

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

**ЭЛЕКТРОНИКА И МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ
ТЕХНИКА**

*Методические рекомендации к курсовому проектированию
для студентов направления подготовки
12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
очной формы обучения*



Могилев 2019

УДК 621.38
ББК 32.85
Э 45

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Физические методы контроля» «6» февраля 2019 г.,
протокол № 6

Составитель канд. техн. наук, доц. А. А. Афанасьев

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. В. Болотов

Методические рекомендации составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Электроника и микропроцессорная техника» для студентов направления подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» очной формы обучения. Рассмотрены вопросы проектирования и расчета схем электронных устройств для биотехнических и медицинских аппаратов и систем, приведены примеры расчета и выбора элементной базы, разработки схем, справочная информация и рекомендации по оформлению пояснительной записки и чертежей. Методические рекомендации могут быть использованы также при выполнении выпускной квалификационной работы.

Учебно-методическое издание

ЭЛЕКТРОНИКА И МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

Ответственный за выпуск	С. С. Сергеев
Редактор	С. Н. Красовская
Компьютерная верстка	Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 21 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».

Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.

Пр-т Мира, 43, 212022, Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2019



Содержание

1 Общие указания.....	4
1.1 Цель и задачи курсового проектирования.....	4
1.2 Тематика курсовых проектов и исходные данные.....	4
1.3 Структура, объём и содержание курсового проекта.....	4
1.4 Порядок выполнения проекта.....	5
1.5 Оформление проекта.....	6
1.6 Защита проекта.....	7
2 Указания к разработке и примеры выполнения отдельных частей проекта.....	7
2.1 Пример исходных данных в задании.....	7
2.2 Пример анализа исходных данных.....	8
2.3 Пример разработки структурной схемы прибора.....	9
2.4 Пример разработки электрической принципиальной схемы прибора.....	10
2.5 Пример разработки электрической принципиальной схемы источника питания.....	20
2.6 Пример определения системных адресов элементов МПС.....	23
2.7 Пример разработки блок-схем алгоритмов работы прибора.....	24
2.8 Пример составления выводов по результатам проектирования.....	30
2.9 Пример оформления списка использованных источников.....	31
Список литературы.....	31
Приложение А (обязательное).....	32

1 Общие указания

1.1 Цель и задачи курсового проектирования

Целью курсового проектирования является приобретение навыков самостоятельного применения знаний, полученных при изучении дисциплины «Электроника и микропроцессорная техника», при разработке электрических схем приборов контроля качества и диагностики состояния объектов.

При курсовом проектировании решаются следующие основные задачи:

- расширить, систематизировать и закрепить теоретические знания;
- выработать умение и навыки по комплексному решению технических задач, связанных с модернизацией имеющихся и созданием новых контрольно-измерительных и диагностических средств;
- развить навыки самостоятельной работы с научно-технической и справочной литературой.

1.2 Тематика курсовых проектов и исходные данные

Тематика курсовых проектов ориентирована на создание новых перспективных многофункциональных и высокопроизводительных приборов для измерения одной или нескольких физических величин с использованием современной элементной базы, новых технологий по обработке, преобразованию, хранению, передаче и представлению измерительной информации.

Исходными данными для выполнения курсового проекта являются следующие:

- перечень измеряемых физических величин с указанием количественного диапазона и единиц измерения;
- вид и диапазон изменения выходного сигнала измерительного преобразователя;
- рекомендуемый для использования перечень основных электронных элементов;
- режимы работы прибора;
- указания по обработке и отображению измерительной информации.

1.3 Структура, объём и содержание курсового проекта

Курсовой проект должен состоять из графической части и пояснительной записки. В графическую часть должны быть включены: структурная схема прибора, электрическая принципиальная схема прибора, электрическая принципиальная схема источника питания, блок-схемы алгоритмов работы прибора в различных режимах.

Пояснительная записка должна содержать конкретный материал по выбору и обоснованию принимаемых решений, содержащий, где это необходимо,

расчеты, графики, таблицы, краткую справочную информацию. Её примерное содержание должно быть следующим:

- 1) анализ исходных данных;
- 2) разработка структурной схемы прибора и описание его работы;
- 3) разработка электрической принципиальной схемы прибора и описание его работы;
- 4) разработка электрической принципиальной схемы источника питания и описание его работы;
- 5) разработка алгоритмов работы прибора в различных режимах;
- 6) выводы по результатам проектирования;
- 7) список использованных источников;
- 8) приложения.

1.4 Порядок выполнения проекта

При выполнении курсового проекта рекомендуется следующий порядок работы.

Производится анализ исходных данных на курсовой проект. Прежде всего следует выяснить, какие физические величины надо измерять, в каком диапазоне, какие сигналы формируются на выходах измерительных преобразователей (аналоговые или дискретные), в каком диапазоне они изменяются. Если выходной сигнал измерительного преобразователя (ИП) аналоговый, то потребуются его преобразование в цифровую форму с помощью аналого-цифрового преобразователя (АЦП), после чего станет возможной дальнейшая обработка измерительной информации с помощью микропроцессорной системы, построенной на основе рекомендованной в задании элементной базы. Далее надо изучить электрические параметры АЦП и для согласования выходного сигнала ИП с входом АЦП предусмотреть в проектируемом приборе масштабирующий усилитель (МУ). Если на выходе ИП под воздействием измеряемой физической величины формируются дискретные сигналы (импульсы), то их также надо усилить до уровней, обеспечивающих надёжное срабатывание цифровых электронных устройств.

По справочной литературе изучаются основные параметры и характеристики рекомендованной в задании элементной базы, назначение их выводов, схемы включения и особенности работы при совместном использовании в составе микропроцессорных систем. В соответствии с поставленной задачей выделяются структурные элементы в проектируемом приборе, разрабатывается структурная схема и по ней описывается принцип работы прибора.

На основе разработанной структурной схемы и рекомендованных электронных элементов разрабатывается электрическая принципиальная схема прибора, описывается принцип его работы по этой схеме.

По электрическим параметрам использованных электронных элементов определяются исходные данные (напряжения и токи) для проектирования электрической принципиальной схемы источника питания.

Далее разрабатываются и описываются блок-схемы алгоритмов работы прибора в различных режимах, обеспечивающие его настройку, градуировку, выполнение измерений, обработку результатов, их хранение, передачу в другие устройства, отображение в удобной для пользователя форме, на основании которых в дальнейшем разрабатывается программное обеспечение.

На заключительном этапе по результатам проделанной работы делаются выводы.

1.5 Оформление проекта

Построение пояснительной записки, изложение ее текста, а также оформление иллюстраций и приложений, должны соответствовать ГОСТ 2.105–95.

Пояснительная записка выполняется в рукописном или печатном варианте на листах белой бумаги формата А4 со стандартными рамками.

Изложение записки должно быть кратким и выполнено понятным техническим языком. В тексте записки не должно быть общих фраз, общих рекомендаций, не допускается сокращение слов (кроме общепринятых), а терминология должна соответствовать принятой в учебниках и стандартах. Расчетные формулы должны записываться в индексной форме с полной экспликацией и сквозной или пораздельной нумерацией. Все используемые в работе значения величин должны быть выражены в единицах СИ, согласно ГОСТ 8.417–2002.

Список использованных источников должен содержать лишь те источники, которые использованы при выполнении проекта и на которые есть ссылки в тексте пояснительной записки. Оформление его должно соответствовать принятым правилам.

В приложение необходимо включать спецификации чертежей курсового проекта, распечатки программных продуктов, таблицы, графики, алгоритмы и другие материалы, по каким-либо причинам не включенные в основную часть пояснительной записки.

Все графические материалы проекта должны соответствовать требованиям ЕСКД и данным указаниям. Чертежи выполняются карандашом на ватмане либо с использованием специальных технических средств, если графическая часть проекта выполнялась в электронном варианте. Использование ксерокопий при оформлении пояснительной записки и чертежей не допускается.

Перед окончательным оформлением проекта на бумажных носителях его целесообразно представить руководителю на проверку в электронном варианте, если таковой имеется.



1.6 Защита проекта

Выполненный и правильно оформленный курсовой проект сдается руководителю на проверку не позднее, чем за десять дней до установленного срока защиты и после проверки может быть представлен к защите. Проект должен быть подписан автором, нормоконтролером и руководителем.

Защита проекта производится перед комиссией в составе двух-трех преподавателей кафедры. Студент в течение 8...10 мин должен доложить о поставленной перед ним задаче, о принятых в проекте решениях и полученных результатах, произвести их анализ и защиту.

При оценке проекта учитываются: качество его содержания, качество оформления пояснительной записки и чертежей, четкость сообщения и ответы на вопросы.

2 Указания к разработке и примеры выполнения отдельных частей проекта

2.1 Пример исходных данных в задании

Пример исходных данных и рекомендуемой элементной базы к курсовому проекту приведен в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1 – Исходные данные к курсовому проекту

Номер варианта	Измеряемая величина	Предел допускаемой относительной основной погрешности, %	Диапазон измерения, %	Дискретность отсчета, %	Выходной сигнал ИП, мВ	Число наблюдений измеряемой величины, n	Объем ПЗУ, Кбайт	Объем ОЗУ, Кбайт
1	Прозрачность жидкости	1	0...100	0,5	0...280	30	16	32

Таблица 2.2 – Элементная база к курсовому проекту

Номер варианта	Микропроцессор	ПЗУ	ОЗУ	Дешифратор	Регистр	Дисплей	АЦП
1	AT89C51	M27128A	NM64256	K555ИД7	K1533ИР22	WM-C1602N	AD7417

Дополнительными исходными данными могут быть следующие. Например, дополнительно в задании указывается, что прибор должен питаться как от сетевого переменного напряжения 220 В, так и от автономного источника, работать в режимах градуировки и измерения. Результаты измерений должны храниться в электрически перепрограммируемом «в системе» постоянном запоминающем устройстве и выводиться на цифровое

отсчетное устройство прибора по запросу с клавиатуры, а также перезаписываться из прибора в персональный компьютер через последовательный интерфейс RS232.

2.2 Пример анализа исходных данных

Анализ исходных данных показывает, что в курсовом проекте требуется разработать цифровой прибор для измерения прозрачности жидких сред. Из заданных диапазона измерений (от 0 до 100 %) и дискретности отсчета (0,5 %) следует, что на цифровом отсчетном устройстве (ЦОУ) должно отображаться не менее четырёх цифр (три до запятой и одна после запятой).

Выходной сигнал ИП (0...280 мВ) – аналоговый и он должен быть усилен с помощью масштабирующего усилителя для согласования с входными параметрами аналого-цифрового преобразователя (АЦП), тип которого задан (микросхема AD7417).

Прибор должен быть построен на основе микропроцессорной системы, реализованной на основе заданного микропроцессора AT89C51. В её составе должны также быть: постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) емкостью 16 Кбайт, оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) емкостью 32 Кбайта, вспомогательные микросхемы и элементы (регистры, дешифраторы, индикаторы и другие), обеспечивающие её функционирование. Часть вспомогательных элементов для обязательного использования в проекте указана в исходных данных, остальные, при необходимости, следует выбрать самостоятельно.

Для уменьшения случайной составляющей погрешности результата измерения при проектировании прибора (на этапе разработки блок-схем алгоритмов и программного обеспечения) следует предусмотреть получение при выполнении измерительных операций 30 результатов наблюдений измеряемой величины (« $n = 30$ » в таблице 2.1) и их статистическую обработку.

Прибор должен обеспечивать отображение результата измерения на цифровом отсчетном устройстве в течение 30 с, что может быть реализовано с помощью разработки специальной программы, вырабатывающей временной интервал заданной длительности.

Управление работой прибора в различных режимах должно осуществляться с помощью клавиатуры, на которой следует предусмотреть наличие как управляющих, так и цифровых клавиш.

При проектировании источника питания следует предусмотреть возможность подключения прибора как к сети с переменным напряжением 220 В, так и к аккумуляторной батарее.



2.3 Пример разработки структурной схемы прибора

Основными структурными элементами проектируемого прибора будут следующие: микропроцессор (МП), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), цифровое отсчетное устройство (ЦОУ), электрически перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ), измерительный преобразователь (ИП), масштабирующий усилитель (МУ), аналого-цифровой преобразователь (АЦП), клавиатура (КЛ). Электрическая связь между перечисленными элементами осуществляется посредством совокупности проводников, объединенных по функциональному назначению и называемых шинами адреса (ША), данных (ШД) и управления (ШУ). Передача данных между отдельными элементами может осуществляться также в последовательном коде по двухпроводной шине I²C.

Структурная схема прибора, на которой отображены перечисленные выше элементы, а также связи между ними, показана на рисунке 2.1. На этом рисунке отдельным блоком показан также персональный компьютер (ПК), на который должны при необходимости перезаписываться данные с прибора через последовательный интерфейс RS232.

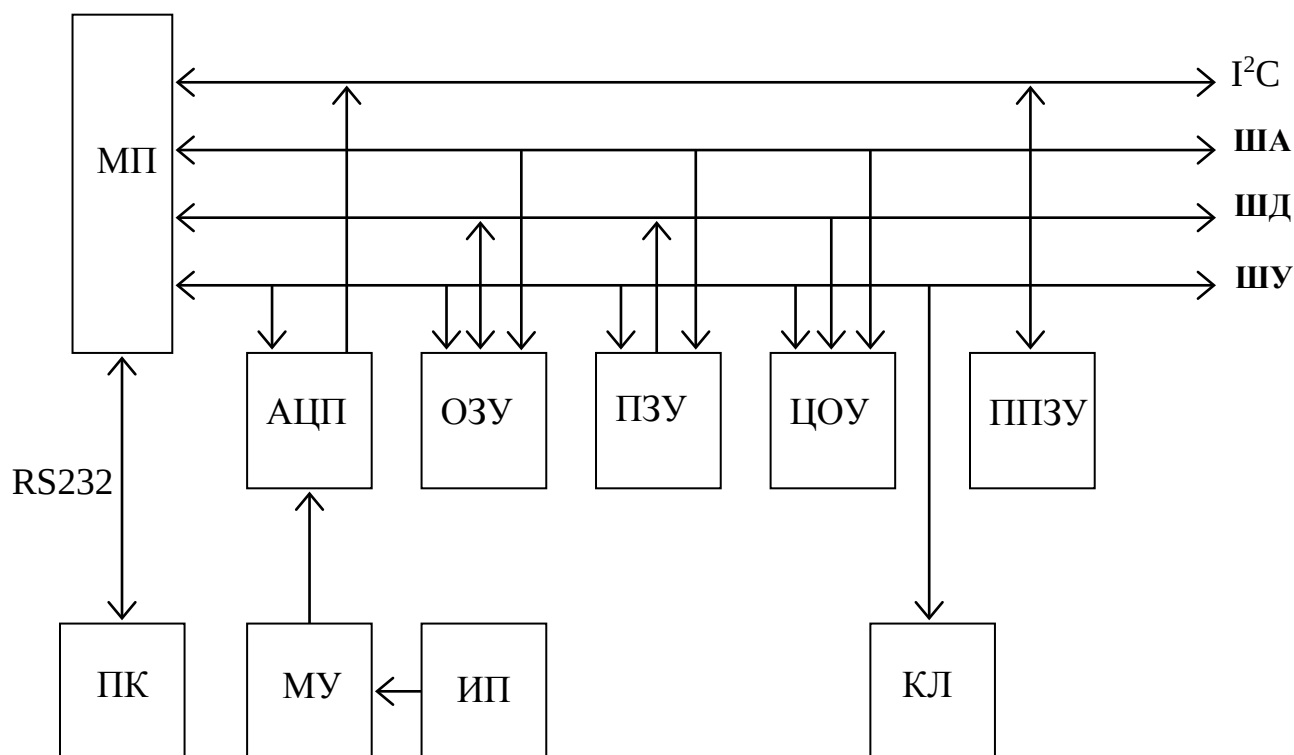


Рисунок 2.1 – Структурная схема прибора

Опишем назначение каждого элемента структурной схемы. ИП преобразует измеряемую неэлектрическую физическую величину – прозрачность жидкой среды – в электрическую (напряжение). Сигнал,

полученный на выходе этого преобразователя, поступает на вход МУ, осуществляющего преобразование диапазона полученного сигнала на выходе ИП в диапазон сигналов, необходимых для нормальной работы АЦП. АЦП выполняет преобразование аналогового сигнала, поступающего с выхода МУ, в пропорциональный цифровой двоичный код. Далее полученная с помощью АЦП измерительная информация поступает в МП, который выполняет функцию управления работой всего прибора и играет роль связующего звена между всеми его блоками. Передача данных от АЦП в МП осуществляется по шине I²S.

ОЗУ выполняет функцию временного хранения данных. ПЗУ служит для хранения выполняемых МП программ. Для записи результатов измерения применяется ППЗУ, которое обеспечивает запись информации в его ячейки в процессе работы прибора без использования специальных программирующих устройств, а также длительное хранение данных после отключения источника питания. Управление прибором осуществляется при помощи КЛ. ЦОУ предназначено для отображения измерительной и вспомогательной информации в форме, удобной для считывания пользователем. Прибор с помощью вспомогательного кабеля подключается к ПК, по которому в последовательном коде осуществляется обмен данными между ними через интерфейс RS232.

По ША осуществляется передача сигналов от МП к внешним устройствам. Она является однонаправленной. Совокупность этих сигналов представляет собой многоразрядные двоичные числа. Эти числа являются системными адресами внешних устройств, входящих в состав микропроцессорной системы (МПС).

ШД представляет собой совокупность фиксированного числа проводников, по которым осуществляется передача данных от МП к внешним устройствам и наоборот, т. е. она является двунаправленной. Совокупность сигналов передаётся по ШД одновременно (в параллельном коде) и представляет собой многоразрядные двоичные числа. Числа, передаваемые по ШД, – это информация, которая обрабатывается МПС.

По ШУ передаются сигналы, синхронизирующие во времени обмен данными между МП и внешними устройствами.

С помощью КЛ осуществляется ручное управление работой прибора в различных режимах.

2.4 Пример разработки электрической принципиальной схемы прибора

2.4.1 Выбор и описание элементов. Микросхема АТ89С51. Представляет собой высокопроизводительный 8-разрядный КМОП микропроцессор. Микросхема конструктивно оформлена в 40-контактном пластиковом корпусе типа DIP.

Она имеет следующие параметры:

– полная совместимость с микроконтроллерами семейства MCS-51;



- перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство на 4 Кбайта с возможностью программирования «в системе»;
- диапазон частот тактового генератора (0...24) МГц;
- трехуровневая защита программной памяти;
- 128 байт внутреннего ОЗУ;
- 32 программируемых линии ввода/вывода;
- два 16-битных таймера/счетчика;
- шесть источников прерываний;
- режимы пониженного потребления питания.

Условное графическое обозначение микросхемы представлено на рисунке 2.2.

Назначение выводов:

- P1.0–P1.7 – 8-разрядный двунаправленный порт P1. Каждый вывод этого порта может быть подключен максимум к четырем входам микросхем (МС) ТТЛ;
- RST – вход сигнала общего сброса (каждый вывод P3 может быть подключен максимум к четырем входам МС ТТЛ);

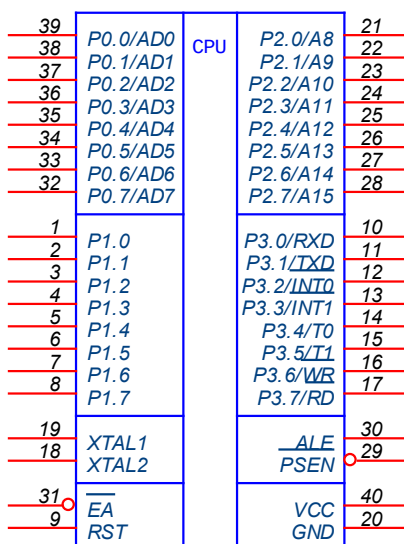


Рисунок 2.2 – Условное обозначение микросхемы AT89C51

- P3.0–P3.7 – двунаправленный 8-разрядный порт P3, выводы которого имеют следующие дополнительные функции:
 - P3.0 (RXD) – вход последовательного порта;
 - P3.1 (TXD) – выход последовательного порта;
 - P3.2 (INT0) – вход внешнего прерывания 0;
 - P3.3 (INT1) – вход внешнего прерывания 1;
 - P3.4 (T0) – внешний вход таймера/счетчика 0;
 - P3.5 (T1) – внешний вход таймера/счетчика 1;
 - P3.6 (WR) – выход сигнала для синхронизации записи данных, выводимых из МП во внешнее устройство;



- P3.7 (RD) – выход сигнала для синхронизации чтения данных и пересылки их из внешнего устройства в МП;
- X1, X2 – выводы для подключения кварцевого резонатора;
- GND (OB) – вывод для подключения к источнику питания (общий вывод);
- P2.0–P2.7 (A8–A15) – 8-разрядный двунаправленный порт P2, на этих выводах формируется старший байт адреса (A8–A15). Каждый вывод этого порта может быть подключен максимум к четырем входам МС ТТЛ;
- PSEN – выходной сигнал, разрешающий работу внешнего ПЗУ;
- ALE/PROG – выходной сигнал, разрешающий запись младшего байта адреса A0–A7, появляющегося на выводах порта P0 при обращении к внешней памяти во внешний регистр;
- EA/U_{PR} (DEMA) – активация внутренней памяти программ (программирование внутренней памяти программ);
- P0.7–P0.0 (AD7–AD0) – 8-разрядный двунаправленный порт P0, каждый вывод которого может быть подключен максимум к восьми выводам МС ТТЛ. На выводах этого порта появляются выходные сигналы младшего байта адреса, который должен быть зафиксирован во внешнем регистре, после чего через этот порт осуществляется обмен данными между МП и внешними устройствами;
- VCC – вывод для подключения МС к источнику питания с постоянным стабилизирующим напряжением +5 В.

Кварцевый резонатор является внешним элементом встроенного в микросхему микропроцессора генератора тактовых импульсов. Схема подключения кварцевого резонатора представлена на рисунке 2.3.

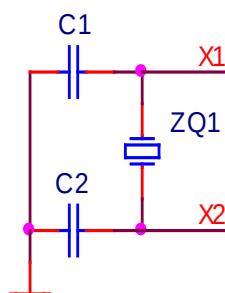


Рисунок 2.3 – Схема подключения кварцевого резонатора к микросхеме AT89C51

Кварцевый резонатор ZQ1 выбираем с частотой 12 МГц, а конденсаторы C1 и C2 по 33 пФ в соответствии с рекомендациями производителя микросхем AT89C51. Выводы X1 и X2 подсоединяются к выводам 19 и 18 микросхемы соответственно.

Микросхема АЦП AD7417. Представляет собой 10-разрядный АЦП.

Основные параметры его следующие:

- время преобразования – 15 мкс;
- количество аналоговых входов – 4;

- встроенный температурный датчик (минус 55 – плюс 125°C);
- встроенный индикатор превышения температурного порога;
- широкий диапазон напряжений питания (плюс 2,7 В – минус 5,5 В);
- I²C совместимый интерфейс.

Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 2.4. Микросхема размещена в 16-контактном пластиковом корпусе типа SOIC.

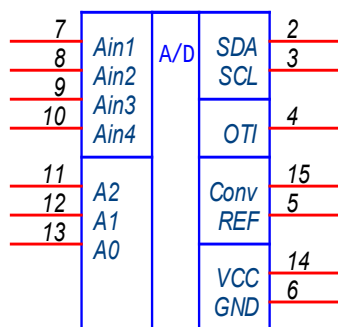


Рисунок 2.4 – Условное обозначение МС АЦП AD7417

Назначение выводов:

- VCC – питание плюс 5 В;
- GND – общий вывод;
- SDA – последовательная двунаправленная шина данных I²C;
- SCL – цифровой вход тактовых импульсов интерфейса I²C;
- OTI – выход цифрового сигнала индикатора превышения температурного порога. Выход устанавливается, если результат преобразования по каналу 0 больше, чем 8-битовое число, хранящееся в регистре OTR;

– REF – вход внешнего опорного напряжения плюс 2,5 В. Чтобы использовать внутренний источник опорного напряжения, необходимо соединить этот вывод с выводом GND;

– Conv – вход цифрового сигнала начала аналого-цифрового преобразования. Если импульс больше 4 мкс, то его отрицательный фронт запускает цикл преобразования;

– A_{IN1}...A_{IN4} – аналоговые входные каналы;

– A0...A2 – три программируемых бита адреса микросхемы для последовательного интерфейса I²C.

Микросхема WM-C1602N. Представляет собой жидкокристаллический символьный индикатор (ЖКИ), имеющий две строки по 16 символов. Индикатор работает под управлением встроенного контроллера. Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 2.5.

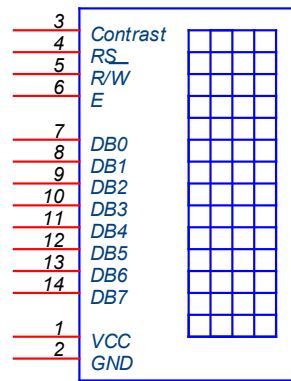


Рисунок 2.5 – Условное обозначение МС ЦОУ WM-C1602N

Назначение выводов:

- VCC – питание плюс 5 В;
- GND – общий вывод;
- Contrast – вход для регулировки контрастности изображения символов на индикаторе;
- RS – вход выбора регистра: «0» – регистр команд; «1» – регистр данных;
- RW – выбор режима записи или чтения;
- E – вход разрешения чтения/записи;
- DB0...DB7 – выводы для передачи данных.

Микросхема НМ64256. Эта микросхема представляет собой статическое ОЗУ, выполненное по КМОП технологии с организацией 32 К×8 бит. Условное обозначение её приведено на рисунке 2.6. Она размещена в 28-контактном пластиковом корпусе типа DIP.

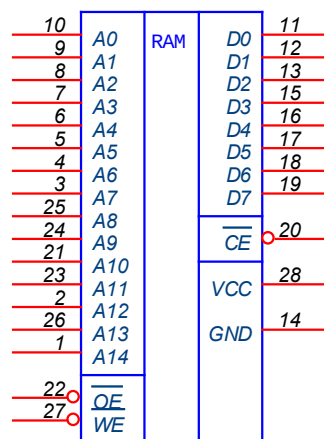


Рисунок 2.6 – Условное обозначение МСОЗУ НМ64526

Назначение выводов:

- VCC – питание плюс 5 В;
- GND – общий вывод;
- A0...A14 – адресные входы;
- D0...D7 – шина данных;
- OE – вход «разрешение чтения» (активный уровень – низкий);

- WE – вход «разрешение записи» (активный уровень – низкий);
- CE – вход «выбор микросхемы» (активный уровень – низкий).

Микросхема М27128А. Выполняет функцию ПЗУ. Микросхема является перепрограммируемым ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием. Она предназначена для длительного хранения данных как во включенном, так и при отключенном состоянии прибора. Данная микросхема обладает расширенными возможностями и емкостью доступной памяти 16 Кбайт. Условное обозначение её представлено на рисунке 2.7.

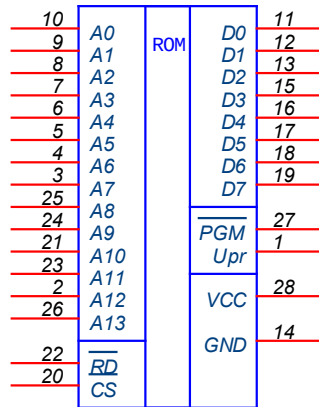


Рисунок 2.7 – Условное обозначение МС ПЗУМ27128А

Назначение выводов микросхемы:

- A0...A13 – адресные входы;
- D0...D7 – выходы данных;
- RD – вход разрешения считывания;
- CS – выбор микросхемы;
- PGM – вывод, на который подается последовательность прямоугольных импульсов длительностью 1 мс в режиме записи. В режиме считывания этот вывод подключается к выводу 28(VCC);
- Upr – при чтении подается плюс 5 В, при перепрограммировании плюс 12,5 В;
- VCC – питание плюс 5 В;
- GND – общий вывод.

Микросхема КР1533ИР22. Представляет собой 8-разрядный регистр памяти с Z – состоянием. Может быть использована для временного хранения младшего байта адреса. Микросхема размещена в 20-контактном пластиковом корпусе типа DIP.

Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 2.8.

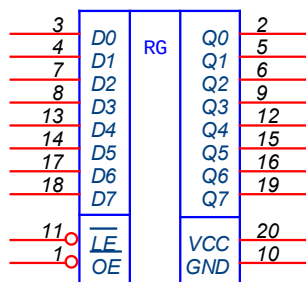


Рисунок 2.8 – Условное обозначение МС регистра КР1533ИР22

Назначение выводов:

- VCC – питание плюс 5 В;
- GND – общий вывод;
- D0...D7 – входная шина данных;
- Q0...Q7 – выходная шина данных с Z-состоянием;
- LE – вход активизации микросхемы;
- OE – разрешение выхода (высокий логический уровень сигнала на входе OE переводит выходную шину данных в Z-состояние).

Микросхема К555ЛЕ1. Содержит четыре логических элемента 2ИЛИ-НЕ. Условное обозначение её приведено на рисунке 2.9. Микросхема размещена в 14-контактном пластиковом корпусе DIP.

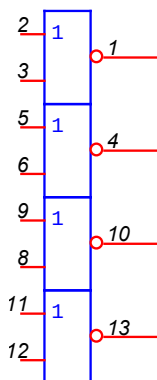


Рисунок 2.9 – Условное обозначение МС К555ЛЕ1

Микросхема АТ24С16. Представляет собой электрически стираемое и перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ЭППЗУ), имеющее организацию 2048 слов по 8 байт (2 Кбайта). Условное обозначение микросхемы приведено на рисунке 2.10.

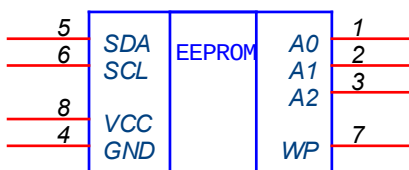


Рисунок 2.10 – Условное обозначение МС ЭППЗУ АТ24С16

Назначение выводов:

- VCC – питание плюс 5 В;
- GND – общий вывод;
- SDA – последовательная двунаправленная шина данных I²C;
- SCL – цифровой вход тактовых импульсов интерфейса I²C;
- A0...A2 – три программируемых бита адреса микросхемы для последовательного интерфейса I²C;
- WP – запрет записи.

2.4.2 Разработка электрической принципиальной схемы усилителя. После преобразования неэлектрической величины в электрическую с помощью ИП полученный полезный сигнал необходимо усилить при помощи усилителя.

Для этого используем схему неинвертирующего усилителя, представленную на рисунке 2.11, на основе микросхемы операционного усилителя MX9002 фирмы MAXIM с однополярным питанием от источника с напряжением плюс 5 В.

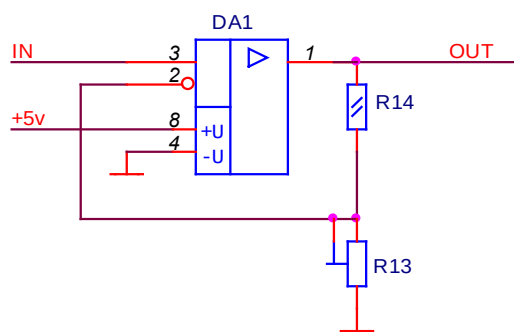


Рисунок 2.11 – Схема неинвертирующего усилителя на МС ОУ MX9002

Коэффициент усиления такого усилителя описывается следующим выражением:

$$K_y = 1 + R_{14}/R_{13}. \quad (2.1)$$

Для расчета коэффициента усиления определим сначала необходимое напряжение на входе АЦП. Известно, что предел измерения равен от 0 до 100 % с дискретностью 0,5 %, а максимальное значение напряжения на выходе датчика $U_d = 280$ мВ. Исходя из этого, определим максимальное число, которое должно быть на выходе АЦП для измерения прозрачности: $N = 100 / 0,5 = 200$. Так как АЦП AD7417 10-разрядный, то максимальное десятичное число, которое может быть получено в результате преобразования аналогового сигнала в цифровой код – 1023, что соответствует максимальному входному напряжению плюс 2,5 В. Определим необходимое напряжение на входе АЦП, которому будет соответствовать число $N = 200$:

$$U_{\max} = \frac{2,5 \cdot 200}{1023} = 488,8 \text{ мВ}. \quad (2.2)$$

Тогда коэффициент усиления с учетом (2.2) будет равен:

$$K_y = \frac{U_{\max}}{U_d} = \frac{488,8}{280} = 1,75. \quad (2.3)$$

С учетом (2.3) и (2.1) выбираем и рассчитываем сопротивления резисторов R_{13} и R_{14} :

$$R_{13} = 2 \text{ кОм}; \quad R_{14} = 3 \text{ кОм}.$$

Резистор R_{13} выбираем подстроечным, чтобы при настройке можно было точно выставить полученное значение коэффициента усиления.

2.4.3 Разработка электрической принципиальной схемы прибора.
Электрическая принципиальная схема прибора разработана в соответствии с его структурной схемой и представлена на рисунке 2.12.

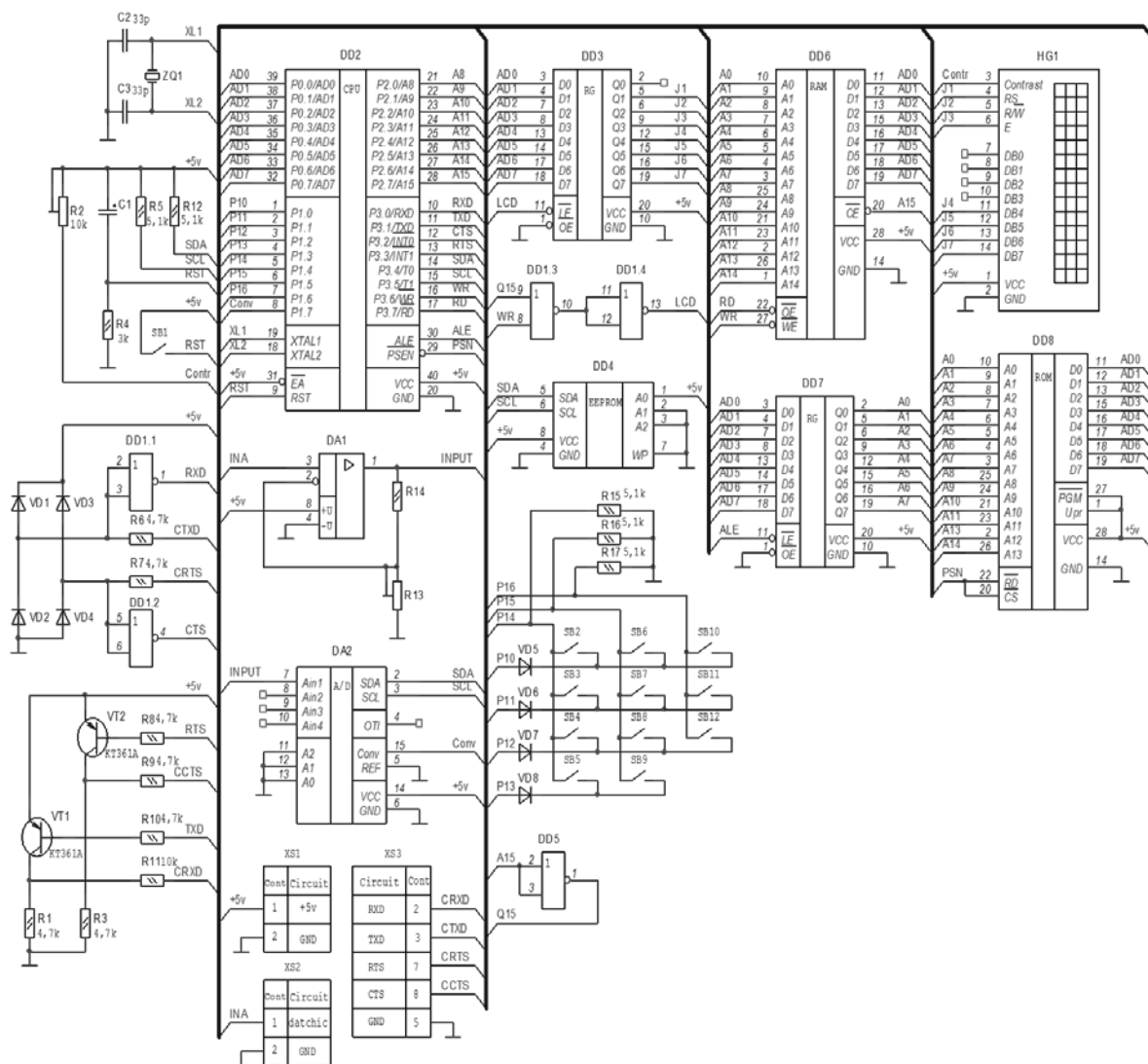


Рисунок 2.12 – Электрическая принципиальная схема прибора

После включения питания на вывод 9 (RST) MC DD2 подается сигнал высокого уровня, после чего параметры всей МПС устанавливаются в исходное состояние. Для сброса МПС в исходное состояние во время работы прибора используется клавиша «RESET» (SB1). К выводам X1 и X2 MC DD2 подключен кварцевый резонатор, с помощью которого формируется последовательность прямоугольных импульсов, вырабатываемых встроенным в МП генератором тактовых импульсов. Она синхронизирует во времени работу всех элементов МПС. Порт P0 в МПDD2 используется для выдачи младшего байта адреса и для обмена данными. Для того, чтобы зафиксировать младший байт адреса, используется MCDD7 – 8-разрядный регистр. При подаче стробирующего импульса на вывод 11(LE) микросхемы DD7 с выхода ALE (вывод 30) МПDD2 происходит фиксация младшего байта адреса. После этого порт P0 DD2 используется для обмена данными с внешними устройствами. На выводах DD7 формируется младший байт системной шины адреса A0...A7. Старший байт шины адреса A8...A15 начинается с выводов порта P2 МП. В качестве микросхемы ПЗУ используется микросхема DD8. На ее адресные входы A0...A15 поступают сигналы с системной ША. Выводы D0...D7 соединены с выводами порта P0 МПDD2. Считывание данных происходит при подаче сигнала на вывод 22(RD) MC DD8, который формируется на выводе 29(PSEN) MC DD2. В микросхеме DD8 хранятся программы, выполняемые МПС.

Активизация MC ОЗУ DD6 происходит при подаче сигнала низкого уровня на вывод 20 (CE). Чтение данных из MC DD6 осуществляется при подаче сигнала низкого уровня на её вывод 22 (OE), который формируется на выводе 17 (P3.7/RD) MC DD2. При записи данных в ОЗУ подается сигнал низкого уровня на вывод 27 (WE) MC DD6 с вывода 16 (P3.6/WR) МП DD2. Процесс преобразования аналогового сигнала в цифровой начинается при поступлении на вывод 15 (Conv) АЦП (DA2) импульса длительностью более 4 мкс. Этот импульс формируется программно на выводе 8 (P1.7) MC DD2. Если же импульс не подается, то преобразование происходит непрерывно. АЦП DA2 преобразует аналоговый сигнал, поступающий на вход Ain1 (вывод 7), в двоичное число и записывает его в ячейку внутреннего ОЗУ АЦП DA2. Передача данных в МП DD2 осуществляется по шине I²C (проводники SDA и SCL). Сигнал на вход Ain1 DA2 поступает с выхода операционного усилителя DA1, который применяется для усиления полезного сигнала, полученного с первичного преобразователя. Шина I²C начинается с выводов 14 (P3.4) и 15 (P3.5) МП DD2. Для управления шиной I²C применяются выходные каскады с открытым коллектором, поэтому линии SDA и SCL должны быть подтянуты к источнику питания плюс 5 В через резисторы R2 и R6 (сопротивлением 10 кОм). Удобства применения шины I²C очевидны – малое количество проводников и достаточно высокая скорость побитного обмена между МП и внешними устройствами, простота аппаратной реализации линий связи. Для записи и хранения результатов измерения используется микросхема электрически перепрограммируемого ПЗУ DD4.

Управление этой микросхемой происходит по шине I²C. Выводы порта P1 (P1.0...P1.6) МП DD2 используются для подключения клавиатуры. Управление клавиатурой осуществляется программным путем. Клавиша «Градуировка» (SB4) используется для перевода прибора в режим градуировки. Клавиша «Измерение» (SB2) переводит прибор в режим измерения. Клавиша «Чтение» (SB3) – для вывода результатов измерений на ЦОУ. Клавиши «Вперед» (SB6) и «Назад» (SB8) – для перехода к следующему или предыдущему значению результата измерения, записанного в памяти. Клавиша «Запись» (SB5) – для записи чисел в ППЗУ (используется при градуировке прибора). Клавиша «ЦИФР» (SB12) используется для переключения клавиатуры в числовой режим, т. е. для использования клавиш не как функциональных, а для ввода цифр от 0 до 9 (соответственно клавиши SB2...SB11).

После обработки и анализа полученной измерительной информации осуществляется вывод результата измерения на ЦОУ, реализованное на МС ЖКИ HG1. Для управления символьным ЖКИ HG1 используется регистр DD3. При настройке прибора выставляется контрастность ЖКИ при помощи подстроечного резистора R2. Прибор подключается к компьютеру по последовательному интерфейсу RS232 (XS3) с использованием линий приема/передачи данных (TXD/RXD), а также управляющих линий RTS и CTS.

2.5 Пример разработки электрической принципиальной схемы источника питания

2.5.1 Расчет потребляемой прибором мощности. Для обеспечения функционирования прибора на его питающие выводы необходимо подать напряжение плюс 5 В. Такие питающие напряжения нужны всем электронным элементам, которые использованы при разработке электрической принципиальной схемы. Это отражено в соответствующей справочной литературе. Рассчитаем суммарный ток, потребляемый прибором от источника с выходным напряжением плюс 5 В. Для этого, используя справочники по электронным элементам, определим ток, потребляемый каждой микросхемой в отдельности. Эти данные приведены в таблице 2.3.

Суммарный ток будет равен 200 мА.

Рассчитаем мощность, потребляемую прибором:

$$P = U \cdot I = 5 \cdot 0,2 = 1 \text{ Вт.} \quad (2.4)$$

Переменное сетевое напряжение 220 В понижается трансформатором *TU1*, затем выпрямляется диодной сборкой *VD1*. Конденсатор *C1* сглаживает пульсации выпрямленного напряжения. Далее выпрямленное напряжение подается на микросхему стабилизатора напряжения *DA1*. В данной схеме предусмотрено автономное питание от аккумулятора *AK*. Переход на автономное питание производится нажатием кнопки *SB2*. В качестве



автономного источника питания (АК) может быть использован, например, элемент питания типа «Крона».

Таблица 2.3 – Токи, потребляемые микросхемами

Микросхема	Потребляемый ток
AT89C51	20 мА
HM64256	3 мА
AD7417	600 мкА
WM-C1602N	1 мА
AT24C16	3 мА
MX9002	475 мкА
M27128A	85 мА
КР1533ИР22 (2 шт.)	40 мА
К555ЛЕ1 (2 шт.)	3,2 мА

Так как прибор должен питаться от переменного сетевого напряжения 220 В, а также от автономного источника, то в составе источника питания должны быть следующие элементы: понижающий трансформатор, диодный выпрямитель переменного напряжения, конденсатор для сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения, устройство, стабилизирующее напряжение на нагрузке, аккумуляторная батарея. Функциональная схема такого источника питания имеет следующий вид (рисунок 2.13):

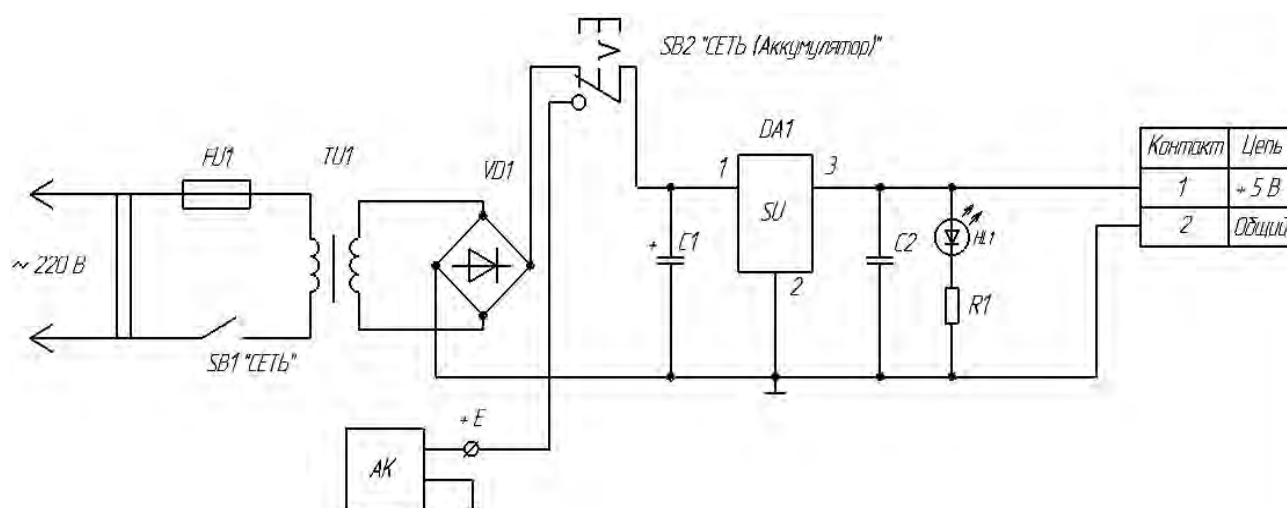
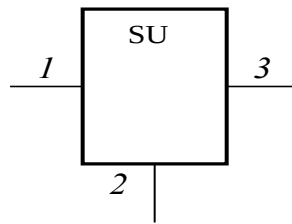


Рисунок 2.13 – Электрическая функциональная схема источника питания

2.5.2 Выбор микросхемы стабилизатора напряжения и диодного выпрямителя. По известным значениям максимального тока $I = 0,2$ А и напряжения $U = 5$ В, выбираем микросхему стабилизатора напряжения DA1 КР142ЕН5А, для которой максимальный ток нагрузки равен 3 А, а выходное



стабилизированное напряжение плюс $5 \pm 0,1$ В. Условное обозначение её представлено на рисунке 2.14.



1 – вход; 2 – общий; 3 – выход

Рисунок 2.14 – Условное обозначение МС КР142ЕН5А

В качестве диодного выпрямителя VD1 выбираем диодную сборку КЦ412А. Её максимальный ток равен 1А.

2.5.3 Расчет и выбор конденсатора для сглаживания пульсаций. В стабилизированных источниках питания конденсаторы устанавливаются на входных и выходных выводах микросхемы стабилизатора напряжения. Это делается для того, чтобы конденсатор, включаемый после диодного выпрямителя, сглаживал пульсации выпрямленного напряжения, а после микросхемы стабилизатора напряжения – для сглаживания пульсаций в нагрузке. Величина емкости конденсатора C_1 , сглаживающего пульсации выпрямленного напряжения, рассчитывается по формуле

$$C_1 = \frac{I_H}{2 \cdot U_{II} \cdot f}, \quad (2.5)$$

где I_H – ток нагрузки, А;

U_{II} – напряжение пульсаций, В;

f – частота переменного напряжения в сети, Гц.

Рассчитаем емкость конденсатора по формуле

$$C_1 = \frac{I_H}{2 \cdot U_{II} \cdot f} = \frac{0,2 + 0,01}{2 \cdot 0,5 \cdot 50} = 4200 \text{ мкФ}. \quad (2.6)$$

Выбираем стандартный конденсатор с емкостью 4700 мкФ и рабочим напряжением не менее 16 В.

Конденсатор C_2 выполняет функцию фильтра, подавляющего импульсные помехи, возникающие в результате переходных процессов в цифровых микросхемах и распространяющиеся по цепям питания. Такого рода помехи могут приводить к ложному срабатыванию логических элементов и сбою в работе цифрового блока прибора. Ёмкость конденсатора C_2 подбирается экспериментально при изготовлении прибора и выполнении регулировочных работ и обычно находится в пределах от 0,01 до 0,047 мкФ. При необходимости

таких конденсаторов может быть установлено несколько по одному возле каждой цифровой микросхемы.

2.5.4 Расчет действующего напряжения на вторичной обмотке трансформатора и выбор его по мощности. Рассчитаем действующее значение напряжения на вторичной обмотке по следующей формуле:

$$U_{\partial 2} = \frac{((U_{\text{ВЫХ.СТ}} + (U_{\text{ВХ.МС}} - U_{\text{ВЫХ.МС}})) \cdot K + U_{\Pi} + 2U_{\text{ПР.ВД}})}{\sqrt{2}}, \quad (2.7)$$

где $U_{\text{ВЫХ.СТ}}$ – выходное стабилизированное напряжение микросхемы DA₁;

$U_{\text{ВХ.МС}}$ – входное напряжение микросхемы DA₁;

$U_{\text{ВЫХ.МС}} = U_{\text{ВЫХ.СТ}}$;

U_{Π} – напряжение пульсаций на входе DA₁;

$U_{\text{ПР.ВД}}$ – прямое падение напряжения на выпрямителе VD₁, равное 1 В;

$K = 1,17$ – коэффициент, учитывающий понижение сетевого напряжения на минус 15 %.

Разность значений $U_{\text{ВХ.МС}}$ и $U_{\text{ВЫХ.МС}}$ для МС КР142ЕН5А равна 2,5 В.

$$U_{\partial 2} = ((5 + 2,5) \cdot 1,17 + 0,5 + 2 \cdot 1) / 1,41 = 8 \text{ В}. \quad (2.8)$$

Далее рассчитаем мощность трансформатора. Для этого необходимо просуммировать рассчитанную выше мощность в нагрузке и учесть мощность, потребляемую микросхемой DA₁. Для микросхемы КР142ЕН5А $I_{\text{номр}} = 10$ мА. Тогда $I_{\Sigma} = 200 + 10 = 210$ мА.

Суммарная мощность будет равна:

$$S = U_{\partial 2} \cdot I_{\Sigma} = 8 \cdot 0,21 = 1,68 \text{ Вт}. \quad (2.9)$$

2.6 Пример определения системных адресов элементов МПС

Системные адреса элементов, входящих в состав МПС, определяются по схеме электрической принципиальной прибора. При этом учитываются не только сигналы, поступающие на адресные входы микросхем, но и сигналы, обеспечивающие их переход в активное состояние, а также особенности МП (имеется в нём или нет внутреннее ПЗУ, используется ли оно).

В качестве внешнего ПЗУ используется МС М27128А. Она имеет объем памяти 16 Кбайт. Из схемы включения МС МП АТ89С51 следует, что используется её внутреннее ПЗУ объемом 4 Кбайта (её вывод ЕА (31) подключён к выводу плюс 5 В). Поэтому адресное пространство для ячеек



МСМ27128А будет начинаться с адреса 1000h. Запишем адреса первой и последней её ячеек в двоичной и шестнадцатеричной формах (таблица 2.4). Следовательно, адресное пространство рассматриваемой микросхемы лежит в диапазоне от 1000h до 4FFFh.

Таблица 2.4 – Адресное пространство МС ПЗУ М27128А

A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	HEX
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1000h
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4FFFh

В качестве ОЗУ используется МС НМ64256. Эта микросхема обладает объемом памяти 32 Кбайта. Двоичные и шестнадцатеричные адреса первой и последней ячеек этой микросхемы отражены в таблице 2.5. Адресное пространство её находится в пределах от 0000h до 7FFFh.

Таблица 2.5 – Адресное пространство МС ОЗУ НМ64256

A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	HEX
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0000h
–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7FFFh

Адрес регистра DD3, через который осуществляется управление работой ЖКИ, – 8000h.

Системные адреса элементов, связанные в МПС шиной I²C, определяются схемой подключения их адресных входов к выводам источника питания. Адрес МС АЦП DA2 на шине I²C – 000h. Адрес МС ЭППЗУ DD4 на шине I²C – 001h.

2.7 Пример разработки блок-схем алгоритмов работы прибора

2.7.1 Общая блок-схема алгоритма работы прибора. В соответствии с заданием проектируемый прибор должен обеспечивать выполнение не только измерительных функций, но и переводиться в режим градуировки. Выбор требуемого режима работы осуществляется с помощью клавиш SB2...SB11, которые для удобства пользования прибором маркируются специальными символами и надписями. Прибор переходит в рабочий режим работы после подачи на него питающих напряжений от сети или от автономного источника. При этом все параметры устанавливаются в исходное состояние и начинает выполняться основная программа, переводящая прибор в режим ожидания. Далее нажатие одной определенной клавиши (или нескольких клавиш в заданной последовательности) заставляет микропроцессор переключиться на выполнение соответствующей подпрограммы (рисунок 2.15).

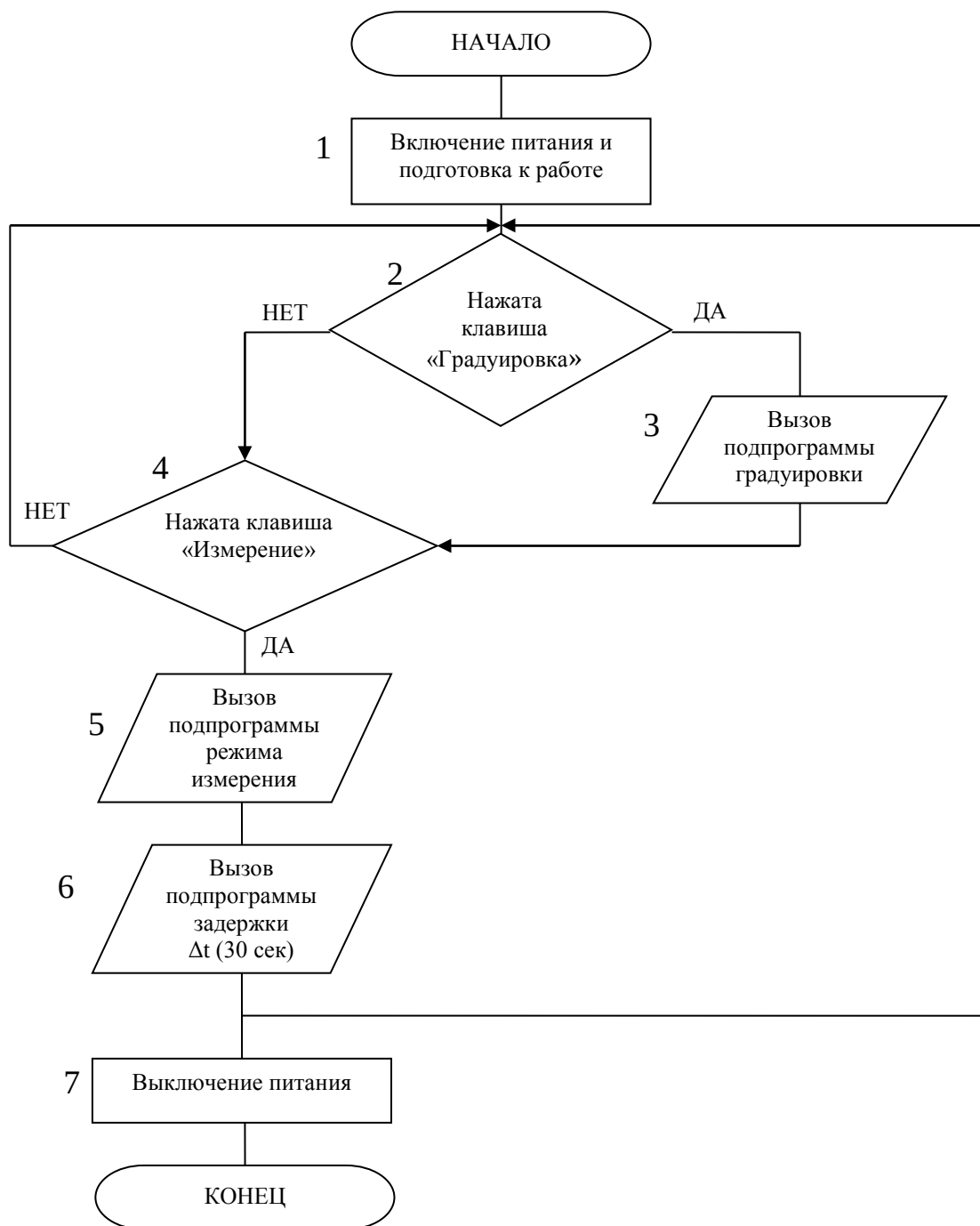


Рисунок 2.15 – Общая блок-схема алгоритма работы прибора

На данной блок-схеме показаны основные режимы работы прибора. Блок 1 – включение питания, после чего все элементы прибора подготавливаются к работе. Блок 2 – при нажатии клавиши «Градуировка» микропроцессор переходит в режим градуировки прибора и из ПЗУ вызывается соответствующая подпрограмма (блок 3). Блок 4 – при нажатии клавиши «Измерение» микропроцессор переключается в режим измерения и из ПЗУ вызывается подпрограмма для этого режима (блок 5). Блок 6 – обеспечивает требуемый временной интервал, в течение которого на ЦОУ будет

отображаться измерительная информация. Блок 7 – выключение прибора при завершении работы с ним.

2.7.2 Блок-схемы алгоритмов работы прибора в различных режимах. Чтобы проектируемый прибор – рабочее средство измерения (РСИ) – стал измерительным, необходимо предусмотреть разработку специального программного обеспечения, обеспечивающего выполнение градуировочных операций. Сущность их заключается в передаче РСИ единицы измеряемой физической величины от образцового средства измерения (ОСИ). Это может быть сделано путем одновременного воздействия измеряемой величиной X на РСИ и ОСИ (рисунок 2.16).

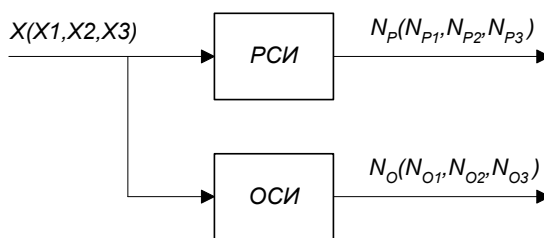


Рисунок 2.16 – Градуировка РСИ с использованием ОСИ

При этом на их ЦОУ появятся числа N_p и N_o соответственно, причем N_o будет действительным значением X . Выполнив несколько таких экспериментов, по полученным числовым значениям N_{p1} , N_{p2} , $N_{o1} = X_1$ и $N_{o2} = X_2$ может быть построена графическая зависимость $N_p = f(X)$, которая и будет являться градуировочной характеристикой РСИ (рисунок 2.17).

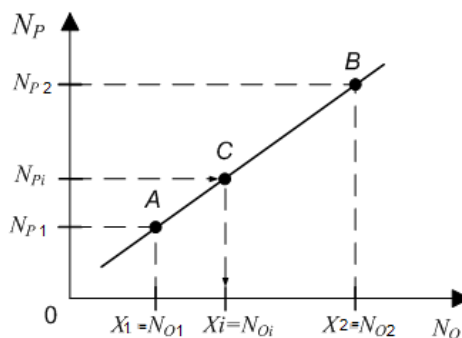


Рисунок 2.17 – Градуировочная характеристика РСИ

Если зависимость $N_p = f(X)$ линейная, то можно записать математическое выражение для градуировочной характеристики, которое будет представлять собой уравнение прямой, проходящей через две точки A и B с известными координатами. Тогда нахождение неизвестной измеряемой величины X_i может быть осуществлено путем решения уравнения:

$$X_i = \frac{(N_{o2} - N_{o1})(N_{pi} - N_{p1})}{N_{p2} - N_{p1}} + N_{o1}, \quad (2.10)$$

где N_{pi} – числовое значение, полученное с помощью РСИ при воздействии на него искомой величиной X_i .

Координаты точек $A(N_{o1}, N_{p1})$ и $B(N_{o2}, N_{p2})$ – величины известные, которые определяются при градуировке РСИ и записываются в его ППЗУ. Блок-схема алгоритма работы прибора в режиме градуировки показана на рисунке 2.18.

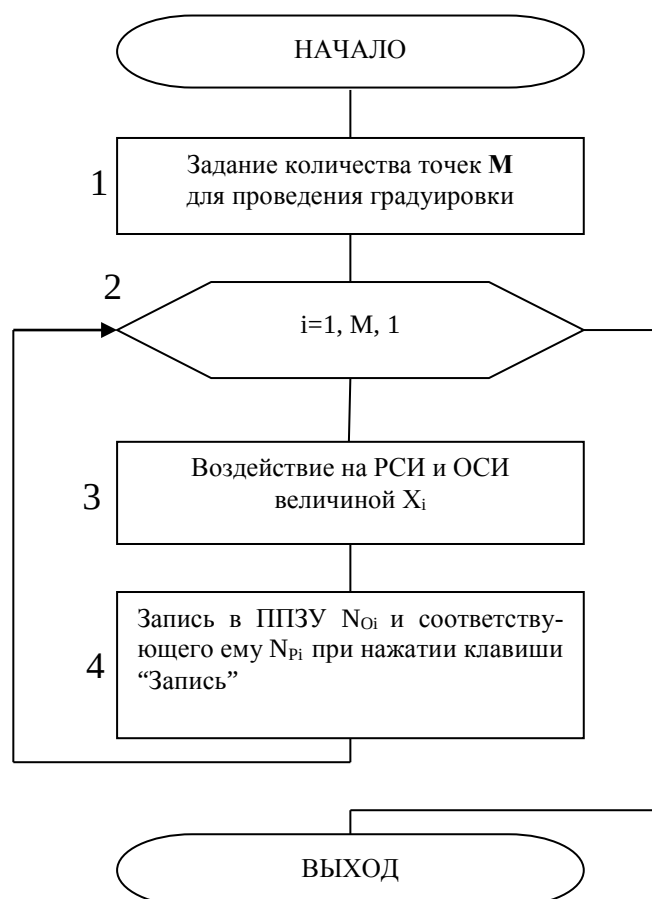


Рисунок 2.18 – Блок-схема алгоритма работы прибора в режиме градуировки

Выражение (2.10) справедливо для линейной функции преобразования РСИ. Однако в большинстве случаев функция преобразования РСИ является нелинейной. Поэтому определение координат двух точек при его градуировке оказывается недостаточным.

При градуировке РСИ с нелинейной функцией преобразования необходимо определить координаты возможно большего числа точек в диапазоне измерения величины X и записать их значения в его ППЗУ.

Нелинейная функция преобразования может быть аппроксимирована набором прямолинейных отрезков, каждый из которых описывается выражением, аналогичным (2.11) (рисунок 2.19).

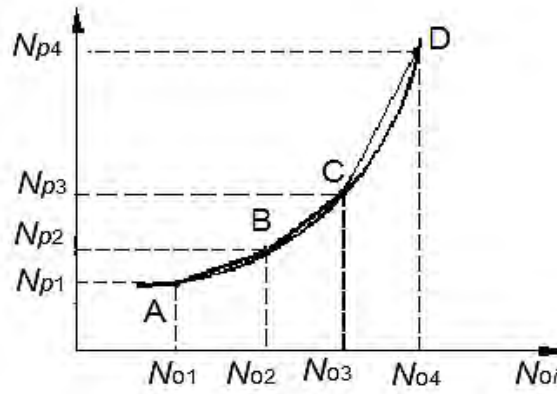


Рисунок 2.19 – Градуировочная характеристика РСИ с нелинейной функцией преобразования

Координаты двух соседних точек позволяют составить уравнение отрезка, соединяющего эти точки.

Для отрезка АВ с учетом (2.11) уравнение прямой запишется в виде:

$$X = \frac{(N_{o2} - N_{o1})(N_p - N_{p1})}{N_{p2} - N_{p1}} + N_{o1}. \quad (2.11)$$

Для отрезка ВС:

$$X = \frac{(N_{o3} - N_{o2})(N_p - N_{p2})}{N_{p3} - N_{p2}} + N_{o2}. \quad (2.12)$$

Для отрезка CD:

$$X = \frac{(N_{o4} - N_{o3})(N_p - N_{p3})}{N_{p4} - N_{p3}} + N_{o3}. \quad (2.13)$$

Алгоритм вычисления величины X при нелинейной зависимости $N_p = f(X)$ будет отличаться выполнением дополнительных операций, связанных с определением координат двух соседних точек, между числовыми значениями которых окажется измеряемая величина. Определение двух ближайших координат N_{pi} и $N_{p(i+1)}$ осуществляется путем сравнения полученного РСИ числа N_p и значений, зафиксированных в его ППЗУ при градуировке. Для числовых значений N_{pi} и $N_{p(i+1)}$ в ППЗУ хранятся также соответствующие им числовые значения N_{oi} и $N_{o(i+1)}$. Тогда измеряемая величина X может быть определена с помощью выражения

$$X = \frac{N_{o(i+1)} - N_{oi}}{N_{p(i+1)} - N_{pi}} (N_p - N_{pi}) + N_{oi}. \quad (2.14)$$

Блок-схема алгоритма вычисления измеряемой величины X с использованием выражения (2.14) приведена на рисунке 2.20. Этот алгоритм реализуется в процессе работы прибора в режиме измерения, блок-схема которого имеет следующий вид (рисунок 2.21):

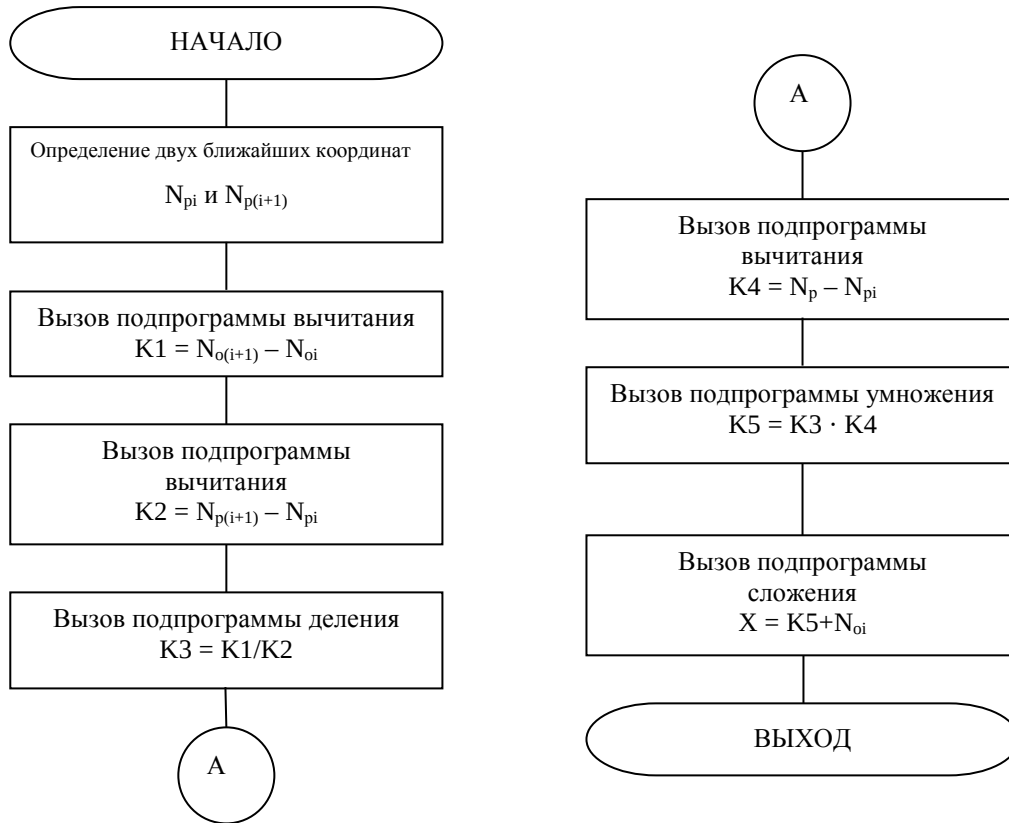


Рисунок 2.20 – Блок-схема алгоритма вычисления измеряемой величины X

В блоке 1 происходит предварительная запись числа наблюдений $n = 30$ в ячейку ОЗУ. В специально зарезервированных ячейках ОЗУ будет храниться суммарный результат всех выполненных наблюдений X_{Σ} , поэтому эти ячейки перед началом выполнения подпрограммы необходимо обнулить.

В блоке 2 происходит считывание данных из АЦП. Полученное двоичное число обрабатывается в блоке 3 в соответствии с функцией преобразования для получения результата наблюдения контролируемой величины. Затем полученный результат суммируется с результатом X_{Σ} (блок 4), после чего количество наблюдений измеряемой величины n уменьшается на 1 (блок 5). В блоке 6 делается проверка количества выполненных наблюдений. Если наблюдений выполнено меньше заданного числа n , то выполнение блоков 2...5 повторяется заново.

После выполнения $n = 30$ наблюдений в блоке 7 определяется результат измерения X путем вычисления среднего арифметического 30 наблюдений (делится X_{Σ}/n). Полученный результат выводится на ЖКИ (блок 8). ЦОУ отображает величину X в течение заданного временного интервала (30 с).

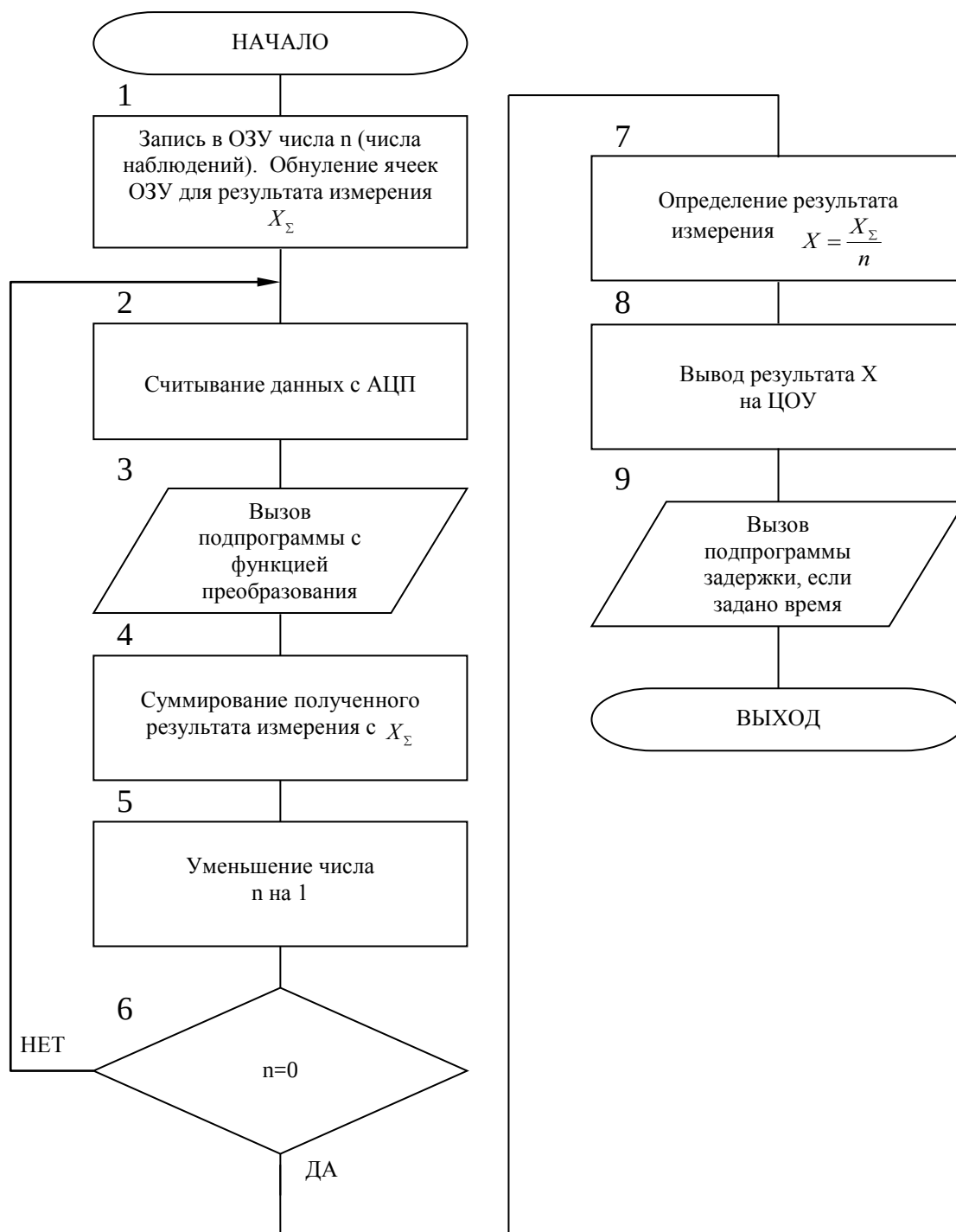


Рисунок 2.21 – Блок-схема алгоритма работы прибора в режиме измерения

2.8 Пример составления выводов по результатам проектирования

В ходе выполнения курсового проекта сделано следующее:

- 1) на основе анализа исходных данных разработана структурная схема прибора;

2) в соответствии со структурной схемой осуществлен подбор электронных элементов и разработана электрическая принципиальная схема прибора;

3) разработана функциональная схема источника питания, сделан расчёт и выбор элементов для него, разработана электрическая принципиальная схема, обеспечивающая его питание как от сетевого переменного напряжения 220 В, так и от автономного источника (аккумуляторной батареи);

4) на основании электрической принципиальной схемы определены системные адреса элементов микропроцессорной системы;

5) разработана общая блок-схема алгоритма работы прибора;

6) разработана блок-схема алгоритма работы прибора в режиме градуировки, обеспечивающая заданную точность прибора в процессе измерений;

7) разработана блок-схема алгоритма работы прибора в режиме измерения;

8) разработана математическая модель функции преобразования выходного сигнала измерительного прибора в результат измерения в стандартных единицах контролируемой физической величины;

9) разработана блок-схема алгоритма определения числового значения измеряемой величины с использованием функции преобразования;

10) разработана блок-схема алгоритма статистической обработки результатов наблюдений, получения результата измерения и вывода его на цифровое отсчётное устройство в соответствии с заданным режимом;

11) составлены перечни элементов в соответствии с электрическими принципиальными схемами прибора и источника питания.

2.9 Пример оформления списка использованных источников

1 **Иванов, В. Н.** Электроника и микропроцессорная техника : учебник / В. Н. Иванов, И. О. Мартынова. – Москва : Академия, 2016. – 288 с.

2 **Титов, В. С.** Проектирование аналоговых и цифровых устройств : учебное пособие / В. С. Титов, В. И. Иванов, М. В. Бобырь. – Москва : ИНФРА-М, 2016. – 143 с.

3 **Миленина, С. А.** Электротехника, электроника и схемотехника : учебник и практикум для академ. бакалавриата / С. А. Миленина ; под ред. Н. К. Миленина. – Москва : Юрайт, 2015. – 399 с.

Список литературы

1 **Иванов, В. Н.** Электроника и микропроцессорная техника : учебник / В. Н. Иванов, И. О. Мартынова. – Москва : Академия, 2016. – 288 с.

2 **Титов, В. С.** Проектирование аналоговых и цифровых устройств : учебное пособие / В. С. Титов, В. И. Иванов, М. В. Бобырь. – Москва : ИНФРА-М, 2016. – 143 с.

5 **Horowitz, P.** The art of electronics. Third Edition / P. Horowitz, W. Hill. – Cambridge: University Press, 2015. – 1192 с.



Приложение А

(обязательное)

Титульный лист пояснительной записки

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту по дисциплине
«Электроника и микропроцессорная техника»

Тема проекта _____

Проект выполнил студент _____

Группа _____

Руководитель проекта _____

Могилев 20__ г.

