

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения

Специальность Информационно-измерительная техника и технологии

Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы	
Разработка датчика давления с цифровым интерфейсом ИРПС	

УДК 53.087.92

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Жаворонков А.С.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Редько В.В.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

По разделу «Расчет надежности»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Степанов А.Б.			

По разделу «Конструкторско-технологическая часть»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Степанов А.Б.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржигов Анатолий Петрович	д. ф.- м. н., профессор		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Электронного обучения
Специальность – Информационно-измерительная техника и технология
Кафедра – Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой
_____ Суржиков А.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Дипломного проекта
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
З-1401	Жаворонков Артем Сергеевич

Тема работы:

Разработка датчика давления с цифровым интерфейсом ИРПС	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 277/с от 22.01. 2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Обеспечить ввод в логическую стойку по интерфейсу ИРПС следующий сигнал: Мгновенное значение напряжения $\pm 0 - 5В$; Напряжение питания 12В. Устройство должно обладать точностью до 1,5%.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Обзор литературы по теме работы; Разработка структурной схемы; Выбор элементной базы; Разработка полной принципиальной схемы; Разработка программы для контроллера. Расчет элементов принципиальной схемы устройства; Разработка конструкции, печатной платы устройства.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Схема электрическая принципиальная. Плата печатная. Крышка задняя. Пластина крепежная.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	

Раздел	Консультант
По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Петухов О.Н.
По разделу «Социальная ответственность»	Кырмакова О.С.
По разделу «Расчет надежность»	Степанов А.Б.
По разделу «Конструкторская часть»	Степанов А.Б.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.09.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Редько В.В.	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1401	Жаворонков А.С.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1401	Жаворонкову Артему Сергеевичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	Специалитет	Направление/специальность	ИИТТ

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	При выполнении дипломной работы проводились следующие виды работ: - работа в условиях естественного и искусственного освещения с литературой; - работа с электроустановками.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	При работе в лаборатории к физическим вредным производственным факторам относятся: - Недостаточный уровень освещения; - Неблагоприятные условия микроклимата; К физическим опасным производственным факторам при работе в лаборатории относятся: - возможность поражения электрическим током; - возможность возникновения пожара.
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	При выполнении данной работы не были использованы какие-либо вещества и материалы, способные привести к загрязнению окружающей среды, следовательно, специальные природоохранные мероприятия не разрабатывались.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Наиболее типичной ЧС на объекте является пожар. Оценка пожарной безопасности. Разработка мероприятий по устранению и предупреждению пожаров.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	Главным направлением государственной политики в области охраны труда является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников. Это достигается путем принятия и реализации федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации об охране труда.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Жаворонков Артем Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
З-1401	Жаворонкову Артему Сергеевичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	специалитет	Направление/специальность	ИИТТ

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Финансовые ресурсы - 14647руб. Человеческие ресурсы - 2 чел.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	-
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	-

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	1.Формирование плана работ по разработке проекта. 2. Расчет сметы затрат на создание проекта. 3. Оценка эффективности работы.
2. Разработка устава научно-технического проекта	-
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	-
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	-

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1401	Жаворонков Артем Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа _____ 76 _____ с., _____ 27 _____ рис., 16 _____ табл., _____ 28 _____ источников, _____ 5 _____ прил.

Ключевые слова: МИКРОКОНТРОЛЛЕР, ЛОГИЧЕСКАЯ СТОЙКА, ДИСКРЕТНЫЙ СИГНАЛ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА, ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА

Цель работы – создание устройства, с помощью которого можно осуществить преобразование аналогового сигнала в цифровой, а так же обеспечить его передачу по ИРПС на логическую стойку.

В процессе исследования проводились: описание работы разрабатываемого устройства, описание работы отдельных узлов, оценка экономической эффективности, анализ безопасности работы.

В результате исследования разработано устройство, с помощью которого можно обеспечить преобразование аналогового сигнала с датчика МС в двоично-десятичный код (измеренного давления) и его передачу по ИРПС порту в логическую стойку

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Питание 12 В. Точность 1,5%. Диапазон измерения от 0 до 50 мм. рт. ст. Диапазон рабочих температур от 5 °С до 25 °С. Применяется при влажности воздуха не более 85%

Область применения: газоразделительное производство

Экономическая эффективность/значимость работы: экономия составляет 636354 рубля.

В будущем планируется модернизировать устройство в процессе эксплуатации.

Содержание

	С.
Введение	10
1 Обзор литературы	12
1.1 Назначение разрабатываемого устройства	12
1.2 Описание датчика МС	13
1.3 Формат передачи МЦ	16
1.4 Микроконтроллер	16
2 Составление структурной схемы	19
3 Выбор элементной базы	20
3.1 Выбор микроконтроллера и его характеристики	20
3.2 Выбор АЦП и его характеристики	22
3.3 Выбор EEPROM и её характеристики	24
3.4 Выбор DC/DC преобразователя и его характеристики	26
4 Разработка полной принципиальной схемы	27
4.1 Расчет для схемы светодиодов	28
4.2 Расчет для схемы оптопары	29
5 Разработка программы микроконтроллера	30
6 Разработка печатной платы	31
7 Описание работы прибора	33
8 Способ крепления прибора	35
9 Расчет надежности и экспериментальная часть	38
10 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	49
10.1 Введение	49
10.2 Техничко-экономическое обоснование работы	50
10.3 Планирование работы во времени	50
10.4 Расчет себестоимости устройства	52
10.5 Расчет затрат на эксплуатацию	57
10.6 Экономическая эффективность	60

11	Социальная ответственность	61
	11.1 Производственная безопасность.	61
	11.2 Экологическая безопасность.	68
	11.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	69
	11.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
	Заключение	73
	Conclusion	74
	Список использованных источников	75
	Приложение А ФЮРА.421215.016 ЭЗ Схема электрическая принципиальная	77
	Приложение Б Текст программы	78
	Приложение В ФЮРА.421215.016 Плата печатная	81
	Приложение Г ФЮРА.421215.016 МЧ Крышка задняя	82
	Приложение Д ФЮРА.421215.016 МЧ Пластина крепежная	83

Введение

Важнейшая задача современной науки и техники - повышение эффективности промышленного производства, поэтому за последние годы в области электроники наметилась тенденция к стремительному развитию. В наше время появилась возможность приобрести микросхему, которая выполняет различные функции и служит для достижения многих целей.

Одним из наиболее важных достижений современной микроэлектроники является создание универсальных микросхем – микроконтроллеров. Они способны выполнять практически любые операции, необходимые пользователю, благодаря чему применяются в самых разных сферах.

Использование микроконтроллеров в изделиях не только приводит к повышению технико-экономических показателей (стоимости, надежности, потребляемой мощности, габаритных размеров), но и позволяет сократить время разработки изделий и делает их модифицируемыми, адаптивными.

Микроконтроллеры представляют собой эффективное средство автоматизации разнообразных объектов и процессов.

Акционерное общество (АО) «Сибирский Химический Комбинат» (СХК) - предприятие с высоким уровнем технологического процесса. Основной продукцией является обогащенный уран, используемый в качестве топлива для отечественных и зарубежных атомных электростанций.

Кроме того, АО «СХК» занимается производством стабильных изотопов для применения в медицине, для научных исследований и для других промышленных отраслей народного хозяйства.

Способ разделения и обогащения применяемый на предприятии – газоцентрифугирование. Основным разделительным элементом является газовая центрифуга. В процессе эксплуатации газовых центрифуг необходимо регистрировать давление в технологической линии.

Для контроля этого параметра на заводе разделения изотопов применяются различные типы устройств: датчик манометр секционный (МС) на старых магистралях или манометр цифровой (МЦ) на новых. Но так как датчики МС на заводе в достаточном количестве, предполагается отказаться от установки датчиков МЦ, где это возможно. Поэтому необходимо обеспечить преобразование аналогового сигнала поступающего с датчика МС в двоично-десятичный код (измеренного давления) и дальнейшую его передачу по ИРПС порту в логическую стойку.

Создание датчика с электронным преобразователем приведёт к сокращению затрат, связанных с закупкой датчиков МЦ. Что позволит значительно улучшить технико-экономические показатели производства.

В результате дипломной работы предполагается получить работоспособное устройство для замены датчика МЦ.

Для достижения поставленной цели необходимо произвести обзор литературы, на основании которого будет составлена структурная схема, которая позволит выбрать наиболее оптимальное решение по выбору структуры устройства. Далее нужно опираясь на структурную схему разрабатывается принципиальная схема, где окончательно определяется элементная база. Так как разрабатываемый датчик с электронным преобразователем содержит в своей основе микроконтроллер, то для него необходимо разработать алгоритм работы и программу.

Затем необходимо разработать печатную плату преобразователя и конструкцию крепления в логическую стойку. После необходимо будет произвести сборку устройства и создать описание работы преобразователя.

Провести метрологические испытания, из проведенных испытаний можно судить о работоспособности датчика с электронным преобразователем. Далее произвести расчет экономической части.

1 Обзор литературы

1.1 Назначение разрабатываемого устройства

На технологических блоках для дистанционного измерения давления и передачи информации об измеряемом давлении по интерфейсу ИРПС используются датчики МЦ. Предлагается использовать вместо МЦ, датчики с электронным преобразователем. Подключение датчика к контроллеру логической стойки изображено на рисунке 1. Датчик преобразует перепад давления в пропорциональный электрический сигнал постоянного тока, далее электрический сигнала при помощи электронного преобразователя трансформируется в цифровой код, и происходит дальнейшая передача информации об измеряемом давлении по интерфейсу ИРПС как указано в [1, 2].



Рисунок 1 – Подключение датчика

1.2 Описание датчика МС

Датчик устанавливается на технологическую линию с диапазоном давления от 0 мм рт. ст. до 50 мм рт. ст. как показано схематично на рисунке 2. Датчик подсоединяют импульсными трубками сначала к контролируемому объему трубкой, обозначенной на датчике знаком «+», затем к нулевой линии трубкой, обозначенной на датчике знаком «-».

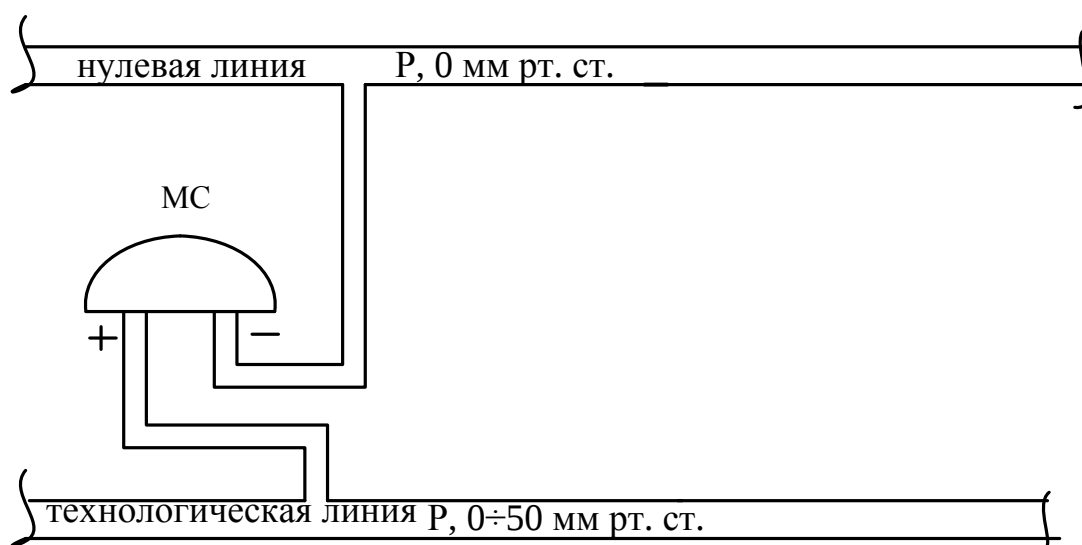


Рисунок 2 – Монтажная схема подключения датчика МС

Принцип действия датчика основан на использовании деформации упругого элемента (мембраны) при воздействии на него измеряемого давления. Перемещение центра мембраны, вызванное изменением давления, через мультипликатор хода преобразуется в перемещение ползунка по реостату, что приводит к изменению соотношения плеч реостата и нарушению равновесия мостовой схемы датчика [3].

Схематическое изображение конструкции датчика представлено на рисунке 3.



Мембрана и реостатный преобразователь закрыты колпаком, который герметично припаян к основанию датчика. Объем, заключенный между

колпаком и основанием датчика, является минусовой полостью датчика, сообщаемой с нулевой линией. Объем, заключенный между верхней крышкой мембранного блока и припаянной к ней мембраной, является плюсовой полостью датчика, сообщаемой с измеряемой средой.

Для повышения устойчивости контакта между ползунком и реостатом, и уменьшения электро-коррозии, возникающей в результате нарушения стабильности контакта из-за пульсаций измеряемого давления, контактная пара щетка-реостат погружается в масло.

Датчик включается в мостовую схему как показано на рисунке 4. Одна ветвь схемы состоит из сопротивления реостатного преобразователя датчика и сопротивлений электрического корректора нуля и чувствительности. Другая ветвь мостовой схемы образована постоянными $R1$ и $R2$ делителями напряжения [3].

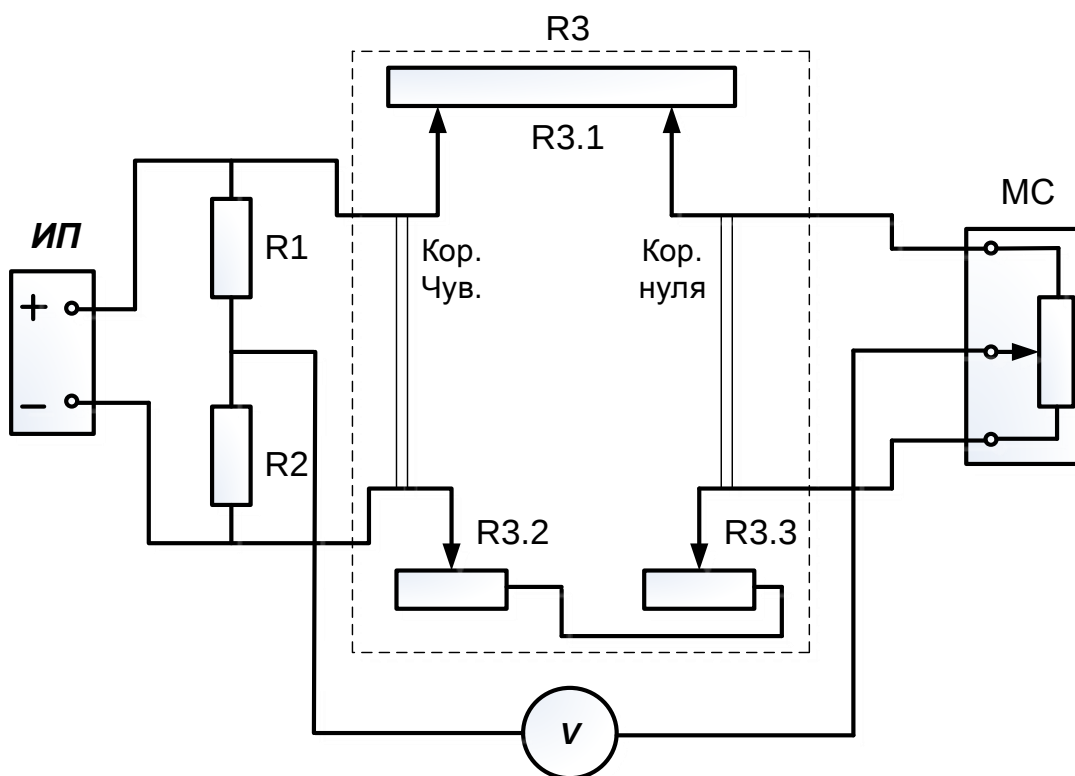


Рисунок 4 – Электрическая схема подключения датчика МС

МС- датчик, ИП - источник питания, V – вольтметр показывающий прибор,
 $R1$ - 300 Ом, и $R2$ – 60 Ом, и $R3$ – электрический корректор

1.3 Формат передачи МЦ-3

Исходя из задания, необходимо обеспечить передачу информации (на логическую стойку) об измеряемом давлении по интерфейсу ИРПС как указано в [1, 2]. Датчик МС преобразует перепад давления в пропорциональный электрический сигнал постоянного тока, но такую структуру сигнала логическая стойка не поймет.

Для того чтобы сигнал поступающий с датчика был понятен, передача информации должна осуществляться в двоично-десятичном коде двухбайтными посылками по ИРПС порту. Структура кодовой посылки используемого датчика МЦ приведена на рисунке 5 [4].

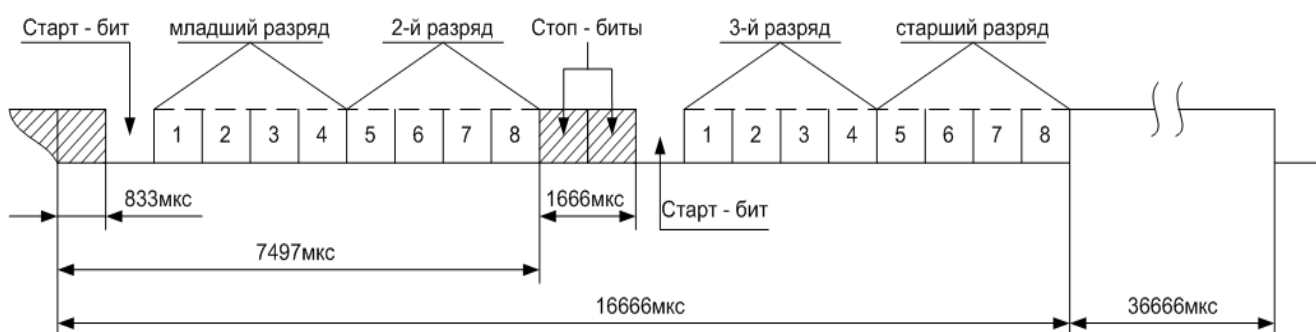


Рисунок 5 – Кодовая посылка МЦ-3

Следовательно, для обеспечения необходимой структурой кодовой посылки необходим микроконтроллер.

1.4 Микроконтроллер

Самым важным элементом разрабатываемого устройства является микроконтроллер. Микроконтроллер (от английского *control* – управлять, регулировать) – это миниатюрное устройство, представляющее собой микросхему, выполняющую заранее заложенную программу и предназначенное для управления реальными объектами [5]. Управление

происходит во времени, поэтому говорят, что контроллер управляет объектом в реальном масштабе времени. Как всякое устройство управления, контроллер собирает исходную информацию, обрабатывает ее и формирует сигналы управления. Как правило, сигналы, несущие исходную информацию, и сигналы управления представляют собой аналоговые сигналы, такие, как напряжение, ток, магнитный и световой потоки, линейные и угловые перемещения и многое другое. Обработка этих сигналов может происходить как в аналоговой, так и в цифровой форме; последняя, в силу ее универсальности, находит в настоящее время повсеместное применение - контроллеры превращаются в аналого-цифровые устройства. Итак, современный контроллер - это цифровой вычислитель, связанный со средой управления аналого-цифровыми и цифроаналоговыми преобразователями.

В настоящее время мир контроллеров (микроконтроллеров) всё больше и больше разрастается. Существуют микроконтроллеры специализированные и общего назначения.

Микроконтроллер включает в себя центральный процессор (ЦП), постоянное и оперативное запоминающие устройства (ПЗУ, ОЗУ), цифровое и аналоговое устройства ввода-вывода (ЦВВ, АВВ), таймер (Т) и устройство прерываний (УПР).

Центральный процессор выполняет две задачи – организует пересылку информации между всеми модулями МК и осуществляет преобразование информации на арифметико-логическом устройстве (АЛУ). Запоминающее устройство служит для хранения программ и констант (ПЗУ) и оперативно изменяющихся данных (ОЗУ). В отличие от универсальных ЭВМ, ОЗУ микроконтроллера имеет небольшой объем, не превышающий, как правило, нескольких сот байт.

На основе анализа выпускаемых за рубежом однокристальных микропроцессоров построена их обобщенная блок-схема, которая изображена на рисунке 6.

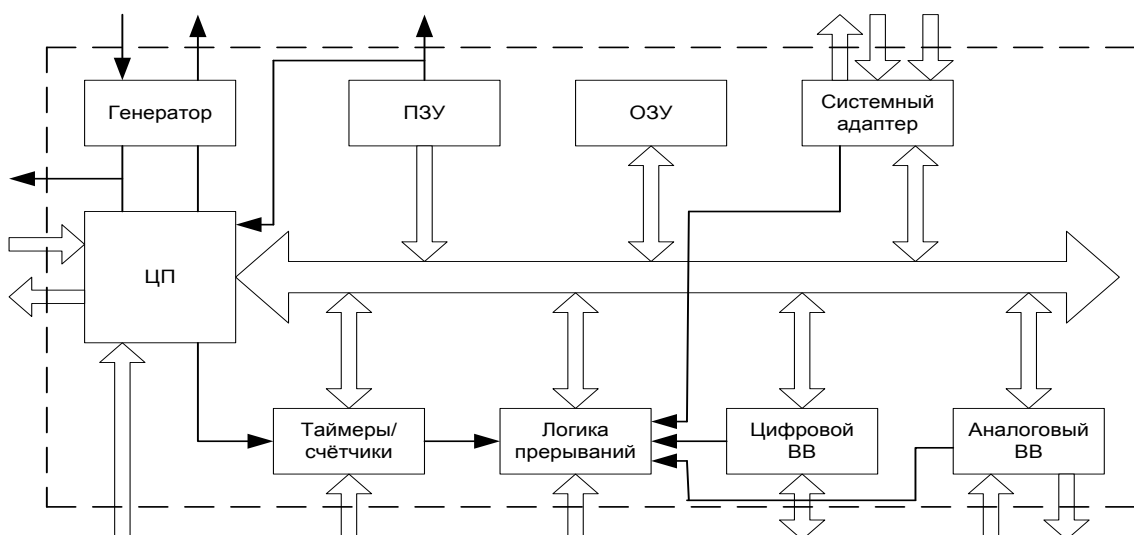


Рисунок 6 – Обобщенная блок-схема ОМК

Центральный процессор работает на внутреннюю системную шину, к которой подключены все компоненты микроконтроллера. Внутренняя память физически разделена на ОЗУ данных и ПЗУ программ. Программирование ПЗУ осуществляется либо на заводе-изготовителе, либо пользователем, для чего ПЗУ перед записью очищается ультрафиолетовыми лучами (перепрограммируемое ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием УСППЗУ). Системный адаптер формирует сигналы на внешней системной шине – шине данных, шине адреса, и шине управления. Таймеры/счетчики имеют как внутренние, так и внешние входы, что позволяет реализовать сложные алгоритмы управления в реальном масштабе времени. Логика прерываний обеспечивает выполнение запросов на прерывание согласно установленным приоритетам. Цифровые и аналоговые устройства ввода-вывода организуют непрерывный обмен информацией между ОМК и объектом управления.

Предусмотрены линии управления ЦП и внешними БИС, используемыми для расширения архитектуры микроконтроллеров [5].

2 Составление структурной схемы

Исходя из задания, необходимо обеспечить преобразование аналогового сигнала поступающего с датчика МС в двоично-десятичный код (измеренного давления) и дальнейшую его передачу по ИРПС порту в логическую стойку. Диапазон выходного напряжения датчика МС от 0 до 5 В. Питание датчика МС 5 В. Предусмотреть питание преобразователя от 12 В. Устройство должно обладать точностью до 1,5%. Из выше перечисленных требований была составлена структурная схема будущего устройства.

Структурная схема разрабатываемого устройства представлена на рисунке 7. Блок, основу которого составляет микроконтроллер, предназначен для обработки сигнала поступающего с АЦП и передачи его по ИРПС порту на логическую стойку. Микросхема памяти предназначена для хранения коэффициента K и нулевого уровня, которые в дальнейшем будут использоваться в расчетах. АЦП должно обеспечивать шаг равный 0,01. Поэтому необходимо использовать 12 битное АЦП. Для обеспечения питанием датчика МС требуется 5 В, но так как необходимо предусмотреть питание преобразователя от 12 В то нужно ставить *DC/DC* преобразователь.

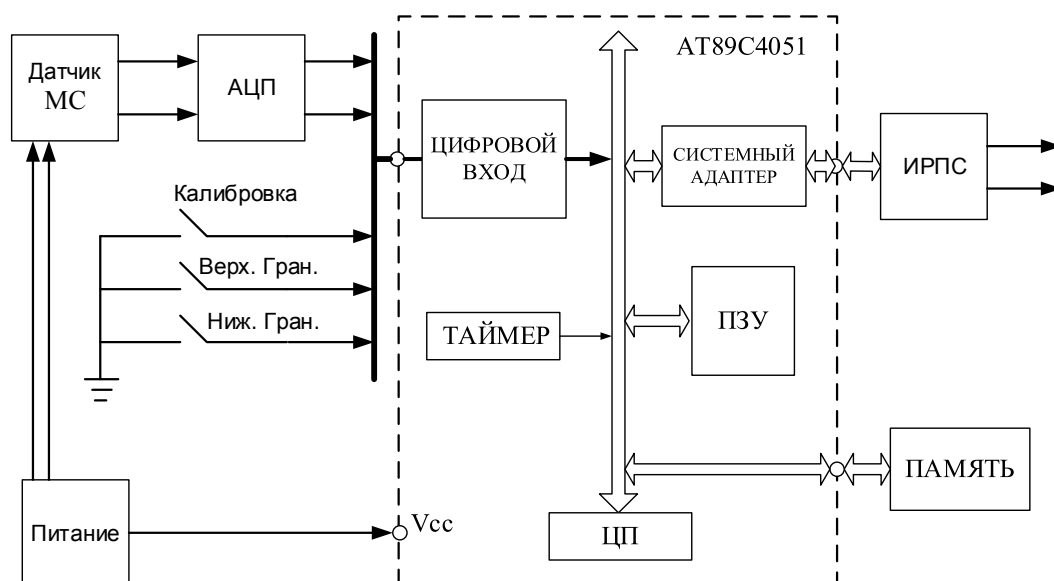


Рисунок 7 – Структурная схема

3 Выбор элементной базы

3.1 Выбор микроконтроллера и его характеристики

Входными параметрами для выбора микроконтроллера являются:

Напряжение питания от 2,7 В до 6 В, распознавание режима аварийного отключения питания и низкая стоимость. Наличие аналогов, а так же дальнейшая поддержка производства фирмой ATMEL данного вида микроконтроллера, что имеет большое значение для производства.

В результате был выбран микроконтроллер AT89C4051 аналог AT89C2051 фирмы ATMEL как указано в [7], обладающий следующими характеристиками:

- Совместимость с ИС семейства MCS 51
- 4 Кбайта перепрограммируемой Flash памяти:
- Ресурс: 1000 циклов записи/ стирания
- Напряжение питания от 2.7 В до 6 В
- Полностатический режим работы: от 0 Гц до 24 МГц
- Двухуровневая защита программирования памяти
- Встроенная 128x8 бит RAM
- 15 программируемых линий I/O
- Два 16 -ти разрядных таймера/ счетчика
- 6 источников прерывания
- Программируемый последовательный канал UART
- Встроенный аналоговый компаратор
- Экономичные режимы ожидания (Idle) и отключения (Power – down)
- Распознавание режима аварийного отключения питания

Блок-схема контроллера представлена на рисунке 8.

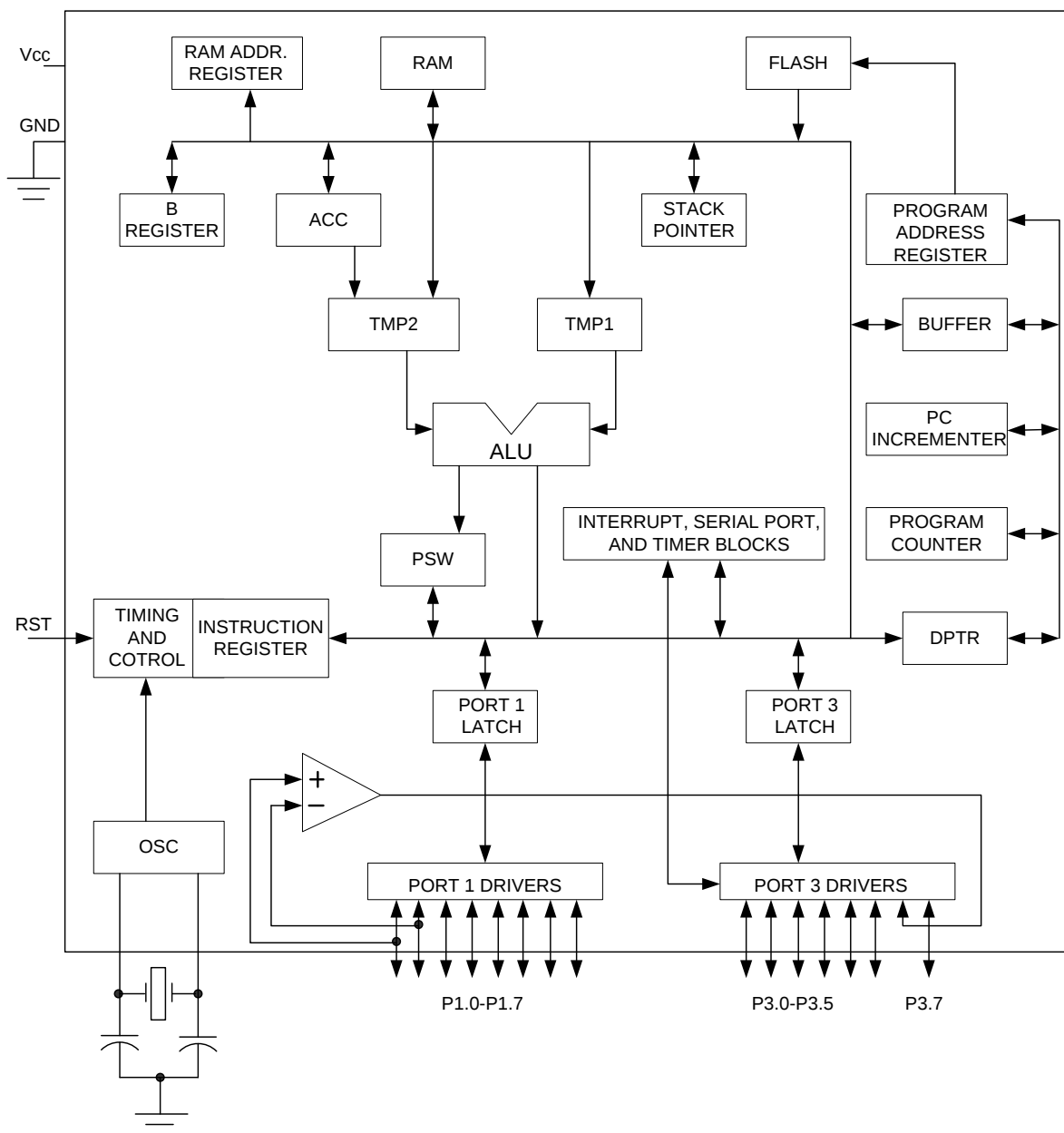


Рисунок 8 – Функциональная блок-схема контроллера

Расположение выводов AT89C4051 представлено на рисунке 9.

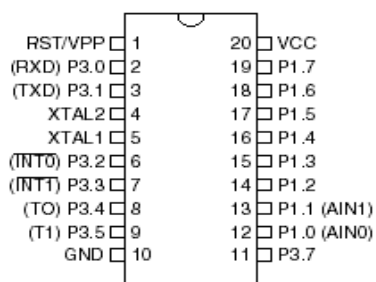


Рисунок 9 – Расположение выводов

Микроконтроллер AT89C4051 представляет собой низковольтный, высокопроизводительный, 8-ми разрядный CMOS микроконтроллер с программируемой и стираемой Flash ПЗУ памятью (PEROM) объемом 4 Кбайт. ИС производится с применением технологии энергонезависимой памяти с высокой плотностью размещения, разработанной корпорацией Atmel, и имеет совместимость со стандартным набором, широко используемых, инструкций стандарта MCS-51. Благодаря объединению универсального, 8-ми разрядного CPU и Flash на одном кристалле, микроконтроллер Atmel AT89C4051 имеет высокую производительность, гибкость в применении.

AT89C4051 имеет следующий стандартный набор функций: 4 Кбайт Flash, 128 байт RAM, 15 линий I/O, два 16-ти разрядных таймера/ счетчика, 5-ти векторную, двухуровневую архитектуру прерываний, полнодуплексный последовательный порт, прецизионный аналоговый компаратор, встроенный генератор и цепи тактового сигнала. Кроме того, AT89C4051 разработан с применением технологии статической логики, обеспечивающей функционирование на частотах, вплоть до 0 Гц и имеет два, программно – выбираемых, режима экономии потребляемой энергии. В режиме ожидания (Idle) происходит остановка CPU, но продолжают функционировать RAM, таймер/ счетчики, последовательный порт, а также, система прерываний. В режиме отключения (Power – down) содержимое RAM сохраняется, но происходит остановка тактового генератора, отключающая все остальные функции, вплоть до поступления следующего сигнала аппаратной инициализации.

3.2 Выбор АЦП и его характеристики

Входными параметрами для выбора АЦП являются:

Напряжение питания от 4,5 В до 5,5 В, прямая связь с датчиком, низкая стоимость и наличие аналогов.

В результате был выбран АЦП LTC1298 фирмы Linear Technology как указано в [8], обладающий следующими характеристиками:

- 12 разрядный АЦП
- питание от 4,5 В до 5,5 В
- потребляемый ток 2 мА
- низкая стоимость
- совместимость с микроконтроллерами семейства MCS 51
- 2 канала MUX

Блок-схема АЦП представлена на рисунке 10.

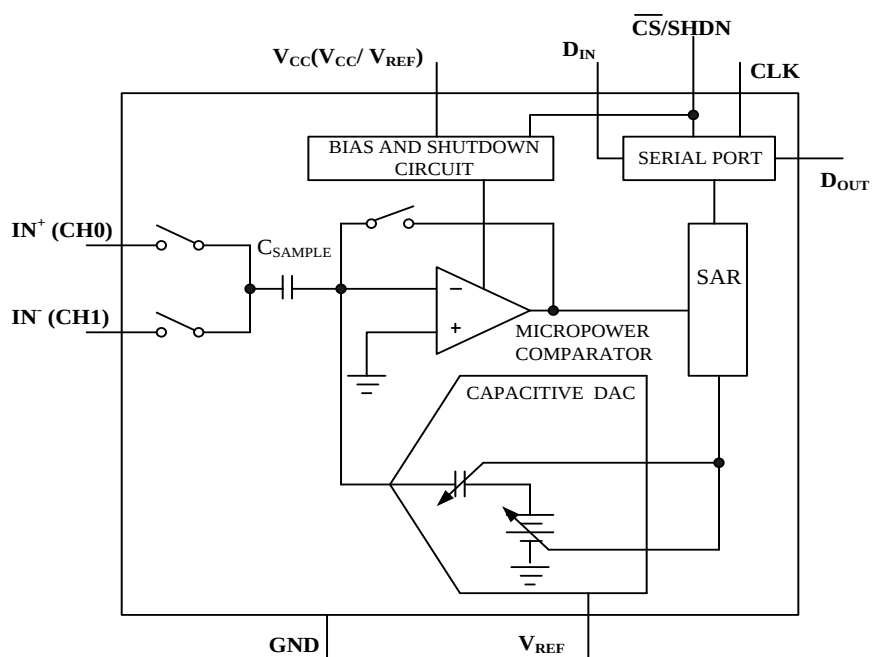


Рисунок 10 – Функциональная блок-схема АЦП

Расположение выводов LTC1298 представлено на рисунке 11.

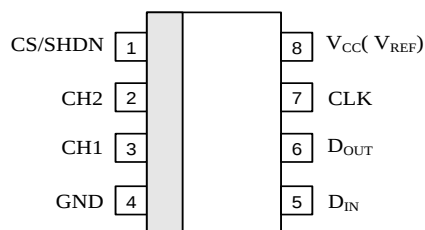


Рисунок 11 – Расположение выводов

АЦП LTC1298 упакована в 8-выводный корпус, питается напряжением от 4,5 В до 5,5 В, потребляет около 2 мА. Она не требует применения внешнего источника опорного напряжения и использует для связи с микроконтроллером всего 3 линии связи.

Управление АЦП осуществляется по последовательному порту, что позволяет осуществить эффективную передачу данных широкому диапазону микропроцессоров. LTC1298 имеет достаточно много точных и приближенных аналогов (MAX 1241 Maxim, AD7894 Analog Devices)

3.3 Выбор EEPROM и её характеристики

Входными параметрами для выбора EEPROM являются:

Напряжение питания от 2,7 В до 5,5 В, необходимый размер памяти и низкая стоимость. Наличие аналогов, а так же дальнейшая поддержка производства фирмой ATMEL данного вида EEPROM, что имеет большое значение для производства.

В результате был выбран EEPROM AT24C04A фирмы ATMEL как указано в [9], обладающий следующими характеристиками:

- Размер памяти, 4 Кбит
- Разрядов, 8 бит
- ICC Standby, 1.6 мкА
- ICC, 0.4 мА
- tWR, 5 мс
- Интерфейс I2C
- F (макс.), 0.4 МГц
- VCC, от 2,7 В до 5,5 В
- TA, от -40 до 125 °C
- Корпус PDIP

Расположение выводов AT24C04A представлено на рисунке 12.

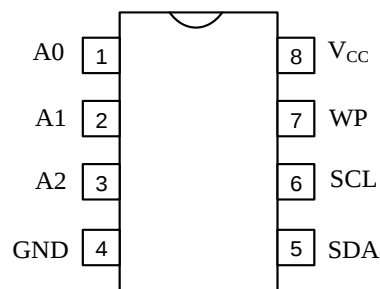


Рисунок 12 – Расположение выводов

Блок-схема AT24C04A представлена на рисунке 13.

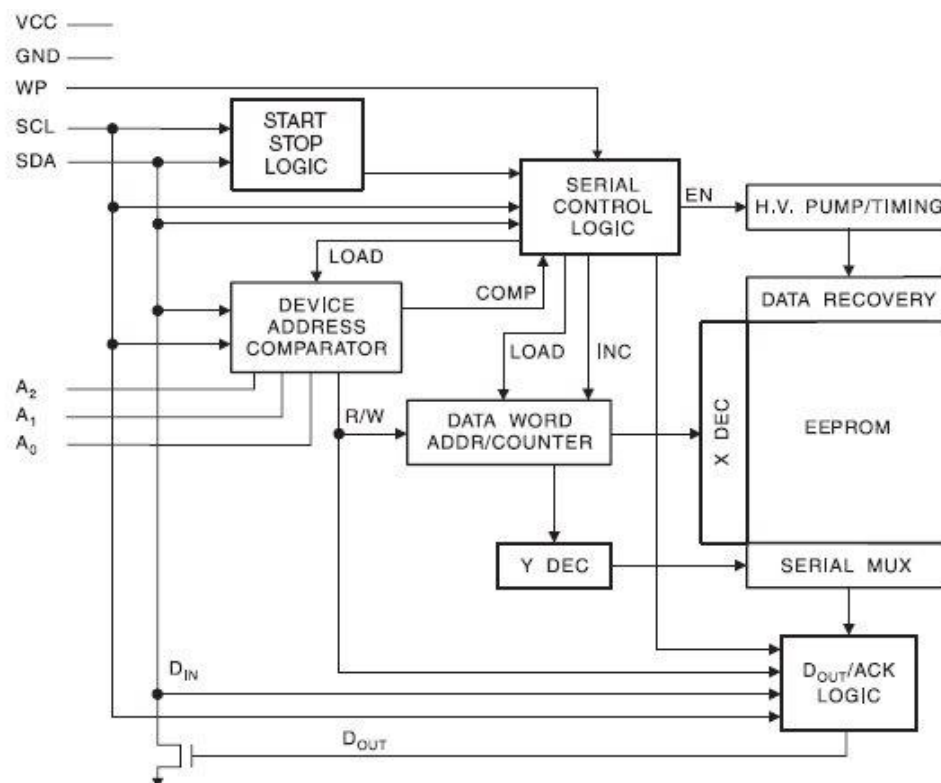


Рисунок 13 – Функциональная блок-схема EEPROM

AT24C04A 2-х проводная EEPROM с объемом памяти 4К и расширенным температурным диапазоном. Упакована в 8-выводный корпус, питается напряжением от 2,7 В до 5,5 В, потребляет около 5 мА.

Память AT24C04A предназначена для хранения рассчитанного коэффициента и нулевого уровня.

3.4 Выбор *DC/DC* преобразователя и его характеристики

Входными параметрами для выбора *DC/DC* являются:

Напряжение питания 12 В выходное напряжение 5 В, ток выходной 200 мА. Наличие аналогов, а так же дальнейшая поддержка производства фирмой RECOM данного вида *DC/DC* преобразователя.

В результате был выбран RE-1205S - *DC/DC* преобразователь фирмы RECOM серии RE как указано в [10], обладающий следующими характеристиками:

- $U_{вх}$, В: $12 \pm 10\%$
- $U_{вых}$, В: 5
- $I_{вых}$, мА: 200
- Корпус SIP7
- КПД: 74 %
- Уровень пульсаций (размах): 100 мВ
- Электрическая прочность изоляции вход-выход: 1000 В
- Мощность: 1 Вт

Внешний вид RE-1205S представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Внешний вид

RE-1205S - *DC/DC* преобразователь выходная мощность 1 Вт, обладает совместимостью по выводам с продукцией других производителей (промышленный стандарт). Входное напряжение DC: 11,9...12,1 В (Номинальное: 12 В). Диапазон рабочих температур: $-40...+85$ °C и имеет защиту от короткого замыкания 1с.

4 Разработка полной принципиальной схемы

Полная принципиальная схема устройства, составлена на основе структурной схемы. Используемые элементы в схеме прибора для микроконтроллера, памяти и АЦП являются рекомендованными фирмой производителем. Принципиальная схема устройства приведена на рисунке 15 и в (приложение А).

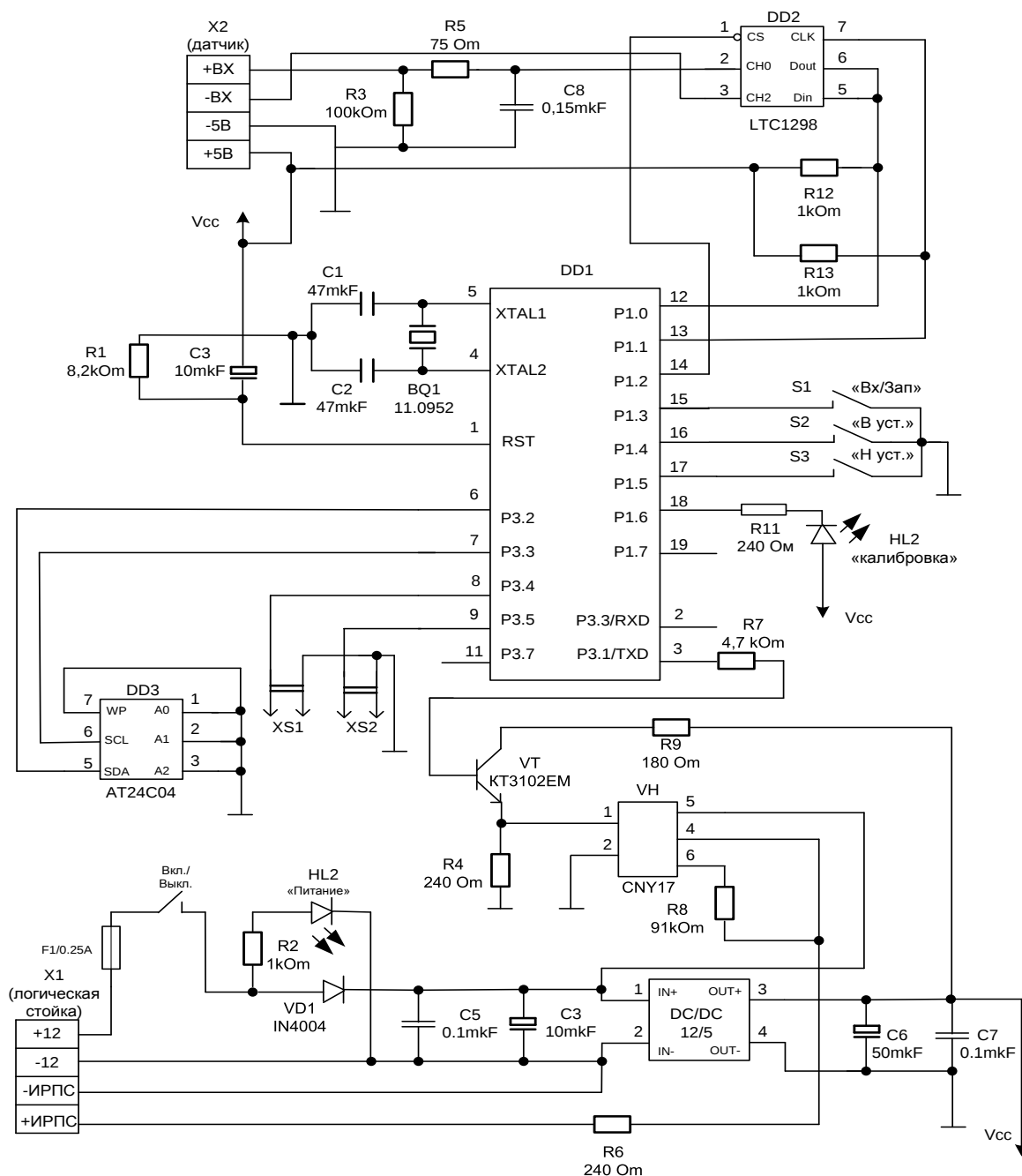


Рисунок 15 – Схема электрическая принципиальная

4.1 Расчет для схемы светодиодов

$$R = (U - U_{vd}) / (I_{vdmax} \cdot 0,75) \text{ Ом},$$

где R – сопротивление, Ом;

U – напряжение питания, В;

U_{vd} – падение напряжения на светодиоде, В;

I_{vdmax} – максимально допустимый прямой ток через светодиод, А.

Коэффициент 0,75 берем для обеспечения необходимой надежности (обычно в пределах 0,7 – 0,8). Так как, чем ближе заданный нами ток к максимально допустимому, тем меньше надежность.

При этом протекающий через светодиод рабочий ток будет составлять 0,75 от максимально допустимого [11, 12].

Мощность сопротивления рассчитывается по формуле:

$$N = R \cdot (I_{vdmax} \cdot 0,75)^2 \text{ Вт},$$

где N – мощность сопротивления, Вт;

I_{vdmax} – максимально допустимый прямой ток через светодиод, А;

R – сопротивление, Ом.

При этом рабочий ток через светодиоды составит:

$$I_{vd} = I_{vdmax} \cdot 0,75 \text{ А},$$

где I_{vd} – рабочий ток через светодиоды, А;

I_{vdmax} – максимально допустимый прямой ток через светодиод, А.

У нас есть светодиоды с $I_{vdmax} = 70 \text{ мА}$ и $U_{vd} = 1,85 \text{ В}$. Тогда при $U = 12 \text{ В}$:

$$R = (12 - 1,85) / (0,07 \cdot 0,75) = 200 \text{ Ом}$$

$$N = 200 \cdot (0,07 \cdot 0,75)^2 = 0,5 \text{ Вт}.$$

4.2 Расчет для схемы оптопары

Питание оптопары CNY17 составляет 5В. Ток срабатывания 14мА. Исходя из данных, выбираем транзистор VT1 – КТ3102ЕМ [13], со следующими параметрами:

$I_{к\ max} = 100\ \text{мА}$ – максимальный допустимый ток коллектора

$U_{кэ\ max} = 20\ \text{В}$ – максимальное напряжение коллектор – эмиттер

$h_{21э} = 400..1000$ – коэффициент усиления по току

5 Разработка программы микроконтроллера

Программа для микроконтроллера AT89C4051 была написанная на языке Ассемблера ASM51 как указано в [14]. Текст программы приведен в приложении Б.

Программа основывается на следующем алгоритме, при калибровке записывается нулевое значение давления и максимальное давление исходя из диапазона измерения. Далее производится вычисление коэффициента K который отвечает за вес деления. Затем производится запись в энергонезависимую память коэффициента K и нулевого значения. После производится расчёт показания датчика на микроконтроллере и передача по ИРПС порту на логическую стойку.

Схема алгоритма программы представлена на рисунке 16.

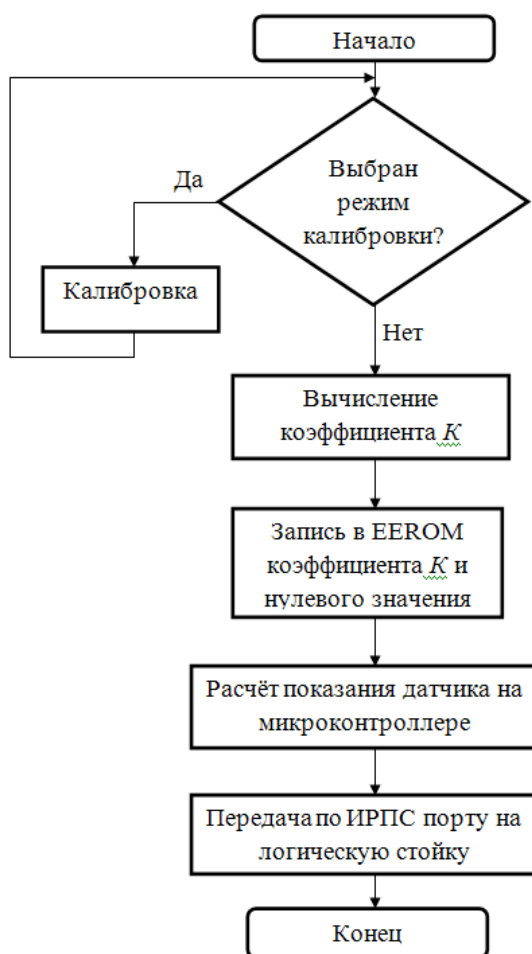


Рисунок 16 – Схема алгоритма программы

6 Разработка печатной платы

Печатная плата разводилась с помощью программы P-CAD 2002 [15]. Разводка проводилась в соответствии требованиям ЕСКД с полным соблюдением всех размеров элементов и их посадочных мест.

Расположение элементов на печатной плате представлено на рисунке 17. Сторона печатной платы устройства со стороны установки элементов приведена на рисунке 18. Вид платы устройства со стороны пайки изображено на рисунке 19 (приложение В).

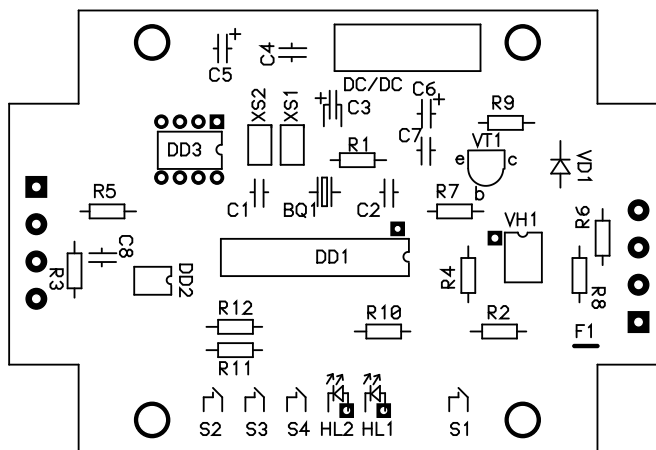


Рисунок 17 – Расположение элементов на печатной плате

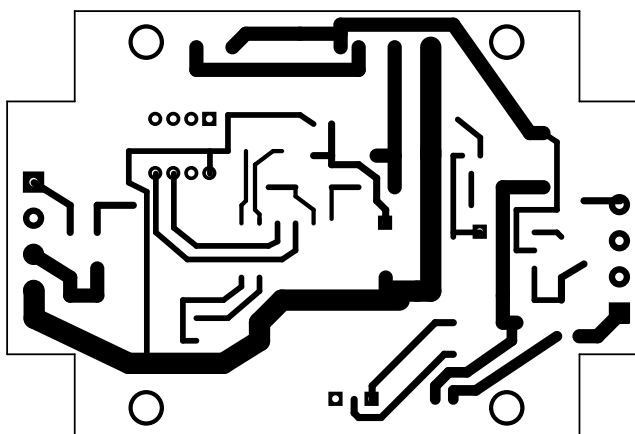


Рисунок 18 – Вид платы со стороны установки элементов

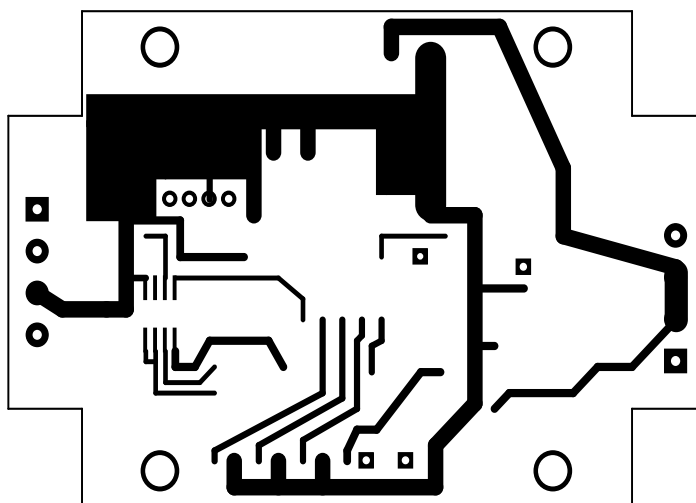


Рисунок 19 – Вид платы со стороны пайки

Изготовление печатной платы производилось методом химического травления хлорным железом фольгированной медью диэлектрическую пластину из гетинакса. Технологический процесс изготовления платы этим методом имеет следующие основные операции:

- получение заготовки;
- подготовка поверхности фольги;
- покрытие фольги светочувствительной кислотоупорной фотоэмульсией;
- перенос рисунка печатного монтажа на заготовку;
- химическое травление пробельных участков схемы;
- удаление кислотного слоя с печатного слоя;
- нанесение гальванического покрытия на полученный печатный монтаж;

7 Описание работы прибора

Схема прибора размещена в пластмассовом корпусе типа FB-03 рисунок 21, где 1 – держатель предохранителя 0,25А (типа Д13П4-1 или ВП1-1-1А); 2 – соединитель ИРПС, 12В (розетка); 3 – соединитель датчика (вилка). На блоке выведены светодиоды “Питание” и “Калибровка”, выключатель питания “Вкл.” и кнопки управления “Вх./Зап.”, “В уст”, “Н уст”. Светодиод “Питание” показывает, что прибор включен. Светодиод “Калибровка” показывает, что прибор находится в режиме калибровки.

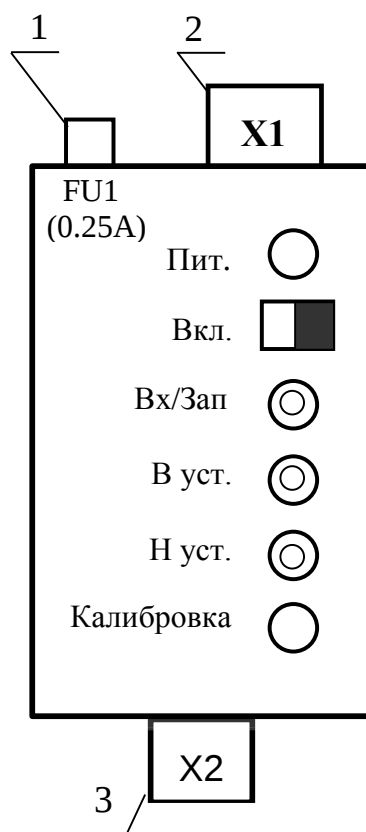


Рисунок 20 – Внешний вид прибора

Прибор работает следующим образом. При включении питания “Вкл.” прибор переходит в режим измерения и передачи данных по ИРПС порту. Если при включении питания “Вкл.” удерживать кнопку “Вх./Зап.”, прибор

перейдет в режим калибровки датчика. К датчику прибора необходимо подключить компрессор, установить давление – 0 мм рт. ст. и нажать кнопку “Н уст” (прибор записывает в ОЗУ цифровое значение соответствующее этому давлению).

Далее устанавливаем максимальное давление, на котором работает датчик (20, 50 мм рт. ст.) и нажимаем кнопку “В уст” (прибор записывает цифровое значение соответствующее этому давлению). По окончании, нажать на кнопку “Вх./Зап.”, чтобы на основании записанных данных в ОЗУ вычислить коэффициент K и записать это значение в энергонезависимую память (этот коэффициент необходим прибору в расчетах). Во время нажатия кнопок “Вх./Зап.”, “В уст”, “Н уст” светодиод “Калибровка” кратковременно гаснет. Калибровку датчика можно считать законченной. Кратковременно отключаем питание прибора “Вкл.”, после этого прибор переходит в режим измерения и передачи результата на логическую стойку по ИРПС порту (светодиод “Калибровка” гаснет). Если во время работы светодиод “Калибровка” мигает, значит неисправна микросхема EEPROM (AT24C04). На плате измерительного прибора устанавливаются переключки в зависимости от пределов измерения датчика прибора, см. таблицу 1.

Таблица 1

Р, мм рт. ст.	XS1	XS2
20	1	0
50	0	1

8 Способ крепления прибора

Для того чтобы разработанное устройство могло устанавливаться в логическую стойку необходимо изготовить крепеж. Необходимо просверлить в задней крышке два отверстия диаметром 4 мм, как показано на рисунке 21 (приложение Г).

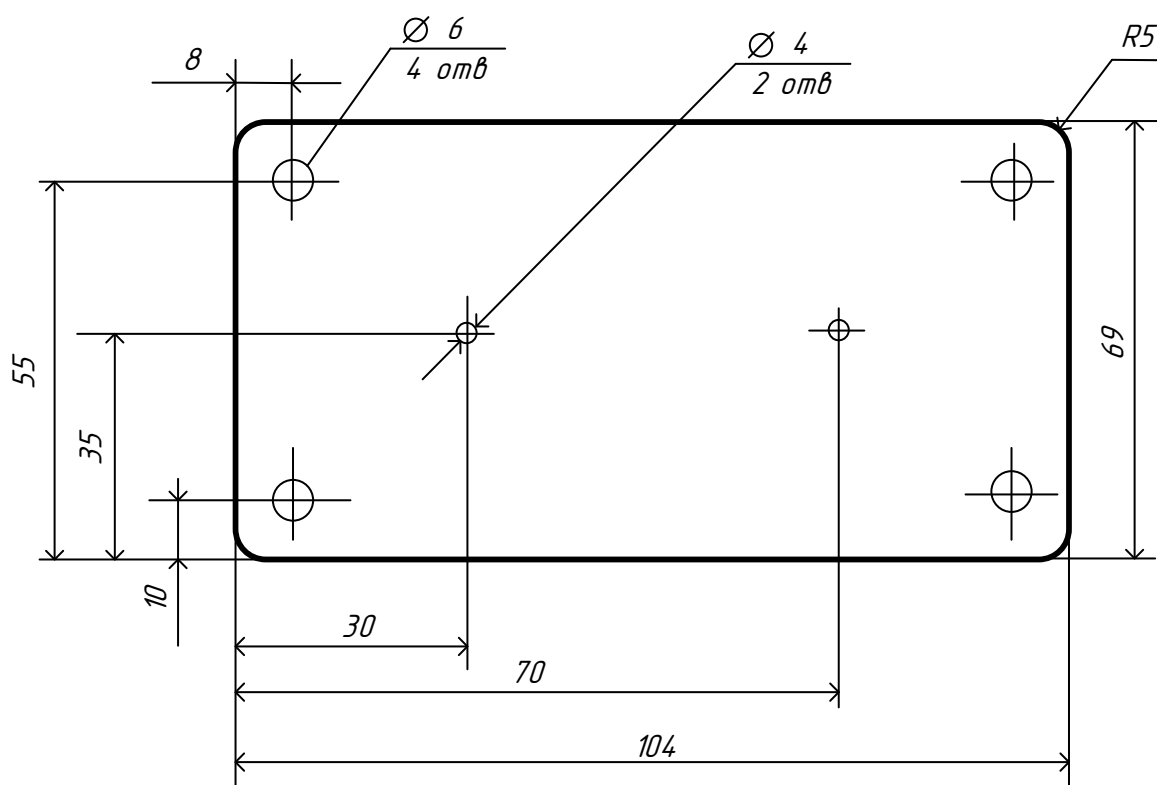


Рисунок 21 – Крышка задняя

Также необходимо выгнуть крепежную пластину, изображенную на рисунке 22 (приложение Г). Изготавливается данная пластина из листовой жести толщиной 1 мм.

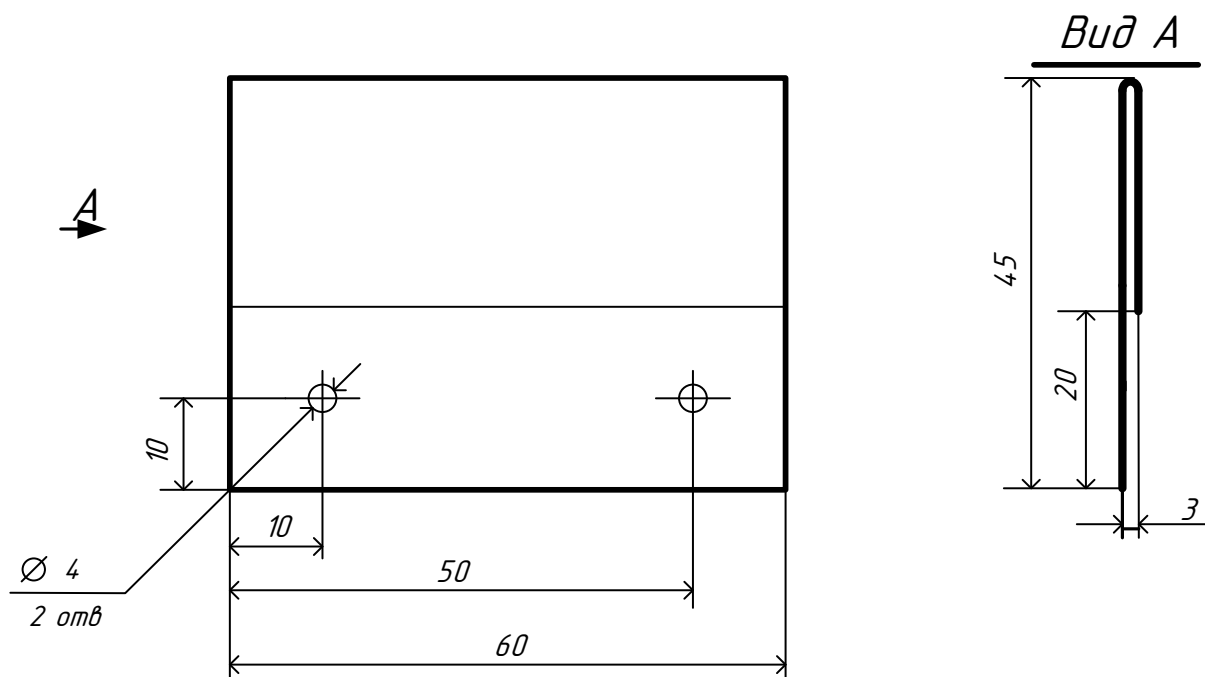


Рисунок 22 – Пластина крепежная

Расположение преобразователя на рамке клеммника логической стойки показано на рисунке 23 вид сзади.

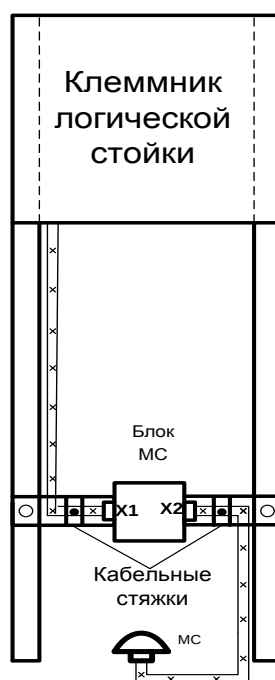


Рисунок 23 – Расположение преобразователя на рамке клеммника логической стойки.

На верхнюю крышку также необходимо изготовить наклейку, показанную на рисунке 24.

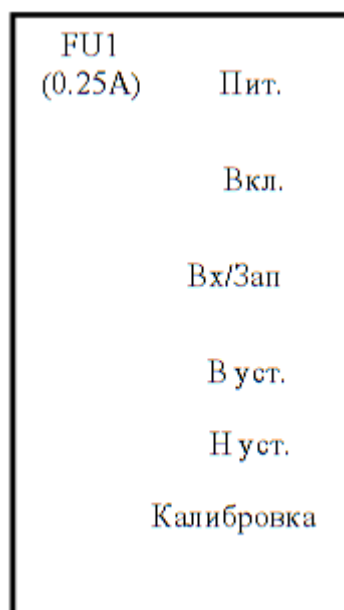


Рисунок 24 – Наклейка

9 Расчет надежности и экспериментальная часть

Повышение надежности радиоэлектронной аппаратуры является одной из важнейших проблем радиоэлектроники и измерительной техники.

Надежность – одно из важнейших свойств изделий, которая определяет их эксплуатационную пригодность. Показатели надежности считаются основными техническими параметрами изделия, так же как и точность, массогабаритные характеристики и т.д.

Надежность – это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования в соответствии с ГОСТ 27.002-89.

Признаки, оценивающие надежность технического устройства, называются критериями. Основными критериями надежности являются:

- безотказность;
- долговечность;
- ремонтпригодность;
- сохраняемость.

Надежность является комплексным свойством технического устройства. На практике с количественной стороны надежность оценивается рядом критериев, которые получили название Критерии, характеризующие количественную оценку надежности, называются показателями надежности. Основные единичные и комплексные показатели приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели надежности

Свойства	Показатель
Безотказность	-вероятность безотказной работы -интенсивность отказов -средняя наработка до отказа -параметр потока отказов -средняя наработка на отказ
Ремонтопригодность	-вероятность восстановления -интенсивность восстановления -среднее время восстановления
Безотказность и ремонтпригодность	-коэффициент готовности -коэффициент простоя -коэффициент технического использования -коэффициент оперативной готовности
Долговечность	-назначенный ресурс -средний ресурс между капитальными (средними) ремонтами -средний срок службы
Сохраняемость	-средний срок сохраняемости

Как правило, понятие надежности для любого технического устройства связано с отказами.

Событие, которое заключается в нарушении работоспособного состояния объекта, называется отказом.

Работоспособностью характеризует состояние изделия или устройства, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, которые установлены требованиями технической документации.

Отказы для радиоэлектронных устройств классифицируются следующим образом:

- характер возникновения отказа: внезапные и постепенные;
- времени существования отказа: постоянный, временной и перемежающийся (временные отказы, которые следуют один за другим);
- характер проявления отказа: явный и неявный;
- зависимость отказов между собой: зависимый и независимый;
- причина возникновения отказа: конструктивный, производственный, эксплуатационный и деградационный.

Расчёт надёжности проектируемой технической системы заключается в определении показателей надёжности системы по известным характеристикам надёжности составляющих элементов конструкции и компонентов системы с учетом условий эксплуатации.

Вероятность безотказной работы $P(\tau)$ считается основным показателем безотказности изделия. Вероятность безотказной работы $P(\tau)$ – это безразмерная величина, которая зависит от времени наработки τ и изменяется в пределах от 0 до 1.

Для нерезервированных систем на основном временном участке работы, при окончании срока приработки изделия и устранении выявленных дефектов, вероятность безотказной работы вычисляется по формуле:

$$P(\tau) = \exp\left(-\sum_{i=1}^m (\lambda_i \tau)\right) \quad (1)$$

где λ_i – интенсивность отказа i – элемента,
 m – число элементов.

Таким образом, вероятность безотказной работы со временем уменьшается по экспоненциальному закону от значения 1. Тогда интенсивность отказа системы определяется по формуле:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^m \lambda_i \quad (2)$$

Интенсивность отказа элементов и компонентов проектируемой системы или устройства можно определить по формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} * K1 * K2 * K3 * K4 * a_i(t_k, K_H) \quad (3)$$

где λ_{0i} – номинальная интенсивность отказа i -го элемента или компонента,
 $K1, K2$ – поправочные коэффициенты на воздействие механических факторов,

K_3 – поправочный коэффициент на воздействие влажности,

K_4 – поправочный коэффициент на давление воздуха,

$a_i(t_k, K_H)$ – поправочный коэффициент на температуру поверхности компонента (t_k) и коэффициента электрической нагрузки (K_H).

Значения коэффициентов $a_i(t_k, K_H)$ определяют по графикам из справочников для соответствующих компонентов.

В таблице 3 приведены значения отдельных поправочных коэффициентов K_1 и K_2 , учитывающих влияние механических воздействий.

Таблица 3 – Поправочные коэффициенты влияния механических воздействий

Условия эксплуатации аппаратуры	Вибрация, k_1	Ударные нагрузки, k_2	Суммарное воздействие, k_Σ
Лабораторные	1,0	1,0	1,0
Стационарные (полевые)	1,04	1,03	1,07

Для разрабатываемого прибора $K_\Sigma = 1,07$.

В таблице 4 приведены значения поправочного коэффициента K_3 , учитывающего влияние влажности.

Таблица 4 – Поправочный коэффициент на воздействие влажности

Влажность, %	Температура, °C	Поправочный коэффициент k_3
60...70	20...40	1,0
90...98	20...25	2,0
90...98	30...40	2,5

Для разрабатываемого прибора $K_3 = 1,0$.

Значения номинальной интенсивности отказов компонентов λ_{0i} являются справочными, если они не указаны в характеристиках данного компонента. В таблице 5 приведены значения интенсивности отказов всех используемых компонентов.

Таблица 5 – Интенсивность отказов компонентов

Элемент	Обозначение	Номинальная интенсивность отказов, $\lambda_{0i} \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч}$
Конденсаторы	C1-C8	1,4
Микросхемы	DD1-DD3	0,01
Транзисторы	VT1	0,044
Резисторы	R1-R12	0,05
Диоды	VD1	0,025
Переключатель	SW1	0,06
Соединители	X1-X2	0,0041
Паяные соединения		0,004

Коэффициенты электрической нагрузки K_n компонентов определяются исходя из отношения значений контролируемого параметра (тока, напряжения или мощности) к максимально возможному (допустимому) значению этого параметра по техническим условиям. Контролируемым параметром для конкретного компонента является тот, от которого надежность данного компонента зависит в наибольшей степени.

Результаты по определению коэффициента нагрузки сведены в таблице 6. Результаты расчета надежности устройства представлены в таблице 7.

Таблица 6 – Коэффициенты электрической нагрузки элементов

Элемент	Обозначение элемента	Коэффициент нагрузки, k_n
Конденсаторы	C1- C8	0,5
Микросхемы	DD1-DD3	1
Резисторы	R1-R12	0,88
Диоды	VD1	0,5
Транзисторы	VT1	0,6

Таблица 7 – Интенсивность отказов компонентов проектируемого устройства

Элемент	Обозначение	Кол-во элементов	Коэффициент нагрузки,	Поправочный коэффициент	Интенсивность отказов в рабочем режиме,	Суммарная интенсивность отказов,
			K_H	$a_i(t_k, K_H)$	$\lambda_i \cdot 10^{-5}$ 1/ч	$\lambda_{\Sigma i} \cdot 10^{-6}$ 1/ч
Конденсаторы	C1- C8	8	0,5	0,5	1,078	8,624
Микросхемы	DD1-DD3	3	1	-	0,0154	0,0462
Транзисторы	VT1	1	0,6	1,8	0,123	0,123
Резисторы	R1-R12	12	0,88	0,9	0,0693	0,8316
Диоды	VD1	1	0,5	4	0,154	0,154
Переключатель	SW1	4	1	-	0,0924	0,3696
Соединители	X1-X2	4	1	-	0,006314	0,025256
Паяные соединения		500	1	0,004	0,00616	3,08
Итого						$13,253656 \cdot 10^{-6}$

Среднее время наработки до отказа является обратной величиной λ_c и рассчитывается по формуле:

$$T_{cp} = \frac{1}{\lambda_c} \quad (4)$$

Произведя расчеты, среднее время безотказной работы:

$$T_{cp} = 75450(\text{час})$$

Вероятность безотказной работы устройства в течение 1000 часов рассчитывается по формуле и будет составлять:

$$P_c(t) = e^{-\frac{t}{T_{cp}}} = e^{-\frac{1000}{75450}} = 0,98$$

Произведенные расчеты показывают, что разработанное устройство удовлетворяет условиям технического задания.

Экспериментальная часть

Блок измерения датчика МС, устанавливался на технологической линии [16]. Показания с блоков измерения датчиков МС выводились вместо соответствующих показаний цифровых манометров МЦ на пульт управления (ПУ) подсистемы «технологического контроля». За время проведения опытной эксплуатации замечаний по работе блоков измерений датчиков МС не было.

В таблице 8 приведены метрологические испытания блока измерения с датчиком МС “20”, в таблице 9 с датчиком МС “50”.

Таблица 8

Р, мм рт. ст.	Датчик МС с преобразователем		Абсолютная погрешность		Вариация
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход	
0	0,00	0,02	0,00	0,02	0,02
	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01
	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
5	4,97	5,00	-0,03	0,00	0,03
	5,00	5,03	0,00	0,03	0,03
	4,97	4,99	-0,03	-0,01	0,02
10	9,99	9,98	-0,01	-0,02	0,01
	9,89	9,98	-0,11	-0,02	0,09
	9,87	9,88	-0,13	-0,12	0,01
15	14,91	14,96	-0,09	-0,04	0,05
	14,88	14,98	-0,12	-0,02	0,10
	14,91	14,99	-0,09	-0,01	0,08
20	19,96	20,09	-0,04	0,09	0,13
	19,89	20,08	-0,11	0,08	0,19
	19,91	19,99	-0,09	-0,01	0,08

Таблица 9

Р, мм рт. ст.	Датчик МС с преобразователем		Абсолютная погрешность		Вариация
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход	
0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00
10	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00
	9,85	10,10	-0,15	0,10	0,25
	9,60	10,15	-0,40	0,15	0,55
20	19,75	20,09	-0,25	0,09	0,34
	19,78	19,86	-0,22	-0,14	0,08
	19,78	20,10	-0,22	0,10	0,32
30	30,54	30,21	0,54	0,21	0,33
	30,43	30,35	0,43	0,35	0,08
	30,20	30,30	0,20	0,30	0,10
40	40,28	40,35	0,28	0,35	0,07
	39,86	40,30	-0,14	0,30	0,44
	40,14	40,39	0,14	0,39	0,25
50	50,20	50,44	0,20	0,44	0,24
	50,52	50,42	00,52	0,42	0,10
	50,38	50,39	0,38	0,39	0,01

В таблице 10 и на рисунке 25 приведены графики показаний МЦ и МС при диапазоне давлений от 0 до 50 мм. рт. ст. В таблице 11 и на рисунке 26 приведены графики показаний МЦ и МС при диапазоне давлений от 0 до 20 мм. рт. ст.

Перед врезкой, была проведена метрология датчика (совместно с электронным преобразователем) МС 0÷50 мм рт. ст. №90014 кл. 1,5% эталонным прибором ОМ-1 №1260 0÷50 мм рт. ст.

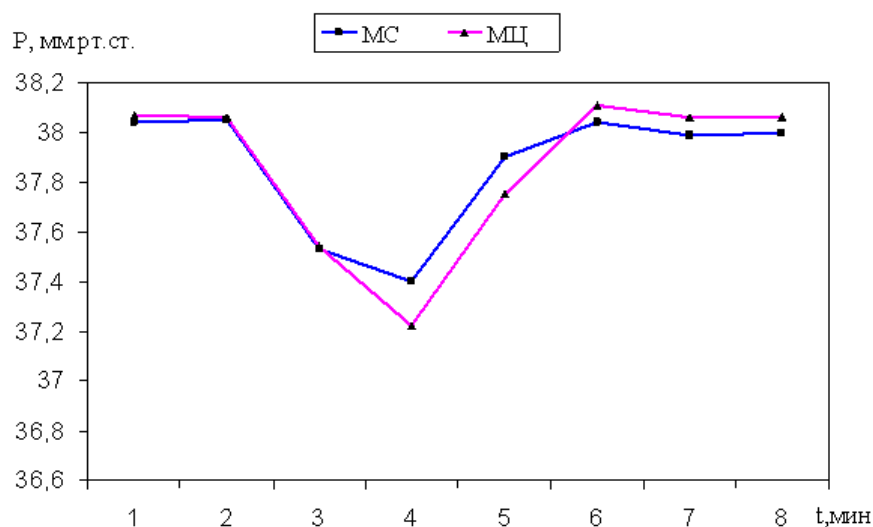


Рисунок 25 – Показания МЦ и МС

Таблица 10

Показание датчиков, Р, мм рт. ст.		Разница, Р, мм рт. ст.	Абсолютная погрешность, %
МС	МЦ		
38,04	38,07	0,03	0,08
38,05	38,06	0,01	0,03
37,53	37,54	0,01	0,03
37,4	37,22	0,18	0,48
37,9	37,75	0,15	0,40
38,04	38,11	0,07	0,18
37,99	38,06	0,07	0,18
38	38,06	0,06	0,16
38,04	38,07	0,03	0,08

Допустимая абсолютная погрешность $\pm 0,75$ мм рт. ст. Из полученных данных видно, что данный преобразователь имеет $\pm 0,55$ мм рт. ст., можно использовать на диапазоне 0÷50 мм рт. ст.

Перед врезкой, была проведена метрология датчика (совместно с электронным преобразователем) МС 0÷20 мм рт. ст. №18404 кл. 1,5% эталонным прибором ОМ-1 №1959 0÷20 мм рт. ст.

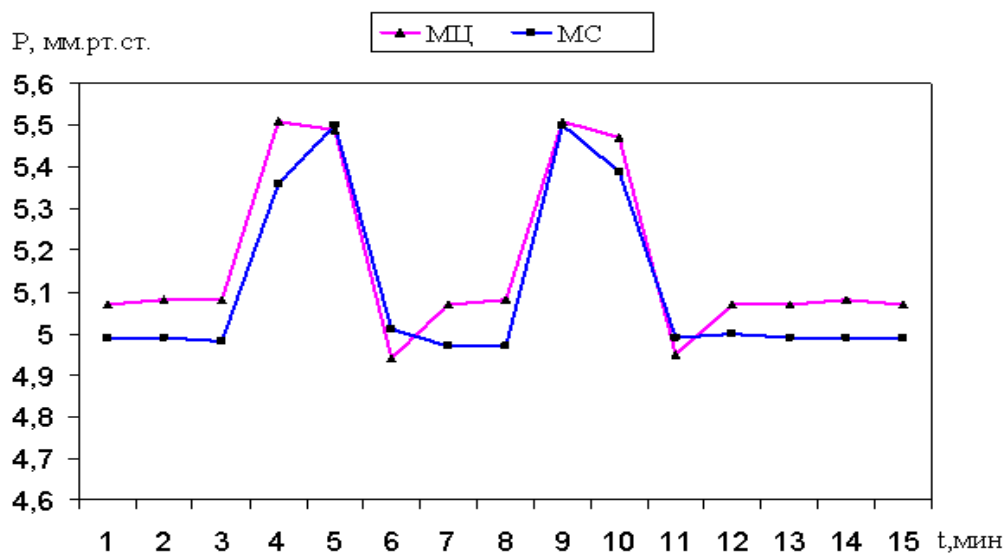


Рисунок 26 – Показания МЦ и МС

Таблица 11

Показание датчиков, Р, мм рт. ст.		Разница, Р, мм рт. ст.	Абсолютная погрешность, %
МС	МЦ		
4,99	5,07	0,08	1,58
4,99	5,08	0,09	1,77
4,98	5,08	0,1	1,97
5,36	5,51	0,15	2,72
5,5	5,49	0,01	0,18
5,01	4,94	0,07	1,40
4,97	5,07	0,1	1,97
4,97	5,08	0,11	2,17
5,5	5,51	0,01	0,18
5,39	5,47	0,08	1,46
4,99	4,95	0,04	0,80
5	5,07	0,07	1,38
4,99	5,07	0,08	1,58
4,99	5,08	0,09	1,77
4,99	5,07	0,08	1,58

Допустимая абсолютная погрешность $\pm 0,30$ мм рт. ст. Из полученных данных видно, что данный преобразователь имеет $\pm 0,19$ мм рт. ст., можно использовать на диапазоне $0 \div 20$ мм рт. ст.

Исходя из проведенной метрологической и опытной эксплуатации электронного преобразователя для датчика МС можно сказать о том, что разработанное устройство не превышает заданную погрешность. Замечаний по работе преобразователя выявлено не было.

10 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

10.1 Введение

Способ разделения и обогащения применяемый на предприятии – газоцентрифугирование. Основным разделительным элементом является газовая центрифуга.

В процессе эксплуатации газовых центрифуг необходимо регистрировать давление в магистрали. Для контроля этого параметра на заводе разделения изотопов применяются различные типы устройств: датчик МС на старых магистралях или МЦ на новых. Так как датчики МС на заводе в достаточном количестве, предполагается заменить МЦ на МС, вследствие чего произойдет сокращение затрат, связанных с закупкой микроманометров МЦ [16]. Решением сложившейся проблемы является разработка преобразовательного устройства.

С экономической точки зрения создание устройства не улучшит качество продукции, не отразится на ее конкурентоспособности на рынке и не будет выставляться на продажу, поэтому расчет его окупаемости тоже невозможен. Но в случае замены датчика МЦ на датчик МС, которая невозможна без создания устройства. Потери, связанные с закупкой микроманометров МЦ во много раз превышают затраты на создание устройства.

Таким образом, дипломная работа востребована наладчиками в лаборатории автоматизированных систем управления технологическим процессом (ЛАСУТП) завода разделения изотопов (ЗРИ) для замены МЦ на МС.

10.2 Технико-экономическое обоснование работы

Дипломная работа направлена на разработку устройства для замены датчика МЦ на МС. Основным принципом разработки является использование устройств имеющихся на заводе в достаточном количестве вместо дорогостоящего датчика МЦ.

Исходя из выше перечисленного, выполняемая работа полностью обоснована как с технической, так и с экономической точки зрения.

10.3 Планирование работы во времени

Весь процесс дипломного проектирования разделён на 10 этапов, которые представлены в таблице 12 [17]. Все этапы выполняют: дипломирующийся студент и его руководитель, при этом руководитель является и соисполнителем работы, поскольку он затрачивает на работу более 29 часов.

Расчёт ожидаемого времени $T_{ож}$ выполнения этапов осуществляется по формуле:

$$T_{ож} = \frac{3 \cdot T_{мин} + 2 \cdot T_{макс}}{5}, \quad (5)$$

где $T_{мин}$ – время, необходимое для выполнения этапа при наиболее благоприятном стечении обстоятельств, рабочие дни;

$T_{макс}$ – время, необходимое для выполнения этапа работ при неблагоприятном стечении обстоятельств, рабочие дни.

Время выполнения дипломной работы в календарных днях с учётом количества исполнителей (H) вычислено по формуле:

$$T_{кал} = \sum_{i=1}^n T_{ож} \cdot K_{кал} / H_i, \quad (6)$$

где $K_{кал}$ - коэффициент перевода рабочих дней в календарные (рассчитывается с учётом выходных и праздничных дней в году):

$$K_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 52 - 11} = 1.2 \quad (7)$$

Количество исполнителей N_i в данном случае составляет от 1 до 2 в зависимости от этапа, т.е. исполнителями являются студент и руководитель.

Таблица 12 – Затраты времени

№	Наименование этапа	Исполнители	Чел	$T_{\text{мин}}$ дней	$T_{\text{макс}}$ дней	$T_{\text{раб.}}$ дней	$T_{\text{кал}}$ дней
1	Постановка задачи	Руководитель, студент	2	4	6	4.8	2.8
2	Обзор технической литературы по теме работы	Студент	1	10	20	14	16.8
3	Разработка функциональной схемы устройства	Студент	1	10	18	13.2	15.8
4	Подбор функциональных элементов устройства	Студент	1	6	10	7.6	9.1
5	Разработка принципиальной электрической схемы	Студент	1	12	18	14.4	17.2
6	Распайка коммутации	Студент	1	10	12	10.8	12.9
7	Разработка преобразователя	Студент	1	14	16	14.8	17.7
8	Монтаж преобразователя	Руководитель студент	2	2	4	2.8	1.6
9	Тестирование работоспособности устройства	Руководитель студент	2	2	4	2.8	1.6
Всего календарных дней							96

Таблица 12 отражена на линейном графике, изображенном на рисунке 27.

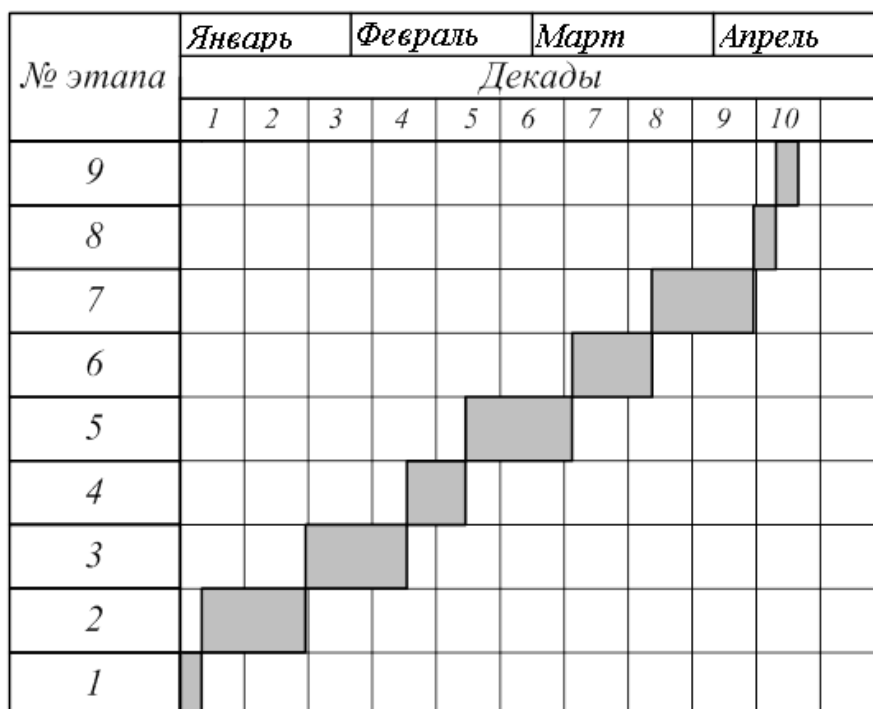


Рисунок 27 – Линейный график

10.4 Расчет себестоимости устройства

Себестоимость - это затраты на проектирование и изготовление, которые несет организация. В состав, которых включается стоимость всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки [18, 19].

Расчёт сметной стоимости на выполнение работы проведем по следующим статьям расходов:

$$K=C_{\text{зп}}+C_{\text{сс}}+C_{\text{мат}}+C_{\text{пр}}+C_{\text{нр}} \quad (8)$$

где K – единовременные затраты на проведение работы, [руб.];

$C_{\text{зп}}$ – заработная плата персонала участвующего в разработке, [руб.];

$C_{\text{сс}}$ – отчисления на соц. страхование, [руб.];

$C_{\text{мат}}$ – затраты на материалы, [руб.];

$C_{\text{пр}}$ – прочие прямые расходы, [руб.];

$C_{\text{нр}}$ – накладные расходы, [руб.].

Расчёт заработной платы.

Расчет отчислений на заработную плату выполним по следующей формуле:

$$C_{\text{зп}} = C_{\text{осн}} + C_{\text{доп}}, \quad (9)$$

где $C_{\text{осн}}$ – основной фонд заработной платы, $C_{\text{доп}}$ – дополнительный фонд заработной платы.

В этой статье расходов планируется и учитывается основная, а так же дополнительная заработная плата инженерно-технического персонала, доплаты по районным коэффициентам и премиям.

Основной фонд заработной платы определим по формуле:

$$C_{\text{осн}} = \sum_i^m T_i + C_{ri}, \quad (10)$$

где m – количество видов работ;

T_i – затраты труда, необходимые для выполнения i -го вида работ;

C_{ri} – среднедневная заработная плата r -го работника, выполняющего i -ый вид работы, [руб./чел.день]:

$$C_{ri} = C_{\text{мр}} \cdot M_p \cdot R_n / F_{\text{др}}, \quad (11)$$

где $C_{\text{мр}}$ – личный оклад i -го работника;

M_p – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске 48 раб. дней $M_p = 10,42$);

R_n – коэффициент, учитывающий размер премий и районной доплаты ($R_n = 1,3$);

$F_{\text{др}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени инженерно-технического персонала (ИТП).

Таблица 13 – Расчёт действительного годового фонда рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель (НР)	Студент (С)
Календарное число дней:	365	365
Количество нерабочих дней:		
– выходных	52	52
– праздничных	11	11
Планированные потери:		
– отпуск по болезни	7	7
– отпуск	48	48
$F_{ор}$	247	247

Для исполнителей задачи устанавливаются следующие оклады:

Научный руководитель – 6730 руб./месяц;

Студент– 600 руб./месяц.

По (11) найдём среднюю дневную ставку каждого работника:

$$C_{нр}=6730 \cdot 10,42 \cdot 1,3/247=369 \text{ руб.}$$

$$C_{с}=600 \cdot 10,42 \cdot 1,3/247=33 \text{ руб.}$$

Продолжительность выполнения работы составляет 96 календарных дней. С учетом коэффициента перевода рабочих дней в календарные, который определяется по выражению (рассчитывается с учетом выходных праздничных дней в году):

$$K_{кал} = \frac{365}{365 - 52 - 11} = 1.2 \quad (12)$$

Определим количество рабочих дней T_p :

$$T_p=96/1,2=80 \text{ (дней)}$$

По формуле (10) найдём основную зарплату каждого и занесём в таблицу 14.

Таблица 14

Сотрудник	Оклад (руб.)	Средняя ставка (руб./день)	T_p , дни	Основная зарплата (руб.)
НР	6730	369	11	4059
С	600	33	80	2640
Итого				6699

Расчёт дополнительной зарплаты – в этой статье планируется и учитывается оплата отпусков.

$$C_{\text{доп}} = C_{\text{ос}} \cdot R_{\text{д}}, \quad (13)$$

где $R_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий оплату отпусков ($R_{\text{д}} = 48/365 = 0,13$)

$$C_{\text{доп}} = 6699 \cdot 0,13 = 871 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{зп}} = 6699 + 871 = 7570 \text{ руб.}$$

Расчёт отчислений на социальное страхование.

Расчет отчислений на социальное страхование выполним по формуле (без учета оплаты студента):

$$C_{\text{сс}} = (C_{\text{ос.нр}} + C_{\text{ос.нр}} \cdot 0,13) \cdot R_{\text{сс}}, \quad (14)$$

где $R_{\text{сс}}$ – коэффициент, учитывающий размер отчислений в фонд страхования ($R_{\text{сс}} = 0,26$):

$$C_{\text{сс}} = (4059 + 4059 \cdot 0,13) \cdot 0,26 = 1193 \text{ руб.}$$

Расчёт затрат на материалы.

В этой статье расходов определим общую стоимость элементов устройства, согласно разработанной спецификации. Перечень используемых элементов и приборов с указанием их цены приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Затраты на комплектующие

Наименование	Кол.	Цена за 1 шт. (руб)	Общая стоимость (руб)
Электронный преобразователь			
Микроконтроллер AT89C4051	1	56,5	56,5
DC/DC преобразователь RE1205S	1	200	200
LTC1298	1	157	157
AT24C04	1	9,5	9,5
Оптопара CNY-17	1	4	4
Конденсатор K10-17A-H50 0,15мкф	3	11	33
Конденсатор K10-17A-M47 47пФ	2	13,5	27
Конденсатор K53-1A-32B 15мкф	1	15	15
TECAP 10V 220uF	1	25	25
Конденсатор K53-1A-10мкф 4/7B	1	10	10
Кв.рез. 11,0592 МГц HC-49U	1	8,5	8,5
Диод 1N4004	1	1	1
Транзисторы KT3102EM	1	2.2	2.2
Shorting Jamper Gold, 0.1 дюйма	2	1	2
Резисторы типа C2-33H-0,25	13	0,3	4
Переключатель SMRS-101	1	20,5	20,5
Кнопка PSW-5	3	15,4	15,4
Разъем интерфейса ИРПС	1	100	100
Корпус типа FB-03	1	106	106
Предохранитель ВП1-1-0,25А	1	6,6	6,6
Светодиод АЛ307Б	3	15	45
Коммутация			
Кабель (6 жил)	3м	20	60
Разъем	2	50	100

Кабель (9 жил)	0,5м	20	10
Батарея питания– 1,5В	1	30	30
Итого:			1048

Таким образом, общая стоимость составила: $C_{\text{мат}}=1048$ руб.

Расчёт накладных расходов.

Накладные расходы включают в себя затраты по административно-хозяйственному управлению, содержанию зданий, охране труда и т.д.

$$C_{\text{нр}}=C_{\text{зп}} \cdot K_{\text{нр}} \quad , \quad (15)$$

где $K_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы ($K_{\text{нр}}=0,6$),

$$C_{\text{нр}}=7570 \cdot 0,6=4542 \text{ руб.}$$

Расчёт прочих прямых затрат.

Расчет прочих прямых затрат осуществим по формуле:

$$C_{\text{пр}}=(C_{\text{зп}}+C_{\text{сс}}+C_{\text{мат}}) \cdot K_{\text{пр}} \quad , \quad (16)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий прочие прямые затраты ($K_{\text{пр}}=0,03$)

$$C_{\text{пр}}=(7570+1193 +1048) \cdot 0,03=294 \text{ руб.}$$

Таким образом единовременные затраты на выполнения работы согласно формуле (8) составили:

$$K=7570+1193 +1048+294+4542= 14647 \text{ руб.}$$

10.5 Расчет затрат на эксплуатацию

При расчете затрат на эксплуатацию устройства, необходимо учесть следующие статьи расходов [19]:

- Заработная плата обслуживающего персонала;
- Отчисления на социальное страхование;
- Накладные расходы;

- Прочие прямые затраты;
- Оплата потребляемой устройством электроэнергии.

Поскольку проведение планового технического обслуживания может давать заметное повышение надежности и тем самым снижение числа аварийных ситуаций и объема соответствующих ремонтных работ необходимо учитывать статью расходов на заработную плату, обслуживающему персоналу.

Для выполнения профилактического ремонта и периодического технического осмотра, потребуются услуги инженера - электроника.

В статье накладные расходы учитываются затраты по административно- хозяйственному управлению. В статье прочие прямые расходы, учитываются возможные затраты на приобретение комплектующих устройства, взамен вышедших из строя. Поскольку программные средства при их использовании не изнашиваются, то не выделяется отдельной статьи расходов для сопровождения их работы.

Определим годовые расходы на эксплуатацию по формуле (17):

$$C_{\Sigma} = C_{\text{зп}} + C_{\text{сс}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{нр}} \quad (17)$$

где $C_{\text{зп}}$ – заработная плата обслуживающего персонала;

$C_{\text{сс}}$ – отчисления на социальное страхование;

$C_{\text{эл}}$ - годовые расходы на оплату потребляемой энергии;

$C_{\text{пр}}$ – прочие прямые затраты;

$C_{\text{нр}}$ – накладные расходы.

Для обслуживающего персонала установлены следующие оклады:

– Инженер - электроник – 6730 руб.

На обслуживание требуется 1/12 дня. Таким образом:

$$T_{\text{рэл}} = 196/12 = 16,3;$$

По формуле (11) найдем среднюю ставку работника:

$$C_{\text{рэл}} = 6730 \cdot 10,42/196 = 358 \text{ руб.}$$

По выражению (10) найдем основную заработную плату и занесем в таблицу 16.

Таблица 16

Сотрудник	Оклад, (руб.)	Средняя ставка (руб./день)	Tr, (дни)	Основная заработная плата (руб.)
Электронщик	6730	358	16.3	5835

По формуле (12) найдем дополнительную зарплату:

$$C_{\text{доп}} = 5835 \cdot 0,24 = 1400 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{зп}} = 5835 + 1400 = 7235 \text{ руб.}$$

Отчисления на соцстрахование, в пенсионный фонд, службу занятости и т.д. найдем по выражению (13):

$$C_{\text{сс}} = 7235 \cdot 0,26 = 1881 \text{ руб.}$$

Прочие прямые затраты: вычислим по формуле:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зп}} \cdot C_{\text{сс}} \cdot K_{\text{пр}} \quad (18)$$

где $K_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий прочие прямые затраты ($K_{\text{пр}} = 0,03$)

$$C_{\text{пр}} = 0,03 \cdot (7235 + 1881) = 273 \text{ руб.}$$

Накладные расходы найдем по (11):

$$C_{\text{нр}} = 7235 \cdot 0,6 = 4341 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию определим по выражению:

$$C_{\text{эл}} = F \cdot P \cdot C \quad (19)$$

где F – число дней работы с устройством в году;

P – потребляемая мощность;

C – тариф на электроэнергию ($C = 1,4 \text{ руб. / кВт} \cdot \text{час}$).

Определим число рабочих дней устройства. Соответственно, устройство будет использоваться 30 дней в месяц.

Потребляемая электрическая мощность устройства будет складываться из потребления его основных составляющих.

P – потребляемая мощность устройства ($P = 0,6 \text{ Вт} \cdot \text{час}$);

$$P=0,6 \text{ (Вт} \cdot \text{ час)} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ (кВт} \cdot \text{ час)}$$

$$C_{\text{эл}}=30 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 1,4=0,03 \text{ руб.}$$

Определим годовые эксплуатационные затраты по формуле (17):

$$C_{\text{э}}=7235+1881+273+4341+0,03= 13730,03 \text{ руб.}$$

10.6 Экономическая эффективность

Для определения экономической эффективности данного устройства воспользуемся следующей формулой:

$$E=\mathcal{E}/Z, \quad (20)$$

где $\mathcal{E}$ – экономический эффект

Z – затраты на создание

$$E=35353/14647=2,4$$

Необходимое количество датчиков составляет 18 штук, один датчик МЦ-3 стоит 50000 рублей. Исходя из этого, можно сделать вывод, что завод экономит 636354 рубля.

11 Социальная ответственность

Охрана труда – это система мероприятий, направленных на сохранение жизни и здоровья трудящихся, обеспечение безвредных и безопасных условий труда.

Статья 53 Конституции РФ гарантирует право на безопасный труд, а в статье 212 ТК РФ, статье 14 ФЗ «Об основах охраны труда в РФ» указаны мероприятия, которые должны выполнять работодатели для организации безопасных условий труда. Эти законодательные акты направлены на установление и поддержание безопасных и здоровых условий труда, на предотвращение и устранение причин производственного травматизма [20].

Задача служб техники безопасности – разработка способов безопасных условий труда при максимальной его производительности.

11.1 Производственная безопасность.

11.1.1 Анализ вредных факторов.

При выполнении дипломной работы проводились следующие виды работ [21]:

- работа в закрытом помещении с искусственной вентиляцией;
- работа в условиях естественного и искусственного освещения с литературой.

11.1.1.1 Мероприятия по обеспечению микроклимата рабочего места и санитарных норм на освещенность.

11.1.1.2 Микроклимат рабочего места.

Вентиляция производственных помещений является одним из самых эффективных средств по поддержанию необходимых санитарно-

гигиенических характеристик воздуха помещений. В лаборатории АКСУ-2 ЗРИ осуществляется путем кондиционирования. Площадь помещения составляет 30 м². В помещении постоянно находится 3 человека.

На каждого работающего приходится 10 м² площади и более 30 м³ воздуха, при норме 4,5 м² и 15 м³ соответственно.

По вышеуказанным санитарным нормам лаборатория относится к помещениям без повышенного тепловыделения, а по категории работ – к легким, поэтому температура и относительная влажность воздуха должны быть[22]:

- в летний период: температура $t^0 = 22-25$ °C при влажности $\phi = 30-60\%$;
- в зимний период: температура $t^0 = 20-22$ °C при влажности $\phi = 30-60\%$.

В помещении должна ежедневно проводиться влажная уборка. Для повышения влажности воздуха используются увлажнители.

Подача воздуха должна осуществляться путем кондиционирования, что обеспечивает: автоматическое поддержание параметров микроклимата в необходимых пределах в течение всего года; очистку воздуха от пыли, бактерий.

Длительное влияние высокой температуры в сочетании со значительной влажностью может привести к накоплению тепла в организме и к гипертермии – состоянию, при котором температура тела повышается до 38...40 °C. При низкой температуре, значительной скорости и влажности воздуха возникает переохлаждение организма – гипотермия. Вследствие воздействия низких температур могут возникнуть холодовые травмы.

В нашем помещении температура: зимой $t=20...22$ °C; летом $t=21...25$ °C. Влажность 50%, скорость движения воздуха - 0.4 м/с. Эти данные соответствуют нормам.

11.1.1.3 Освещенность рабочего места.

Освещение исключительно важно для человека. С помощью зрения человек получает большую часть информации (около 90 %), поступающей из окружающего мира. Освещение влияет не только на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, но и на психику человека, его эмоциональное состояние. Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению производительности и качества труда, получения травм.

При устройстве общего освещения рекомендуется вместо висящих ламп установить потолочное освещение, при котором отражённый свет создаёт более равномерную освещённость. Светильники должны располагаться вдоль рабочего места, чтобы искусственный свет имел такое же направление, что и естественный.

Светотехническое нормирование освещенности производится с помощью коэффициента естественной освещенности (КЕО) L .

Нормальная освещенность в дневное время достигается за счет света, проникающего через оконные проемы, а в утренние и вечерние часы – за счет искусственного освещения.

а) Оценка искусственного освещения.

Оценка заключается в выборе мощности ламп, необходимой для обеспечения нормальной освещенности рабочего места и сравнения этой мощности с фактической.

Площадь помещения 30 м², высота 3 м. По СНиП для работы среднего класса точности освещенность E_T должна быть не менее 200 лк.[22]

При коэффициенте запаса $K_3 = 1$, расчетная освещенность $E_P = K_3 \cdot E_T = 200$ лк.

Определим высоту подвеса светильников:

$$h = H - h_c - h_p,$$

где H – высота помещения;

h_c – свес светильников;

h_p – высота рабочей поверхности.

$$h = 3,0 - 0,2 - 0,8 = 2,0 \text{ м}$$

Для освещения используются светильники ЛСП-02. Они расположены в 2 ряда по 2 светильника, в каждом из которых установлено 2 лампы ЛД-40.

При $E_p = 200$ лк, площади помещения $S = 30 \text{ м}^2$ и высоте подвеса светильников над рабочей поверхностью $h = 2 \text{ м}$, удельная мощность равна:

$$\omega = 10 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$$

Тогда расчетная мощность равна:

$$P_p = S \cdot \omega = 300 \text{ Вт}$$

Фактическая мощность равна:

$$P_\phi = 8 \cdot 40 = 320 \text{ Вт}$$

Следовательно, освещенность рабочей поверхности находится в пределах санитарных норм.

б) Оценка естественного освещения для лаборатории АКСУ-2 ЗРИ.

Для работ среднего класса точности минимальное значение КЕО $L_{min} = 1,5\%$.

$$L = \frac{L_B}{E_n} \cdot 100\%,$$

где L_B – относительная освещенность наиболее удаленной от окна точки рабочей поверхности:

E_n – освещенность горизонтальной поверхности снаружи помещения.

$$E_n = 5000 \text{ лк}; L_B = 200 \text{ лк}.$$

Тогда $L = 4\%$, следовательно, условия естественной освещенности также соблюдаются.

11.1.2 Анализ опасных факторов

К физически опасным производственным факторам при работе в лаборатории относятся[21]:

- возможность поражения электрическим током;
- возможность возникновения пожара.

11.1.2.1 Опасность поражения электрическим током.

Все приборы и установки, которые используются в работе, питаются от сети переменного тока напряжением 220В, 50 Гц, т.е. относятся к классу низковольтных.

Поражение электрическим током может произойти по следующим причинам:

- в результате соприкосновения с токоведущими частями, находящимися под напряжением;
- вследствие действия напряжения перехода;
- поражение токами короткого замыкания или перегрузок, которые приводят к тепловому разрушению изоляции, загазованности помещений ядовитыми веществами и пожарам.

Электротравмы опасны для здоровья человека и могут вызвать шок, ожоги различной степени тяжести, а также стать причиной смерти.

11.1.2.1.1 Мероприятия по защите от поражения электрическим током.

В соответствии с [20] лаборатория АКСУ-2 ЗРИ, где проводилось выполнение данной работы, относится к классу сухих помещений без

повышенной опасности. Согласно [21] все приборы, используемые в работе, относятся к электроустановкам до 1000 В и являются низковольтными.

Для защиты от поражения электрическим током применяются организационные и технические мероприятия.

К организационным мероприятиям можно отнести проведение инструктажей по технике безопасности.

Для защиты от прикосновения к открытым токоведущим частям, находящимся под напряжением, применяются следующие технические мероприятия:

- изоляция и блокировка электроустановок;
- недоступное расположение токоведущих частей;
- закрытая электропроводка;
- использование безопасных токов и напряжений для ручного электроинструмента и освещения.

Для изоляции используются диэлектрики, а для блокировок – автоматические выключатели.

Защитные меры от напряжения перехода:

- защитное заземление;
- защитное зануление;
- защитное отключение.

Защита от токов короткого замыкания и перегрузок обеспечивается следующими мерами:

- электропроводка рассчитана на номинальный ток потребления с коэффициентом $K_3 = 2$;
- применение плавких вставок;
- применение основных и дополнительных средств индивидуальной защиты.

При работе в лаборатории должны выполняться следующие правила:

- силовые цепи включаются только после предупреждения всех лиц, находящихся в лаборатории;

- корпуса приборов должны быть заземлены;
- по окончании работы все электроприборы должны быть обесточены;
- запрещается использование неисправных приборов и оборудования.

11.1.2.1.2 Меры по оказанию первой помощи при поражении электрическим током.

Поражение электрическим током чаще всего происходит при небрежном обращении с электроприборами, из-за неисправности электроустановок, а также при несоблюдении правил техники безопасности.

В случае поражения электрическим током пострадавшего сначала необходимо как можно быстрее освободить от действия электрического тока с помощью непроводящих предметов, либо оттащить за одежду, если невозможно выключить рубильник или перерубить провод.

При освобождении пострадавшего можно использовать сухую ткань или рукав собственной одежды.

После снятия напряжения необходимо:

- снять стесняющую дыхание одежду, обеспечить доступ воздуха в помещение;
- вызвать врача;
- удалить лишних людей из помещения;
- при неровном дыхании, либо при его отсутствии необходимо без замедления начать делать искусственное дыхание и непрямой массаж сердца.

Вывод: условия работы в лаборатории АКСУ-2 ЗРИ соответствуют нормам и правилам ТБ, т.к. приняты меры для защиты от поражения электрическим током, возникновения пожара, соблюдаются санитарно-гигиенические нормы.

11.1.2.2 Опасность возникновения пожара.

При перегрузках и коротком замыкании может произойти возгорание проводки и горючих предметов и материалов, находящихся в

непосредственной близости от места возгорания. Возгорание может произойти и от других источников воспламенения.

11.1.2.2.1 Мероприятия по пожарной безопасности.

Лаборатория АКСУ-2 ЗРИ в отношении пожарной безопасности относится к категории «В» [23], как помещение, в котором при работе используются твердые сгораемые материалы (полы, мебель, оконные проемы, аппаратура, документация).

Пожароопасность помещения определяется следующими факторами:

- наличие достаточного количества горючих материалов;
- наличие источника воспламенения.

Для предотвращения и ликвидации пожара используются следующие меры:

- курение разрешается только в специально отведенных для этого местах;
- запрещается использование открытого огня;
- проводится инструктаж по правилам пожарной безопасности;
- в соответствии с правилами пожарной безопасности разработан план эвакуации на случай пожара;
- лаборатория оборудована пожарной сигнализацией;
- в качестве средства пожаротушения используются углекислотные огнетушители типа ОУ-5.

11.2 Экологическая безопасность.

Одна из важнейших задач современности – это охрана окружающей среды. Рост промышленного производства приводит к увеличению потребления природных ресурсов, что ведет к истощению их запасов, загрязнению окружающей среды.

Применяя меры по ускорению НТП, необходимо сделать все возможное для того, чтобы они сочетались с бережным отношением к природе, не служили источником загрязнения окружающей среды, истощения почвы. При выполнении данной работы не были использованы какие-либо вещества и материалы, способные привести к загрязнению окружающей среды, следовательно, специальные природоохранные мероприятия не разрабатывались.

11.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Чрезвычайные ситуации (ЧС) возникают в результате землетрясений, наводнений, ураганов, снегопадов, крупных аварий, взрывов и пожаров.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Возникновение пожара в зданиях, особенности распространения огня в них зависит от того, из каких материалов (конструкций) они выполнены. Помещение имеет бетонные стены и, по степени возгорания относится к трудносгораемым.

Причинами пожара при проектировании и сборки системы могут быть:

1. небрежное отношение с нагревательными приборами;
2. токи короткого замыкания, нагревающие проводники до температуры, которая может привести к воспламенению изоляции;
3. электрические перегрузки проводов;
4. плохие контакты в местах соединения проводников, вследствие чего выделяется большое количество тепла.

Производственное помещение по пожарной опасности относится к категории В, так как в нём имеются сгораемые вещества и материалы.

При возникновении пожара персонал должен действовать следующим образом:

1. о замеченном пожаре сразу же сообщить в пожарную охрану и приступить к тушению, определив место очага и сняв напряжение;

2. тушение пожара водой без снятия напряжения не допускается;
3. при тушении должно уделяться внимание целостности установленной внутри помещения аппаратуры.

Мероприятия по повышению пожарной безопасности: использование первичных средств пожаротушения (допускается применение газовых и порошковых огнетушителей типа ОУ-5); эксплуатационные: правильная эксплуатация оборудования; правильное содержание помещения и режимные: проведение профилактических осмотров; наблюдение за наличием и исправностью противопожарного оборудования.

На случай землетрясения нужно укрыться в безопасных местах, таких как проемы окон, дверей или по возможности вообще покинуть здание. Всем пострадавшим помочь выбраться из разрушений и постараться оказать первую помощь до приезда врачей. Наиболее ценное оборудование рекомендуется ставить ближе к проемам окон и дверей.

При возникновении чрезвычайной ситуации работа прекращается, специальные приборы, и объекты исследований укладываются в технологическую тару и убираются в специальные шкафы. Люди покидают пределы здания в соответствии с правилами безопасности для определенного вида чрезвычайных ситуаций. [23]

11.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В Конституции России сказано, что граждане России имеют право на охрану здоровья. Это право обеспечивается развитием и совершенствованием техники безопасности и производственной санитарии, проведением широких профилактических мероприятий; мерами по оздоровлению окружающей среды.

Главным направлением государственной политики в области охраны труда является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья

работников. Это достигается путем принятия и реализации федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации об охране труда, а также федеральных целевых, отраслевых целевых и территориальных целевых программ улучшения условий и охраны труда.

Основными направлениями государственной политики в области охраны труда являются: государственный надзор и контроль над соблюдением требований охраны труда;

- расследование и учет несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве;
- защиту законных интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также членов их семей на основе обязательного социального страхования работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- установление порядка обеспечения работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, а также санитарно-бытовыми помещениями и устройствами, лечебно-профилактическими средствами за счет средств работодателей.

Реализация государственной политики в области охраны труда обеспечивается согласованными действиями органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, работодателей, объединений работодателей, а также профессиональных союзов, их объединений и иных уполномоченных работников представительных органов по вопросам охраны труда. [24]

Для обеспечения безопасности труда работающих в лаборатории действует система организационных, санитарно-гигиенических, технических мероприятий и средств, в том числе:

- допуск персонала к выполнению работ, включая инструктаж и проверку знаний техники безопасности (ТБ), в соответствии с “Положениями о порядке обучения и проверки знаний”;
- обеспечение рабочих мест нормативной документацией по ТБ (инструкции, схемы, плакаты и т.д.);
- контрольная проверка и документальная отчетность по охране труда (ОТ);
- общественная и воспитательная работа с персоналом, а также пропаганда вопросов ОТ;
- разработка мероприятий, направленных на улучшение условий труда и предупреждение травматизма;
- применение противоаварийных схем сигнализации и защиты, а также приборов специального контроля и др. [21]

Заключение

В результате выполнения дипломной работы разработано устройство, с помощью которого можно обеспечить преобразование аналогового сигнала (измеренного давления) в двоично-десятичный код и его передачу по ИРПС порту в логическую стойку, которое полностью удовлетворяет требованиям поставленной задачи.

При разработке устройства были выполнены следующие этапы. Произведен обзор литературы, в котором рассмотрено взаимодействие, протекающие в логической стойке и датчиком. Приведено описание датчика. На основании обзора была составлена структурная схема с учётом всех особенностей разрабатываемого устройства, которая позволила выбрать наиболее оптимальное решение по выбору структуры устройства.

Дальше осуществлялся выбор элементной базы, этот этап имеет большое значение для дальнейшей работы. Так как определяется, что будет входить в состав будущего устройства. Это микроконтроллер AT89C4051 фирмы Atmel, АЦП LTC1298 фирмы Linear Technology, EEPROM AT24C04A фирмы Atmel, *DC/DC* преобразователь RE-1205S фирмы RECOM. Затем была разработана принципиальная схема, где окончательно определился состав элементной базы электронного преобразователя.

Дальше производился расчет экономической части, а именно расчет себестоимости работы, годовых затрат на эксплуатацию устройства и экономической эффективности. Был проведен анализ безопасности работы.

Можно сделать вывод что, разработанный прибор можно использовать для замены цифровых манометров.

Данное устройство приведёт к сокращению затрат, связанных с закупкой цифровых манометров. Что позволит значительно улучшить технико-экономические показатели производства.

Conclusion

As a result of the thesis developed a device that can be used to provide an analog signal (measured pressure) conversion of BCD code and its transmission by IRPS port logical rack that meets the legal requirements of the task.

The following steps have been made in the development of the device. Made a literature review, which examined the interaction occurring in a logical rack and sensor. Powered Sensor description. Based on the review of the block diagram, taking into account all the features of the developed device has been drawn up, which allowed to choose the most optimal solution for the selection of the device structure.

Then make a choice element base, this step is of great importance for further work. Since it is determined that will be included in a future device. This microcontroller AT89C4051 firm Atmel, LTC1298 ADC company Linear Technology, EEPROM AT24C04A firm Atmel, DC / DC converter RE-1205S company RECOM. Then, the concept was developed, which finally decided the composition of the element base of electronic converter.

Then he used for calculating the economic part, namely the calculation of the cost of the work, the annual cost to operate the equipment and cost-effectiveness. analysis of the security operation was conducted.

It can be concluded that the developed device can be used to replace the digital manometers.

This device will lead to a reduction in costs associated with the purchase of digital manometers. What will significantly improve technical and economic indices of production.

Список использованных источников

- 1 Цифровой манометр МЦ. Инструкция по эксплуатации. инв.N 4517.
- 2 Логическая стойка. Инструкция по эксплуатации. инв.N 4215.
- 3 Техническое описание МС № еК2.832.066ТО.
- 4 Руководство по эксплуатации МЦ № еК2.832.081РЭ.
- 5 Электронные устройства с программируемыми компонентами. Патрик Гель 2001. -176с.
- 6 Угрюмов Е. Цифровая схемотехника.– М: Высшая школа, 2005. – 400с.
- 7 Описание фирмы ATMEL (AT89C4051).
- 8 Описание фирмы Linear Technology (LTC1298).
- 9 Описание фирмы ATMEL (AT24C04A).
- 10 Описание фирмы RECOM (RE-1205S).
- 11 Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. 2-е изд., перераб. И доп. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр, 2001. – 304с.
- 12 Акимов Н.Н., и др. Резисторы, конденсаторы: справочник. – Минск. Беларусь, 2004.
- 13 Зарубежные полупроводниковые приборы, интегральные микросхемы и их отечественные аналоги. –Минск, 2005
- 14 Программирование на языке Ассемблера для микроконтроллеров семейства i8051. Каспер Эрн 2004. -191с.
- 15 Проектирование печатных плат в системе P-CAD 2001. Нижний Новгород, 2002. -178с.
- 16 Техническая документация АКСУ. инв.N 4356.
- 17 Петухов О. Н. Экономическая часть ВКР для технических специальностей [электронный ресурс] <http://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=915>

18 Грузинов В. П. Грибов В. Д. “Экономика предприятия”: Учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2001. – 208 с.: ил.

19 Заработная плата: налоговый учет, сложные вопросы. М: Информиздат, 2002.

20 СТП 236.2-2001. Охрана труда. Условия труда. Контроль и паспортизация. Организация работ.

21 Инструкция по охране труда для персонала ЛАСУТП.

22 СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

23 ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

24 Трудовой кодекс (ТК РФ) раздел 10 глава 33

25 The description on firm Atmel AT89C4051, AT24C04A [электронный ресурс]: <http://www.atmel.com>.

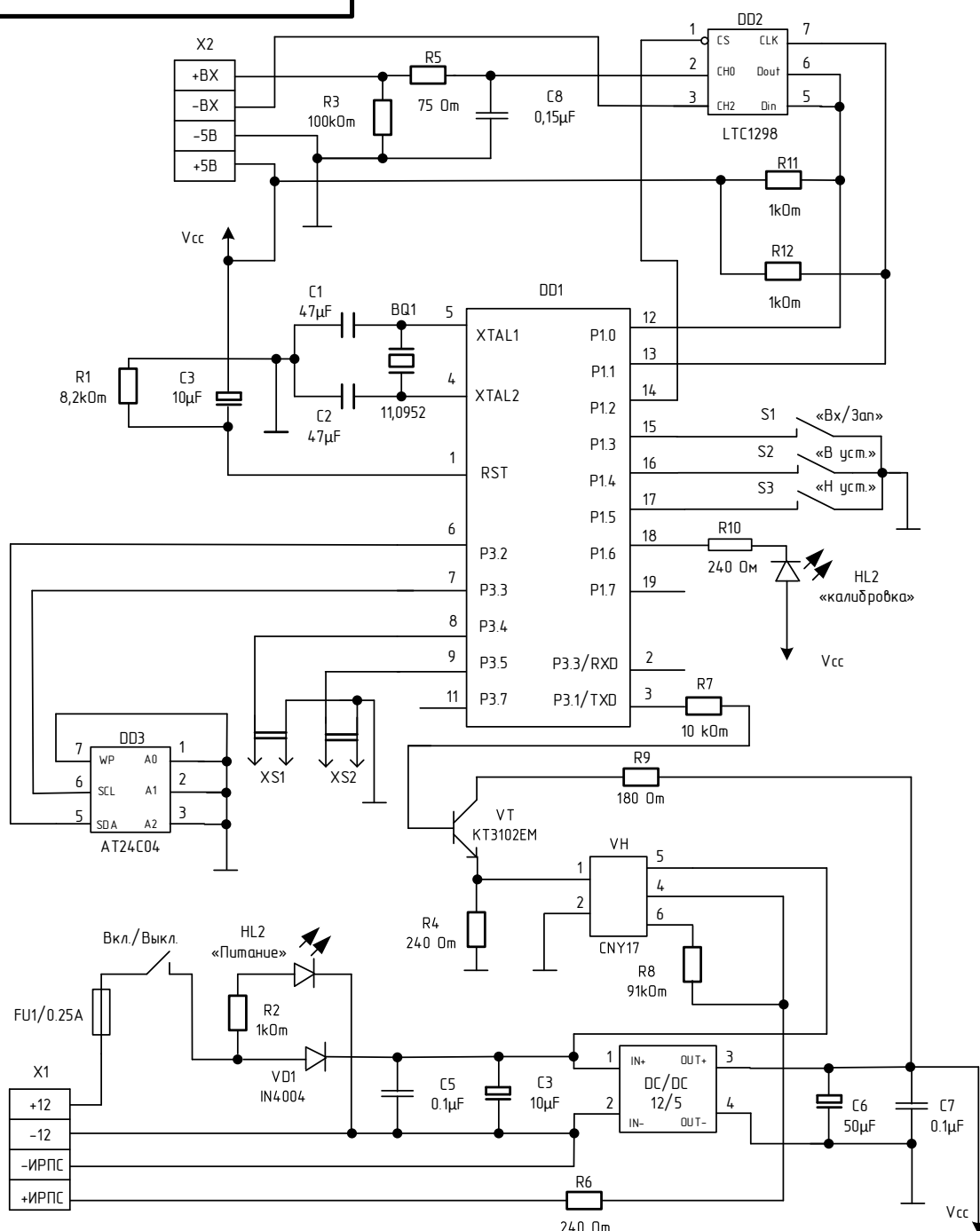
26 The description on firm Linear Technology LTC1298 [электронный ресурс]: <http://www.linear-tech.com>.

27 The description on firm Recom RE-1205S [электронный ресурс]: <http://www.recom-international.com>.

28 Electronic components [электронный ресурс]: <http://icmaster.com>.

Приложение А.

ФЮРА.421215.016 ЭЗ



ФЮРА.421215.016 ЭЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Жаворонков			
Провер.	Редько В.В.			
Т. Контр.	Степанов А.Б.			
Соглас.				
Н. Контр.				
Утверд.				

Приложение А
Схема электрическая
принципиальная

Лист	Масса	Масштаб
Лист 1		
ТПУ ИнЗО гр. 3-1401		

Приложение Б.

Текст программы

НАЧАЛО

PP2: JB Star_t,PP1

JB S1,PP3

setb LCD_sle

JMP PP5

PP3: JB S2,PP4

setb LCD_sle

JMP PP5

PP4: JB S3,PP5

setb LCD_sle

PP5: JMP PP2

PP1: CLR Star_t

CALL OUT

JMP prog

;Считаем последовательный код с АЦП LTC1298

prog: MOV A,Cycle

CJNE A,#1,Programm

CALL ACP

MOV Cycle,#00h ;Обнуляем счетчик

JB FILTER_OFF,FLT_OUT

CALL FILTER

JMP pr2

FLT_OUT: MOV ACP_ml,R0

MOV ACP_st,R1

;От полученного 12bit значения с АЦП отнимаем цифровой код 00мм рт.ст. и умножаем на К.*

pr2: MOV R1,ACP_st ;запись в регистр ст. байт среднего значения (12bit АЦП)

MOV R0,ACP_ml ;запись в регистр мл. байт среднего значения (12bit АЦП)

MOV R3,Code_st ;запись в регистр ст. байт цифровой код давления 00 мм рт. ст.

MOV R2,Code_ml ;запись в регистр мл. байт цифровой код давления 00 мм рт. ст.

CALL SUBB16

MOV Code_st_subb,R1 ;ст. байт (результат разности)

MOV Code_ml_subb,R0 ;мл. байт (результат разности)

JNC X1 ;Если уменьшаемое меньше вычитаемого, то производим инверсию байтов Code_ml_subb, Code_st_subb.

SETB Char ;Указывает, что нужно поставить знак "минус" перед числом который выводится на LCD

```

XRL Code_st_subb,#255      ;Инверсия байта Code_st_subb
XRL Code_ml_subb,#255      ;Инверсия байта Code_ml_subb
JMP X2

```

;Для перевода цифрового кода в эквивалент давления, полученную разность умножим на К (вес одного разряда АЦП).

```
X1: CLR Char
```

```
X2: MOV R1,Code_st_subb ;Записываем в регистр ст. байт
```

```
MOV R0,Code_ml_subb;Записываем в регистр мл. байт
```

```
MOV R3,K_st           ;Записываем в регистр ст. байт коэффициента
```

К

```
MOV R2,K_ml           ;Записываем в регистр мл. байт коэффициента К
```

```
CALL      MULT          ;Производим умножение (Code_ml_subb,
Code_st_subb)*К
```

;Полученный результат умножения (двоичный код измеренного давления) сохраним в ОЗУ

```
MOV 59,R7             ;старший байт двоичного кода, измеренного
давления
```

```
MOV 58,R6             ;-//-
```

```
MOV 57,R5             ;-//-
```

```
MOV 56,R4             ;младший байт двоичного кода, измеренного
давления
```

;Т.к. полученное значение превышает 2 байта (значение состоит из 4-х байт), разделим полученный результат на 10000

```
MOV R3,59             ;зап. в регистр ст. байт двоичного кода,измеренного
давления
```

```
MOV R2,58             ;-//-
```

```
MOV R1,57             ;-//-
```

```
MOV R0,56             ;зап. в регистр мл. байт двоичного кода,измеренного
давления
```

;Производим деление на 10000 (делим два раза по 100)

```
MOV R4,#100           ;Знаменатель
```

```
CALL      DIVIS1
```

```
MOV R4,#100           ;Знаменатель
```

```
CALL      DIVIS1
```

```
INC CycleF
```

```
MOV A,CycleF
```

```
CJNE A,#32,Prgm
```

```
JMP prgm1
```

```
Prgm: JMP programm
```

```
prgm1: MOV CycleF,#00h      ;Обнуляем счетчик
```

```
JB Char,prgm2
```

```
CALL      FILTER1
```

```
JMP prgm3
```

```
prgm2:    MOV 012h,#00h
          MOV 013h,#00h
```

;Произведем десятичную коррекцию двоичного кода (двоичный код измеренного давления)

```
prgm3:    CALL    DAAC    ;Двоичное число записано в
регистрах R0 и R1, а десятичные цифры записаны в регистрах
R4,R3,R2,R1,R0.
```

;Подготовим данные для дальнейшей передачи по ИРПС (т.к. полученный результат состоит из

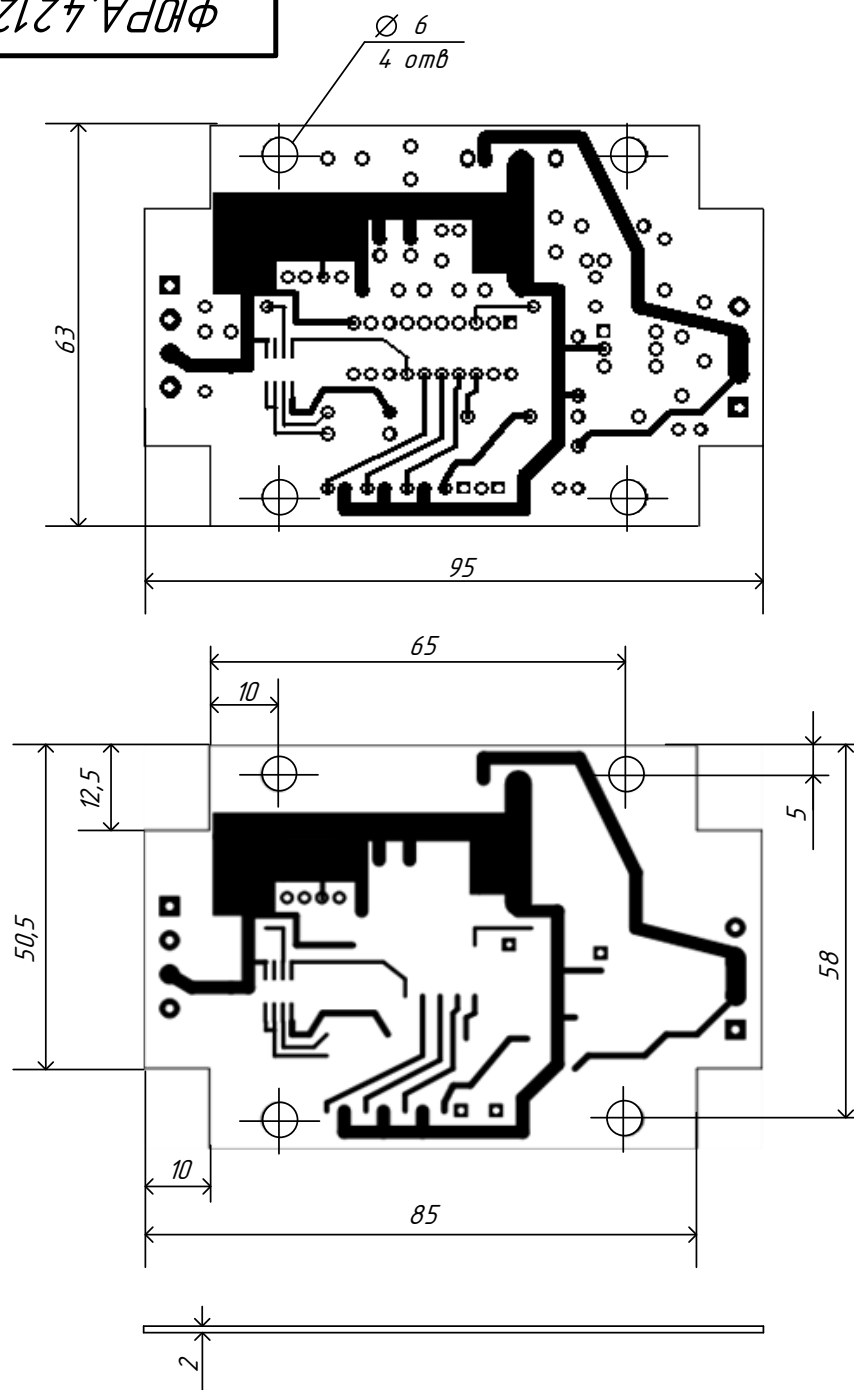
;четырех байт, а передача осущ. двумя байтами (согласно кадру)

```
MOV A,R1
SWAP    A
ORL  A,R0
MOV IRPS_1,A
MOV A,R3
SWAP    A
ORL  A,R2
MOV IRPS_2,A
JNB  LCD_sle,pr3
CLR  LCD_sle
CALL    LCD_scale
MOV Cycle,#00h    ;Обнуляем счетчик
JMP  Programm
```

КОНЕЦ

Приложение В.

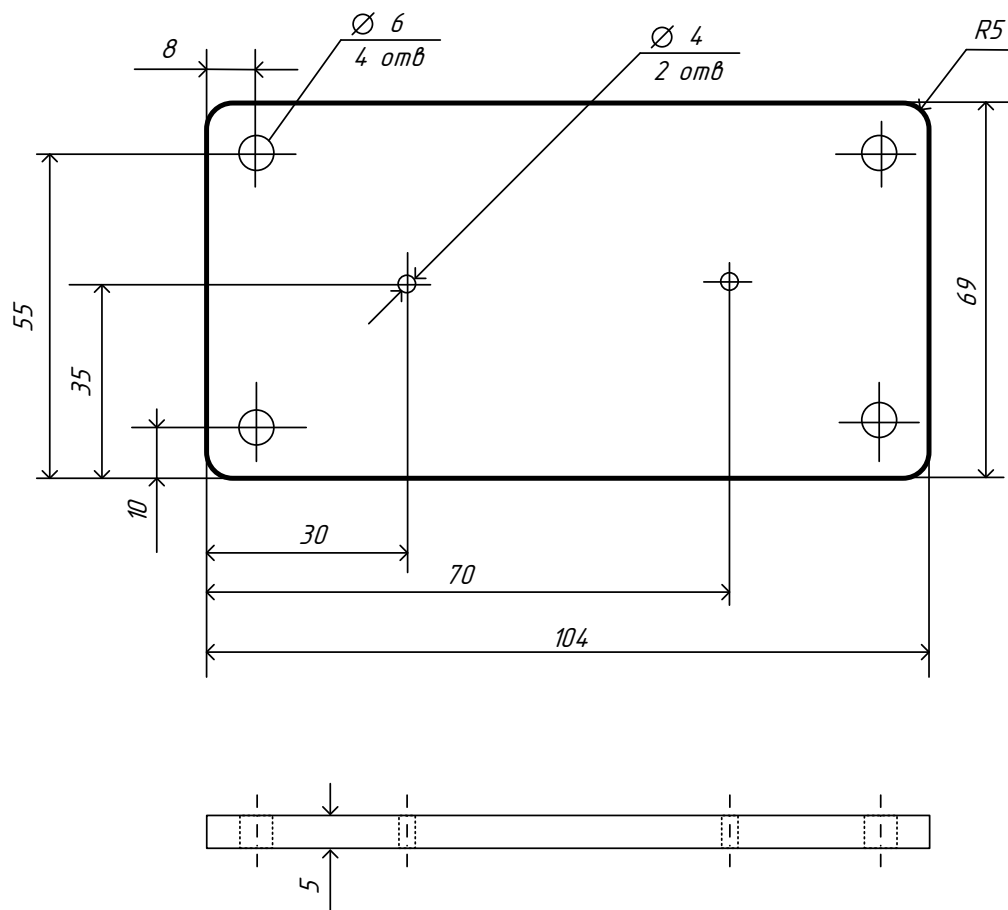
ФЮРА.421215.016



					ФЮРА.421215.016			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Приложение В Плата печатная	Лит.	Масса	Масштаб
						У		1:1
						Лист 1		
						ТПУ ИнЭО		
						гр. 3-1401		
Разраб.	Жаворонков				Гетинакс I 2с-2,0 ГОСТ 2718-74			
Провер.	Редько В.В.							
Т. Контр.	Степанов А.Б.							
Соглас.								
Н. Контр.								
Утверд.								

Приложение Г.

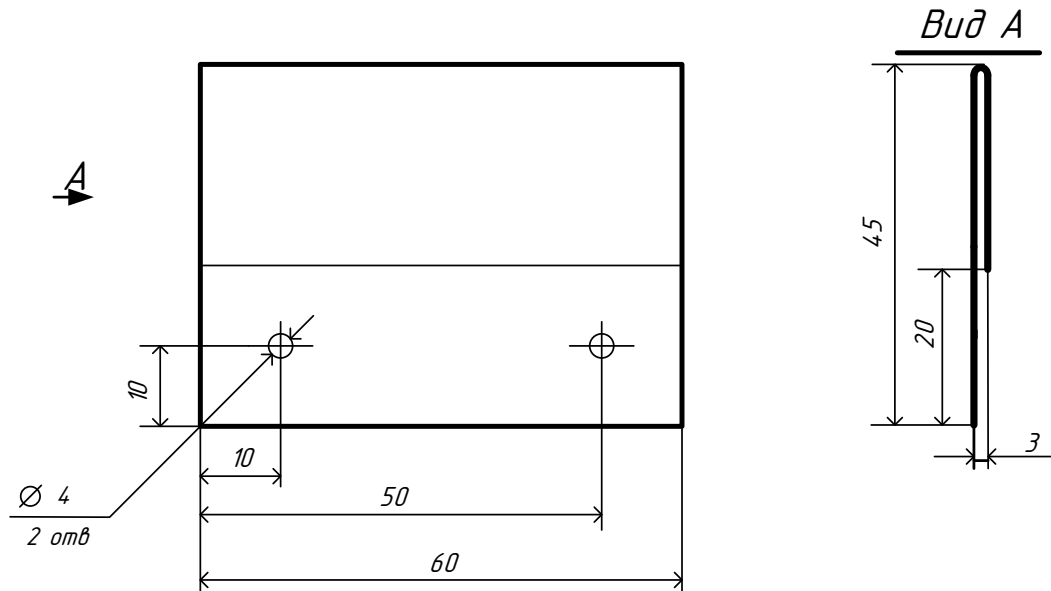
ФЮРА.421215.016 МЧ



						ФЮРА.421215.016 МЧ				
								Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Приложение Г Крышка задняя		у			1:1
Разраб.	Жаворонков									
Провер.	Редько В.В.									
Т. Контр.	Степанов А.Б.									
Соглас.										
Н. Контр.					Пластик 111 - 5,0 ГОСТ 25500-82	Лист 1		Листов 2		
Утверд.						ТПУ ИнЭО гр. 3-1401				

Приложение Д.

ФЮРА.421215.016 МЧ



					ФЮРА.421215.016 МЧ			
					Приложение Д Пластина крепежная	Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		У		1:1
Разраб.	Жаворонков					Лист 1		
Провер.	Редько В.В.					Жесть 1-712-ЧЖК-А1 ГОСТ 13345-85		
Т. Контр.	Степанов А.Б.					ТПУ ИнЭО гр. 3-1401		
Соглас.								
Н. Контр.								
Утверд.								