.34 - Назначение и расположение выводов DC-DC преобразователя RW0505S.

2.2.3 Расчет технических характеристик устройства удаленного измерения температуры

2.2.3.1 Фильтр низких частот

В устройстве фильтр осуществляет функцию фильтрации помех. Применен пироэлектрический датчик Banner Engineering M18TUP14Q, время отклика датчика составляет 75 мс, значит частота среза ФНЧ составляет:

$$f_c = \frac{1}{T_{отк}} = \frac{1}{75 \cdot 10^{-3}} \approx 15 \text{ Гц.} \quad (2.1)$$

Величина частоты гарантированного затухания ФНЧ считается равной

1 кГц. В качестве приближенной передаточной функции возьмем чебышевское приближение. Затем определяется порядок фильтра:

$$n \geq \frac{0,301 + 0,5 \lg\left(\frac{10^{0,1a_s} - 1}{10^{0,1a_c} - 1}\right)}{\lg\left(f_s / f_c + \sqrt{f_s^2 / f_c^2 - 1}\right)} = \frac{0,301 + 0,5 \lg\left(\frac{10^{0,1 \cdot 40} - 1}{10^{0,1} - 1}\right)}{\lg\left(1000 / 15 + \sqrt{1000^2 / 15^2 - 1}\right)} = 1,1 \quad (2.2)$$

где:

a_s – гарантированное затухание, $a_s = 40$ дБ;

a_c – неравномерный отклик фильтра в полосе пропускания, $a_c = 1$ дБ.

Мы округляем порядок фильтра, полученного при расчетах, до ближайшего большего целого числа. По таблице полюсов эквивалентной функции, аппроксимирующей частотную характеристику, мы ищем координаты полюсов для значения неравномерности амплитудно-частотной характеристики в полосе пропускания 1 дБ.

$$p_{1,2} = -0,549 \pm j0,895.$$

Вычисляем нормированные собственные частоты полюсов, а также их Q-факторы:

$$\Omega_{1,2} = \sqrt{c_1^2 + \omega_1^2} = \sqrt{(-0,549)^2 + (0,895)^2} = 1,05, \quad (2.3)$$

$$Q_{1,2} = \frac{\Omega_{1,2}}{|2c_{1,2}|} = \frac{1,05}{|2 \cdot -0,549|} = 0,956. \quad (2.4)$$

Переходим к физически реализуемому фильтру:

$$f_{n1,2} = \Omega_{1,2} f_c = 1,05 \cdot 15 \approx 16. \quad (2.5)$$

Основываясь на коэффициенте качества и порядке фильтрации, мы вычисляем активную связь с Т-мостом, показанным на рисунке 2.35.

Пусть $C_1 = C_2 = 3300$ пФ и $R_1 = R_2$ тогда

$$R_{1,2} = \frac{1}{2\pi f_n C_{1,2}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 16 \cdot 3300 \cdot 10^{-12}} = 3015 \text{ Ом}, \quad (2.6)$$

$$K = 3 - \frac{1}{Q_n} = 3 - \frac{1}{0,956} = 2,04. \quad (2.7)$$

Сопротивления R_1 и R_2 округляются до ближайшего значения из ряда E24 равное 3 кОм.

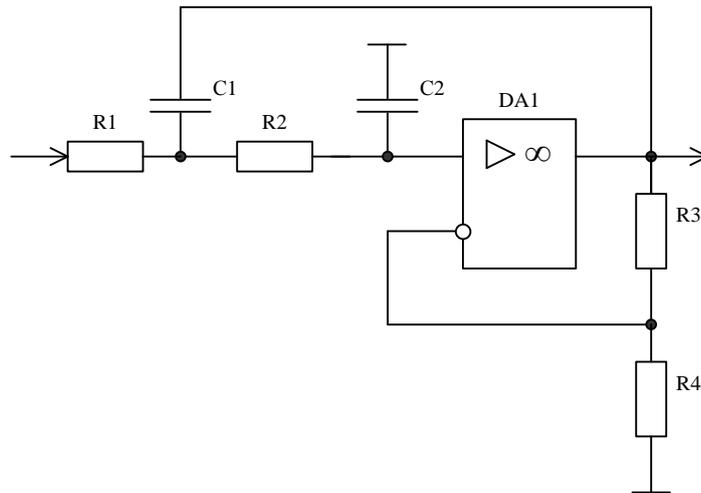


Рисунок 2.35 – Фильтр низких частот второго порядка.

Пусть R_3 равно 10кОм, тогда определяется значение R_4 :

$$R_4 = \frac{R_3}{K - 1} = \frac{10^4}{2,04 - 1} = 9,54 \text{ кОм.} \quad (2.8)$$

Сопротивление R_4 округляется до ближайшего значения из ряда E24 равное 10 кОм.

2.2.3.2 Выбор токоограничивающих резисторов

VD3 ... VD6, VD9 – это светодиоды, которые работают от токов от 3 мА до 20 мА.

Выходное напряжение на элементах DD1, DA2, DA5 составляет 5 В. Полагаем, что напряжение на светодиоде 2 В. Тогда, минимальный ток 5 мА будет течь через ограничительный резистор, а напряжение на нем составляет 3 В. Значит значение резистора определим по закону Ома:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{3}{5 \cdot 10^{-3}} = 600 \text{ Ом.} \quad (2.9)$$

Выбираем ближайший номинал - E24, 620 Ом.

Диод VD4 подключен к напряжению 12 В. Напряжение на ограничительном резисторе R14 составляет 10 В. Затем, согласно закону Ома:

$$R_{14} = \frac{U}{I} = \frac{10}{5 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ кОм.}$$

Мы выбираем ближайший номинальный - E 24.2 кОм.

2.2.3.3 Расчет элементов схемы управления зарядным устройством

Микроконтроллер Atmel AVR ATiny13 (DD1) включает встроенный компаратор и аналого-цифровой преобразователь. Внутренний источник напряжения с номиналом 1,1 В применен в качестве источника опорного. Порог срабатывания аналогового компаратора задает делитель напряжения на резисторах R4, R5. Напряжение питания в норме, если напряжение на входе стабилизатора MC78L05 (DA1) будет не менее 7,5 В. Тогда, коэффициент передачи делителя напряжения R4-R5 равен:

$$K_u = \frac{U_{\text{оп}}}{U_{\text{зymin}}} = \frac{1,1}{7,5} = 0,147. \quad (2.10)$$

Возьмем сопротивление R5, равное 10 кОм. Затем определяется сопротивление R4:

$$R_4 = \frac{R_5}{K_u} - R_5 = \frac{10^4}{0,147} - 10^4 \approx 58 \text{ кОм.} \quad (2.11)$$

Используя стандартную серию, выберем ближайший номинальный - E24, 56 кОм.

Коэффициент передачи делителя напряжения R9-R12 равен при $U_{\text{ип}} = 4,5 \text{ В}$ и $U_{\text{оп}} = 1,1 \text{ В}$:

$$K_u = \frac{U_{\text{оп}}}{U_{\text{ип}}} = \frac{1,1}{4,5} \approx 0,25. \quad (2.12)$$

Принимаем сопротивление R9 - 10 кОм. Затем вычисляем сопротивление R4, согласно (2.13):

$$R_{12} = \frac{R_9}{K_u} - R_9 = \frac{10^4}{0,25} - 10^4 = 30 \text{ кОм.} \quad (2.13)$$

Используя стандартную серию, выберем ближайший номинал - E24, 30 кОм.

Резистор R16 обуславливает ток зарядки и рассчитывается по формуле:

$$R_{16} = \frac{1,25}{I} = \frac{1,25}{0,2} = 7,5 \text{ Ом.}$$

Используя стандартную серию, выберем ближайший номинал - E24, 7,5 Ом.

2.2.3.4 Расчет аттенюатора и согласующего устройства

Напряжение подается на АЦП с выхода пирозлектрического датчика посредством фильтра, аттенюатора и согласующего устройства. Максимальное выходное напряжение датчика Banner Engineering M18TUP14Q составляет 10 В. Чип DD3 является 8-разрядным АЦП AD7478. Он функционирует от однополярного источника питания + 5 В. Максимальное входное напряжение АЦП равно 5 В. Тогда коэффициент затухания ослабления вычисляется в соответствии с (2.14):

$$K_{AT} = U_{\text{АЦПвх}} / U_{\text{Двух}} = 5/10 = 0,5. \quad (2.14)$$

R11 примем равным 10 кОм. Тогда R10 составит:

$$R_{10} = \frac{R_{11}}{K_u} - R_{11} = \frac{10^4}{0,5} - 10^4 = 10 \text{ кОм.} \quad (2.15)$$

Используя стандартную серию, выберем ближайший номинал - E24, 10 кОм.

Повторитель напряжения применяется для соответствия выходному сопротивлению датчика и входному сопротивлению АЦП. АЦП имеет полосу пропускания 100 кГц с отношением сигнал-шум 70 дБ. Чтобы избежать дополнительных ошибок, DA3 прецизионное устройство возбуждения используется как DA3.

2.3 Алгоритмы работы микроконтроллеров устройства бесконтактного измерения температуры

2.3.1 Алгоритм работы микроконтроллера, который преобразует выходное напряжение с датчика в температуру объекта

Нажмите кнопку «Измерение», которая подключена к порту контроллера P1. Затем микроконтроллер через порт P0 проверяет сигнал готовности ADC. Если поступит сигнал «Готовность», код из порта P0 будет

записан на батарею (А) микроконтроллера.

Затем следует процедура сравнения кода в батарее и кода, соответствующего напряжению на выходе датчика при температуре измеряемого тела 50 °С. По результатам сравнения соответственные значения температуры и напряжения должны быть помещены в регистр Rn. Если результат сравнения будут положительными, то предполагается, что температуры: T1 = 0 ° С и T2 = 50 ° С, если результат сравнения будет отрицательный, температуры будут: T1 = 50 ° С и T2 = 300 ° С. Затем микроконтроллер пересчитывает значение кода, полученное из АЦП, в значение температуры объекта, используя формулу:

$$T_i = (U_i - U_1) / (U_2 - U_1) \cdot (T_2 - T_1) + T_1; \quad (2.16)$$

где:

U_i – значение кода, принятого с АЦП;

T_i – температура объекта.

Теперь мы получим код, соответствующий температуре объекта, перейдем к схеме управления интерфейсом LCD и USB, это делается через порты P2, P3.

Следующий шаг - записать значения кода из порта P1 в аккумулятор микроконтроллера.

Если нажать кнопку «Стоп», значения рассчитанной температуры объекта будут на портах P2, P3. Если кнопка «Стоп» не нажата, на АЦП поступает сигнал неисправности, который инициирует повторение цикла измерения температуры.

Структурная схема алгоритма работы микроконтроллера, который преобразует выходное напряжение датчика в температуру объекта, показана на рисунке 2.36.

2.3.2 Алгоритм работы микроконтроллера, для управления зарядным устройством

Управление зарядным устройством осуществляет микроконтроллер CPU2. Состояние источника питания находится под контролем аналогового

компаратора, который подключается к контроллеру через вывод AIN.

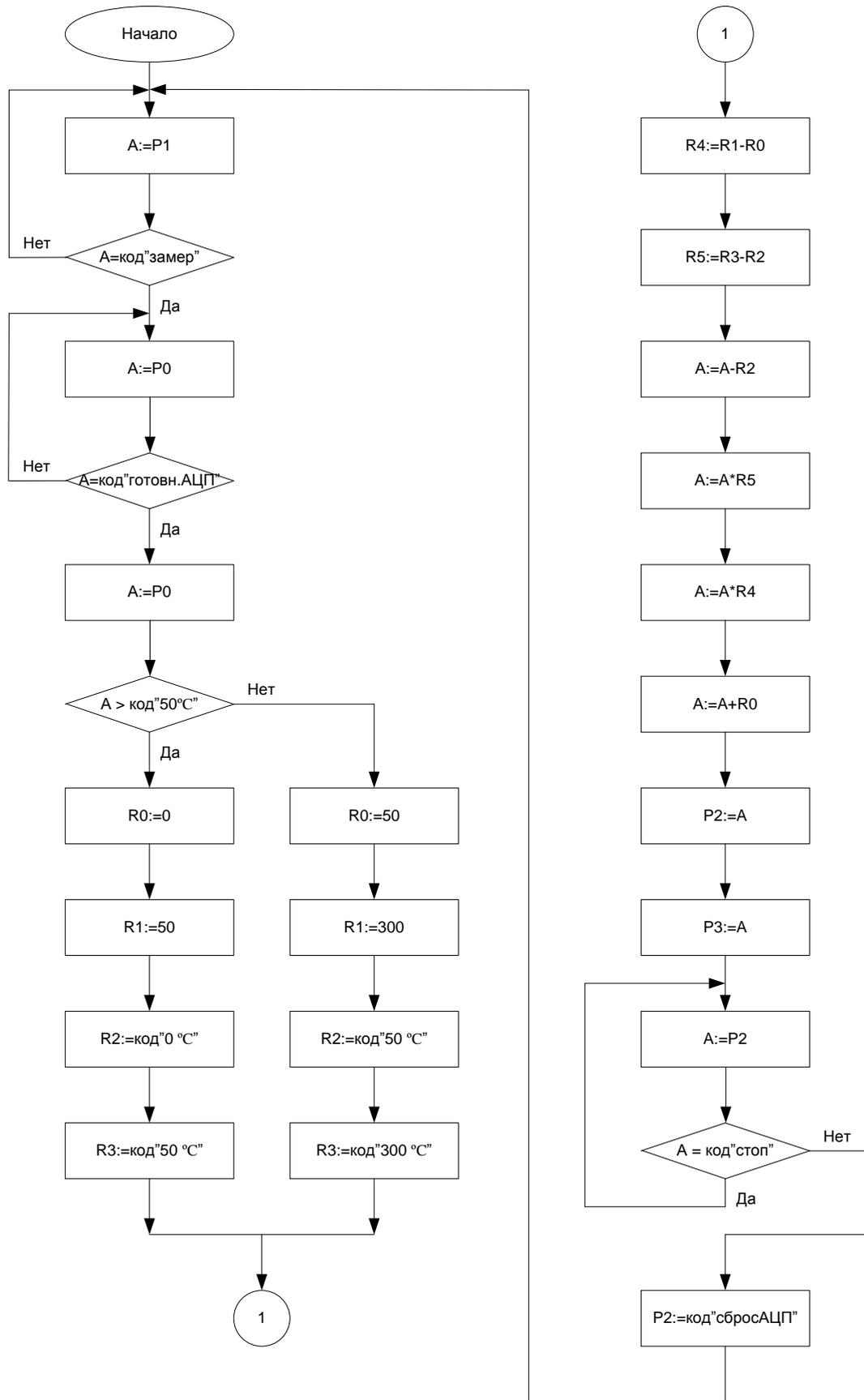


Рисунок 2.36 – Структурная схема алгоритма работы

микроконтроллера, который преобразует выходное напряжение датчика в температуру объекта.

Напряжение на батарее можно изменить с помощью АЦП, который подключается к контроллеру через контакт АЦП. Высокий уровень на порту P0 отвечает зарядке аккумулятора. Высокий уровень на порту P1 отвечает началу разряда батареи. В конце заряда аккумулятора сигнал будет отправлен на порт P2.

Рассмотрим алгоритм микроконтроллера (CPU2). Блок-схема алгоритма работы микроконтроллера (MC) показана на рисунке 2.37.

После подачи питания микроконтроллер инициализирует порт ввода-вывода, таймер, компаратор и АЦП. Напряжение питания проверяется. Затем измеряется напряжение на батарее, это делается для проверки наличия батареи в зарядном устройстве.

Здесь алгоритм разделен на 2 схемы: если батарея уже установлена в зарядном устройстве, работа будет продолжаться в соответствии с тем, что было записано в память МК (заряд пошел, заряд продолжился, разрядка пошла бы - разряд продолжится). Если аккумулятор не установлен, активируется цепь разряда батареи.

Светодиод VD5 загорается, когда устройство инициализировано. Светодиод VD3 - когда аккумулятор разряжен, VD2 - когда разрядная цепь отключена и устройство хранения включено. Светодиод VD4 начинает светиться при зарядке аккумулятора.

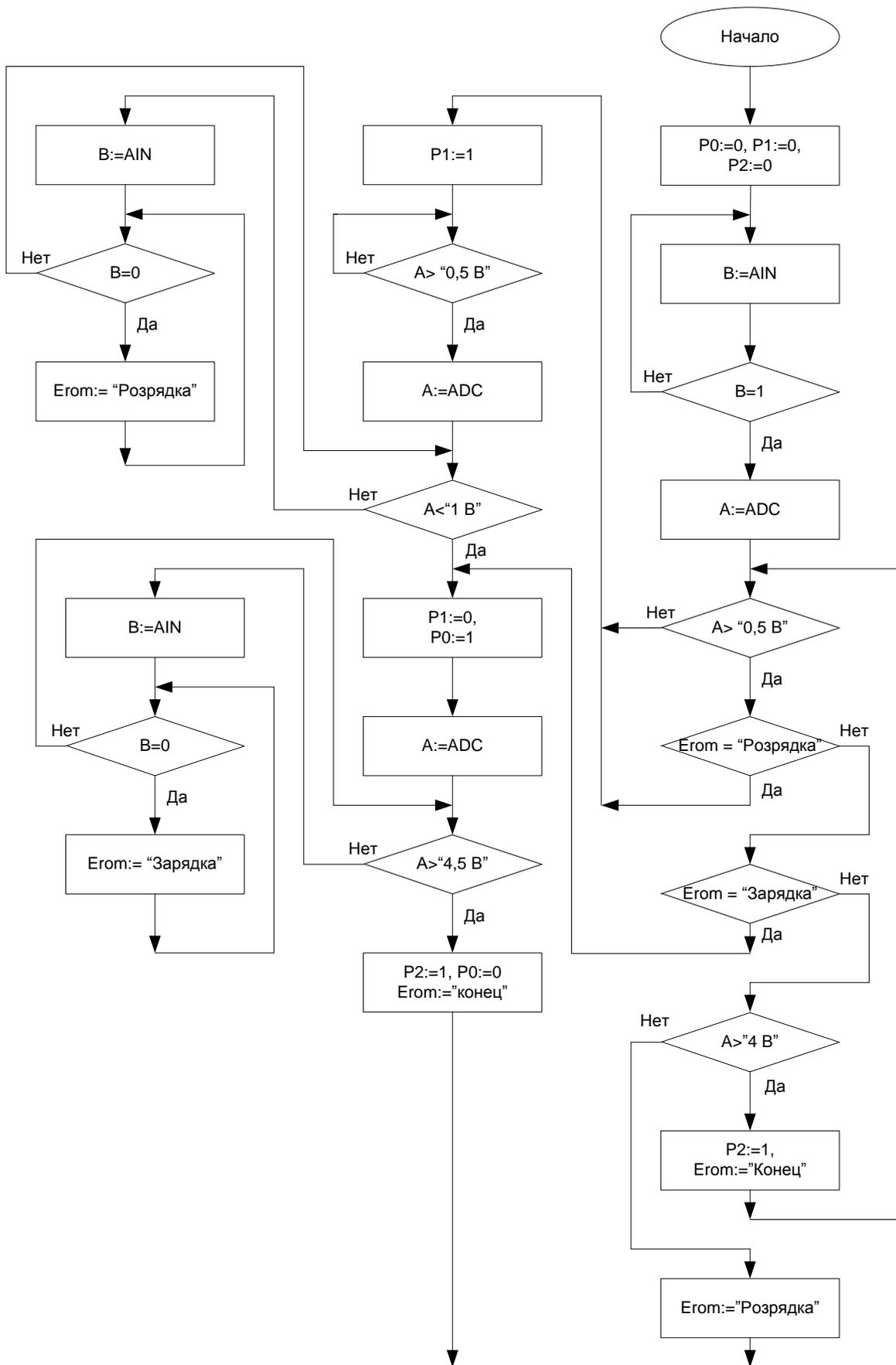


Рисунок 2.37– Блок-схема алгоритма микроконтроллера, для управления зарядным устройством.

3 Программная и аппаратная реализация устройства бесконтактного измерения температуры

3.1 Особенности изготовления печатных плат

Печатные платы с металлическим основанием – это тип печатных плат, где в качестве основания применяется пластина из металла, на которую при помощи стеклоткани, пропитанной смолами (препрег), приклеены один или несколько проводящих слоев медной фольги. Платы ППМО используют в аппаратуре, где есть повышенные локальные или распространенные по всей площади тепловые нагрузки.

Положительный эффект от применения плат ППМО по сравнению с обычными печатными платами заключается в следующем:

- а) понижается рабочая температура тепловыделяющих электронных компонентов;
- б) уменьшаются размеры печатной платы;
- в) повышаются механические свойства изделия;
- г) уменьшаются размеры радиаторов или исключается их применение;
- д) отпадает необходимость установки электронных компонентов на теплопроводящую пасту или прокладку.

Рассмотрим материалы, используемые в платах ППМО.

Применяется стандартная медная фольга толщиной 35–356 мкм.

В качестве препрега может применяться простая эпоксидная стеклоткань FR-4, или специальные теплопроводящие составы (T-preg), которые обладают лучшими теплопроводными и изоляционными свойствами.

Металлическое основание. Наиболее часто применяемыми материалами для металлического основания являются алюминий и медь. Хотя медь обладает лучшими теплопроводными свойствами, все-таки алюминий является самым распространенным материалом для плат ППМО, так как он более дешевый и, что немаловажно, легкий материал. Кроме того,

при решении тепловых или дизайнерских задач возможно применение анодированного алюминия.

Толщина металлической пластины должна составлять не менее 90% от общей толщины платы ППМО. Это необходимо, чтобы избежать коробления платы во время процесса изготовления, которое может появиться из-за разницы коэффициентов температурного расширения материалов основания и препрега. Однако отметим, что чем толще металлическая пластина, тем больше проблем возникает при автоматизированном монтаже компонентов на плату.

Остановимся на типах плат ППМО и особенностях их изготовления. На рисунке 3.1 схематически представлены три типа таких плат: односторонняя (а), многослойная (б) и с металлическим ядром (в).

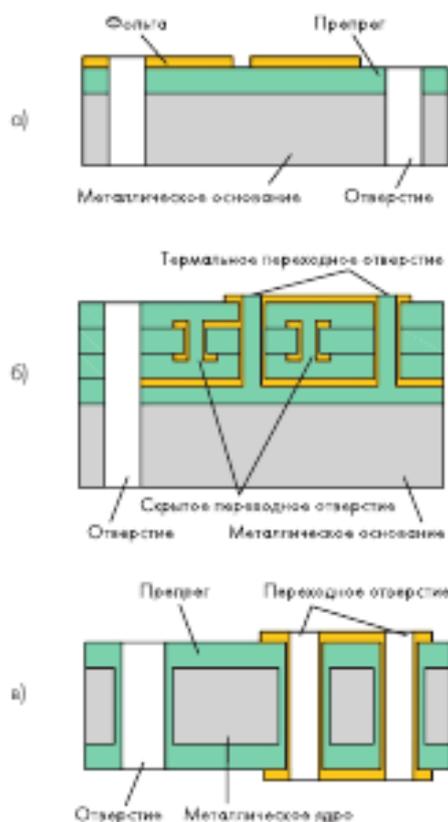


Рисунок 3.1 – Типы плат ППМО

Односторонняя плата – это простейший, экономически самый целесообразный тип ППМО. Очень широко применяется в устройствах светодиодной техники. Многослойная плата применяется для устройств, где необходимо два и более проводящих слоев. Платы с металлическим ядром

(MCPCB – Metal Core Printed Circuit Board) – это отдельный вид плат, применение которых зависит от ряда дизайнерских решений.

Большинство технологических процессов изготовления плат ППМО, таких как травление, нанесение защитной маски, маркировка, аналогичны процессам изготовления традиционных плат на FR-4. Некоторые особенности имеются при механических операциях. Основными вариантами покрытия контактных площадок для пайки является нанесение сплава олово-свинец (Sn-Pb) по технологии HASL, так как это покрытие лучшим образом отвечает «безупречной» поверхности печатной платы.

Трассировка печатной платы для устройства удаленного измерения температуры выполнялась в редакторе Dip Trace. На рисунках 3.2 – 3.4 представлены эскизы печатной платы и компоновки для разрабатываемого устройства.

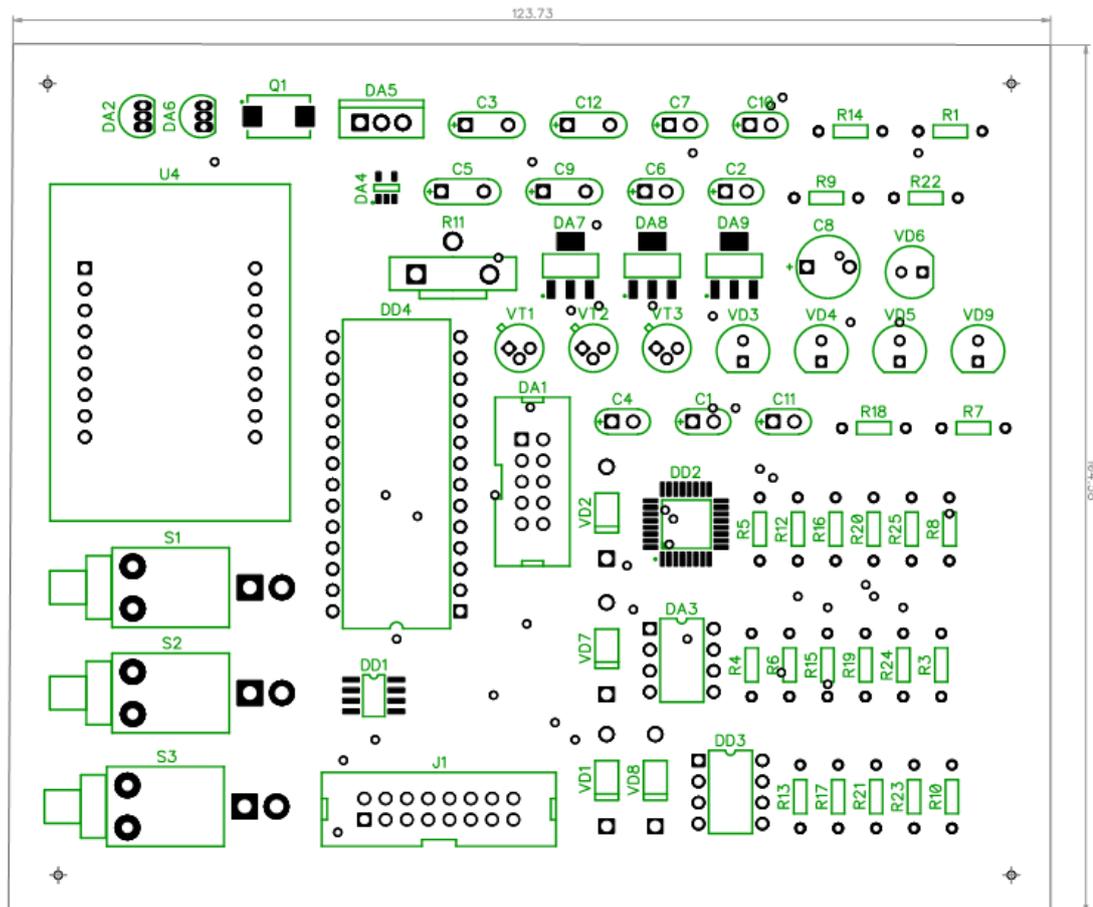


Рисунок 3.2 – Компоновка элементов печатной платы устройства удаленного

измерения температуры.

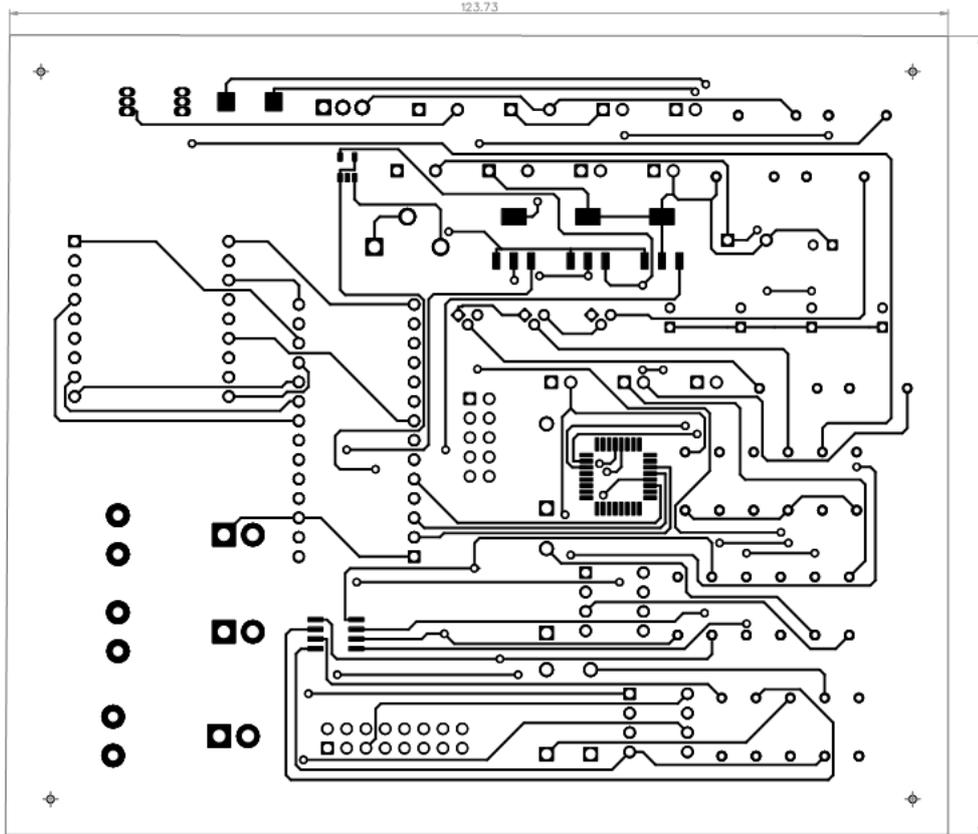


Рисунок 3.3 – Первый слой печатной платы устройства удаленного измерения температуры.

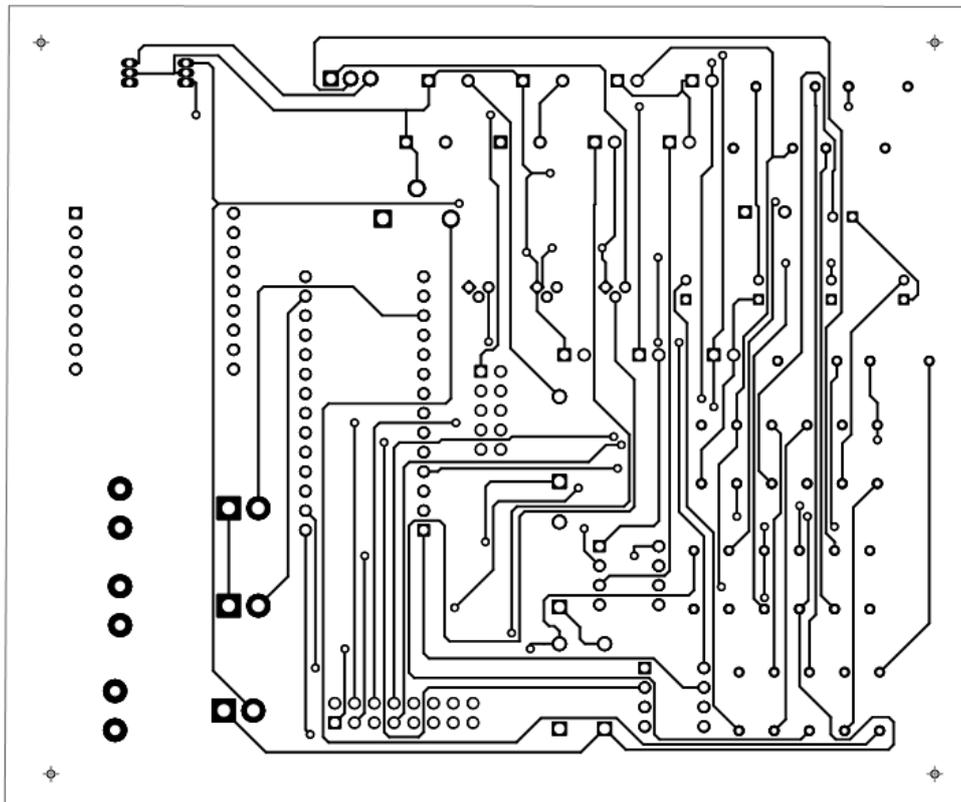


Рисунок 3.4 – Второй слой печатной платы устройства.

3.2 Программирование устройства удаленного измерения температуры

Для программирования устройства используется программатор PonyProg.

Возможности PonyProg представлены на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – Возможности программатора PonyProg.

Входные данные для разрабатываемой программы - данные от датчика Banner Engineering M18TUP14Q. Программа обрабатывает информацию, полученную от этого датчика. Следствием обработки будет значение температуры объекта, пропорциональное выходному напряжению от датчика. Программа выполнена на языке низкого уровня - Assembler.

Программный код представлен в Приложении А.

3.3 Основные моменты тестирования устройства удаленного измерения температуры

Метод аппаратной отладки относится к наиболее распространенным методам отладки устройств с микропроцессорами или микроконтроллерами, применение которых возможно на начальных этапах проектирования.

Суть этого метода представлена на рисунке 3.6.

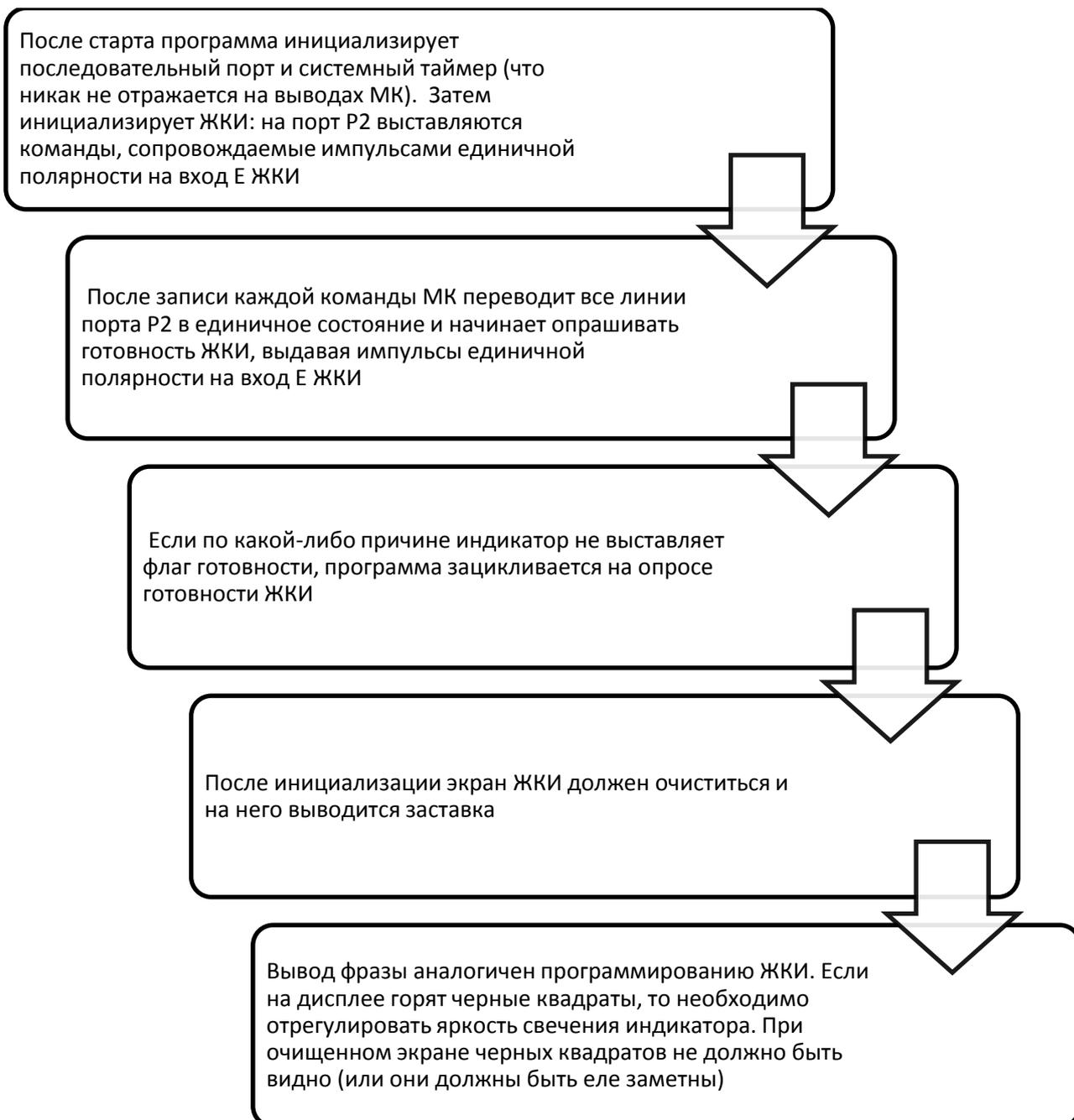


Рисунок 3.6 – Последовательность тестирования методом аппаратной отладки.

3.4 Эксплуатационная документация на устройство бесконтактного измерения температуры

Условия работы устройства:

- а) температура окружающей среды + 10 ... + 45 ° С;
- б) относительная влажность воздуха до 90%.

Прибор необходимо проверять один раз в год.

Подготовка устройства к работе и последовательность работы

Перед началом работы с устройством нужно познакомиться с техническим описанием и инструкцией по эксплуатации. Перед использованием устройства убедитесь, что нет механических повреждений и загрязнения объектива устройства. Убедитесь, что аккумулятор не разряжен. Чтобы сделать это, нажмите спусковой крючок и убедитесь, что на цифровом дисплее не отображается «Замените батарею».

Измерение температуры Откройте окно ввода пирометра, установив требуемую апертуру. Нажмите кнопку включения, когда устройство включится, и загорится соответствующий индикатор. Найдите измеряемую цель на объекте. На цифровом дисплее отображается слово «Температура» и максимальное значение измеряемой температуры. Когда спусковой крючок отпускается, индикатор гаснет, и измеренное значение температуры фиксируется на цифровом дисплее.

Обслуживание

Уход за правильно управляемым пирометром заключается в проверке чистоты линзы объектива. При необходимости очистите линзу от загрязнения мягкой хлопчатобумажной тканью или замшей, если необходимо, смочите спиртом.

Хранение и транспортировка

Устройство измерения температуры должно храниться в помещении при температуре 0 ... 45 ° С и относительной влажности до 80%. В

хранилище не должно быть пыли, песка и паров коррозионных веществ. При хранении объектив устройства должен быть защищен от солнечного излучения.

Разрешается транспортировать устройство всеми видами транспорта в упаковке, обеспечивая его безопасность.

Заключение

В бакалаврской работе на основе микроконтроллера Atmel было разработано дистанционное устройство измерения температуры.

Проанализированы важнейшие принципы измерения температуры бесконтактными методами. Проведен анализ основных областей применения устройств удаленного измерения температуры. На основе проведенного анализа сформулированы требования к удаленному устройству измерения температуры.

Во время проектирования микропроцессорной системы была разработана функциональная схема удаленного устройства измерения температуры и произведен выбор элементной базы. Рассчитаны характеристики основных узлов для принципиальной схемы. Проведена разработка алгоритмов работы управляющих микроконтроллеров.

Спроектирована печатная плата устройства, написана программа основного микроконтроллера на языке ассемблера. Затем были описаны методы тестирования устройства. Результаты испытаний показали, что программная часть устройства работает правильно, необходимые параметры были скорректированы. Кроме того, была разработана инструкция по удаленному устройству измерения температуры.

Разработанное устройство обеспечивает преобразование напряжения от выхода датчика к соответствующему значению температуры и отображает его на индикаторе.

Список используемой литературы

1. De Witt, Nutter. Инфракрасный термопреобразователь стационарный ИКТС. [Электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://www.omsketalon.ru/?action=ikts&>.
2. Kim Y.H., Yang I., Bae Y.-S., Park S.-R. // BioTechniques. 2008. V. 44. N 4. P. 495–505.
3. Lee J., Kotov N.A. // Nano Today. 2007. V. 2. N 1. P. 48–51.
4. Lou J., Finegan T.M., Mohsen P., Hatton T.A., Laibinis P.E. // Rev. Chem. 1999. V. 18. N 4. P. 235–284.
5. Sakakibara J., Adrian R.J. // Exp. Fluids. 1999. V. 26. P. 7–15.
6. Sanford L.N., Wittwer C.T. // Anal. Biochem. 2013. V. 434. P. 26–33.
7. Saunders G.C., Dukes J., Parkes H.C., Cornett J.H. // Clin. Chem. 2001. V. 47. N 1. P. 47–55.
8. Yang I., Kim Y.H., Byun J.Y., Park S.R. // 2005. V. 338. N 2. P. 192–200.
ГОСТ 28243-96. Пирометры. Общие технические требования. - Минск: Изд-во стандартов, 2003. – 12 с.
9. ГОСТ 6616-94. Преобразователи термоэлектрические. - Минск: ИПК Изд-во стандартов, 1998. – 15 с.
10. Кустиков Г.Г. «Теплотехнические измерения: измерение температуры: конспект лекций». - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. - 48 с.
11. Магунов А.Н. Спектральная пирометрия, Физматлит, 2012. – 248 стр.
12. Медведев А.М. Технология производства печатных плат / А.М. Медведев. – М.: Техносфера, 2005. – 360 с.
13. Методы и средства бесконтактной термометрии для задач теплового контроля и промышленности: монография/ В.А. Захаренко; Мин-обр. науки России, ОмГТУ. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 148 с. : ил.
14. Методы и средства исследований. И.Н. Евдокимов – [Электронный ресурс] – Режим доступа.- URL: <http://temperatures.ru/pdf/evdokimov.pdf>.
15. Методы пирометрии, их достоинства и недостатки. Классификация

пирометров. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://www.teplomer.biz/stat/metody-pirometrii-ih-dostoinstva-i-nedostatki-klassifikaciya-pirometrov.php>.

16. Методы тепловизионной термометрии гетерогенных систем LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 296 с.

17. Пирометры спектрального отношения: преимущества, проблемы, пути их решения. Фрунзе А.В. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. - URL: <http://www.pyrometer.ru/publishing/vse-o-pirometrah-spektralnogo-otnosheniya/pirometry-spektralnogo-otnosheniya-preimushhestva-problemyputi-ih-resheniya.html>.

18. Термоэлектрические преобразователи (термопары). – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://elektrik.slovarik.org/stati/data-id3065>.

19. Технический отчет о применении пирометра ИКТС производства ОАО «НПП «Эталон», г.Омск 09 апреля 2014 г. Терпиловский А. – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: http://www.omsketalon.ru/otzivi/otchet_ikts_belarus.pdf..2016).

20. Ходунков В.П. Термометрия и инфракрасная радиометрия многофазных и многообъектных систем. - СПб.: Политехника, 2013. – 259 с.: ил.

