

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Факультет

Кафедра

вычислительной техники

«Вычислительная техника»

Специальность: 09.05.01 «Применение и эксплуатация  
автоматизированных систем специального  
назначения»  
Специализация: «Эксплуатация вычислительных машин, комплексов,  
систем и сетей специального назначения»

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

на тему

**Система управления гибкой технологической линией сборки**

Студент

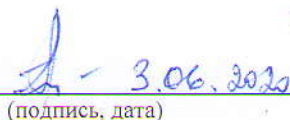


Пронькин Юлий Анатольевич

(подпись, дата)

(ФИО полностью)

Руководитель

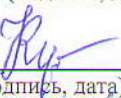
 3.06.2020

Бикташев Р.А.

(подпись, дата)

(фамилия, инициалы)

Нормоконтролёр



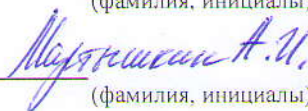
Кучин А.В.

(подпись, дата)

(фамилия, инициалы)

Рецензент

доцент каф. ВМиС ПензГУ 

 Митрохин А.И.

(должность, место работы)

(подпись, дата)

(фамилия, инициалы)

Работа допущена к защите (протокол зас. кафедры от 10.06.2020г. № 13)

Заведующий кафедрой



Митрохин М.А.

(подпись)

(фамилия, инициалы)

Работа защищена с отметкой удовлетворительно (протокол заседания ГЭК от  
19.06.2020 № 17)

Секретарь ГЭК



Гурин Е.И.

Пенза 2020

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

*Факультет*

Вычислительной техники

*Кафедра*

Вычислительная техника

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой

 Митрохин М.А.

«30» апреля 2020г.

**ЗАДАНИЕ  
НА ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

1. Студент Пронькин Юлий Анатольевич. гр. 15BO2 факультета вычислительной техники.

2. Тема работы: «Система управления гибкой технологической линией сборки».

Тема утверждена приказом ПГУ № 0335а/о от 30.04.2020

3. Руководитель работы к.т.н., профессор каф. ВТ ПГУ Бикташев Равиль Айнулович

4. Задание на работу (назначение разработки, исходные данные и т.п.).

Система предназначена для управления гибкой технологической линией сборки.

Система должна работать в режимах: системный, автономный, пошаговый, ручной.

Число рабочих мест не менее 16-ти (15 микророботов + 1 лента конвейера).

Микроробот должен иметь не менее 5-ти степеней свободы.

Предусмотреть не менее 8 выходных сигналов управления и 16-ти входов с датчиков

Подключить 16-ричную клавиатуру и 7-сегментную индикацию.

Элементная база – контроллеры серии PIC-16.

5. Перечень подлежащих разработке вопросов.

Требуется произвести анализ предметной области, выбрать функциональный состав системы, разработать структурную схему системы, осуществить выбор элементной базы, разработать принципиальную схему и алгоритм работы системы. Система блока управления должна загружаться с клавиатуры, а выбранный режим отображаться на семисегментной индикации. Питание системы осуществляется от источника постоянного

напряжения от 8 до 15 вольт. В технологической части необходимо представить способы изготовления печатных плат. Также выполнить задание по БЖД и экономике.

6. Календарный график выполнения работы

| № п/п | Наименование этапов работы                              | Объем работы | Срок выполнения | Подпись руководителя |
|-------|---------------------------------------------------------|--------------|-----------------|----------------------|
| 1.    | Система управления гибкой технологической линией сборки | 80           | 29.04.2020      |                      |
| 6.    | Технология изготовления печатных плат                   | 40           | 13.05.2020      |                      |
| 7.    | Меры безопасности при изготовлении печатных плат        | 40           | 20.05.2020      |                      |
| 8.    | Расчет экономической части                              | 40           | 27.05.2020      |                      |
| 9..   | Исправление ошибок в работе системы                     | 16           | 3.06.2020       |                      |
| 10.   | Оформление дипломной работы                             | 48           | 5.06.2020       |                      |

Дата выдачи задания "30" апреля 2020 г.

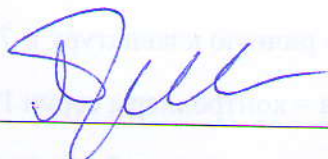
Руководитель работы

(подпись, дата)

 30.04.2020 Бикташев Р.А.

Задание к исполнению принял студент

(подпись, дата)

 Пронькин Ю.А.

Работу к защите допустить

Декан факультета

(подпись, дата)

 Фионова Л.Р.

## РЕФЕРАТ

Работа содержит 79 листа, 15 рисунка, 7 таблиц, 7 источников, 5 приложений.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЛИНИЯ, ПС-  
МИКРОКОНТРОЛЛЕР, КОНВЕЙЕР, МИКРОРОБОТ.

Цель работы – разработать систему управления гибкой технологической линией сборки.

Объектом разработки является аппаратный комплекс, предназначенный для сборки радиотехнических изделий типа разъем, переключатель, реле.

В результате проведенной работы создан проект, удовлетворяющий поставленной задаче, а именно, создан аппаратный комплекс, в состав которого вошли контроллеры на базе микроконтроллеров фирмы Microchip, реализующие управление клавиатурой, индикация, сопряжение с моноканалом, управление роботом-манипулятором и обработка сигналов с датчиков.

Данное устройство рекомендуется использовать для организации управления гибкой технологической линии. Устройство может быть внедрено в производство, где требуется осуществлять управление технологической линией сборки.

|              |               |           |         |      |                                                                                        |                            |      |         |              |
|--------------|---------------|-----------|---------|------|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------|---------|--------------|
|              |               |           |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ                                                                 |                            |      |         |              |
|              |               |           |         |      |                                                                                        |                            |      |         |              |
| Изм.         | ЛистЛ         | № докум.№ | Подпись | Дата |                                                                                        |                            |      |         |              |
| Разраб.Разра | Пронькин.Ю.А. |           |         |      | Система управления гибкой<br>технологической линии сборки<br><br>Пояснительная записка | Лит.                       | Лит. | ЛистЛис | ЛистовЛистов |
| Провер.Пров  | Бикташев.Р.А. |           |         |      |                                                                                        |                            |      | 2       | 78           |
| Н. Контр     | Кучин А.В.    |           |         |      |                                                                                        | ФВТ, каф. ВТ,<br>гр. 15В02 |      |         |              |
| ...          |               |           |         |      |                                                                                        |                            |      |         |              |
| Утверд.Утвер | Митрохин.М.А. |           |         |      |                                                                                        |                            |      |         |              |

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                         | 5  |
| 1 Система управления гибкой технологической линией сборки .....                                       | 6  |
| 1.1 Анализ предметной области .....                                                                   | 9  |
| 1.1.1 Обзор возможных решений .....                                                                   | 10 |
| 1.2 Разработка структурной схемы системы.....                                                         | 8  |
| 1.2.1 Определение функционального состава системы .....                                               | 8  |
| 1.2.2 Описание работы системы по структурной схеме.....                                               | 8  |
| 1.3 Разработка алгоритма системы.....                                                                 | 8  |
| 1.3.1 Описание интерфейса I2C.....                                                                    | 8  |
| 1.3.2 Описание переменных системы.....                                                                | 17 |
| 1.3.3 Описание работы системы по алгоритму.....                                                       | 17 |
| 1.4 Разработка принципиальной схемы .....                                                             | 19 |
| 1.4.1 Выбор датчика .....                                                                             | 20 |
| 1.4.2 Выбор микроконтроллера .....                                                                    | 20 |
| 1.4.3 Выбор микросхемы для интерфейса .....                                                           | 23 |
| 1.4.4 Выбор схемотехники модуля индикации.....                                                        | 23 |
| 1.4.5 Описание работы системы по принципиальной схеме .....                                           | 25 |
| 2 Технология изготовления печатных плат .....                                                         | 30 |
| 2.1 Методы изготовления печатных плат .....                                                           | 30 |
| 2.2 Описание технологического процесса изготовления печатных плат<br>химическим методом .....         | 31 |
| 2.3 Электрохимический метод изготовления ДПП .....                                                    | 35 |
| 2.4 Аддитивный способ изготовления ДПП .....                                                          | 37 |
| 2.5 Типовой технологический процесс изготовления МПП методом<br>металлизации сквозных отверстий ..... | 38 |

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3 Меры безопасности при изготовлении печатных плат.....                               | 41 |
| 3.1 Техника безопасности при заготовительных операциях.....                           | 44 |
| 3.2 Техника безопасности при травлении и металлизации отверстий печатной платы.....   | 45 |
| 3.3 Техника безопасности при пайке деталей на печатную плату .....                    | 47 |
| 3.4 Техника безопасности при промывке и обезжиривании поверхности печатной платы..... | 47 |
| 4 Расчет затрат на разработку микропроцессорной системы.....                          | 48 |
| 4.1 Расчет цеховой себестоимости .....                                                | 50 |
| 4.1.1 Расчет затрат на покупные изделия.....                                          | 51 |
| 4.1.2 Расчет затрат на материалы .....                                                | 52 |
| 4.1.3 Расчет затрат на кооперацию.....                                                | 53 |
| 4.1.4 Расчет затрат на электроэнергию .....                                           | 54 |
| 4.1.5 Расчет затрат на заработную плату основных производственных рабочих .....       | 55 |
| 4.1.6 Расчет затрат на социальные отчисления .....                                    | 56 |
| 4.1.7 Расчет косвенных цеховых затрат .....                                           | 57 |
| 4.2 Расчет заводской себестоимости .....                                              | 58 |
| 4.3 Расчет полной себестоимости.....                                                  | 59 |
| 4.4 Расчет цены проектируемого устройства.....                                        | 60 |
| 4.5 Оценка инвестиционной привлекательности проекта .....                             | 65 |
| Заключение .....                                                                      | 68 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ .....                                                  | 69 |
| Приложение А1Схема электрическая структурная.....                                     | 70 |
| Приложение А2Схема электрическая принципиальная .....                                 | 72 |
| Приложение А3Перечень элементов .....                                                 | 74 |
| Приложение А4Алгоритм.....                                                            | 77 |
| Приложение Б Презентация .....                                                        | 79 |

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире невозможно представить производство без использования гибких технологических линий, ЭВМ, роботов, пульта оператора и управления

Высокая потребность в радиотехнических изделиях заставляет людей производить его в больших объемах для различных отраслей. Для достижения больших объемов производства стали использовать технологические линии сборки.

Обязательным этапом технологического процесса сборки радиотехнических изделий является контроль параметров изделия, в первую очередь, контроль качества и точности сборки. Массовая сборка изделий требует разработки системы управления линией и контроля, обеспечивающих высокую производительность и качество, которое можно легко перепрограммировать на другой вид продукции.

Состояние линии сборки в ходе его эксплуатации изменяется. Время от времени необходимо проводить контроль узлов. В ходе контроля важно обеспечить необходимые и безопасные условия диагностики, гарантирующие дальнейшую высокую производительность и качество.

В настоящее время на рынке представлено мало систем управления гибкой технологических линий сборки, но благодаря развитию вычислительной техники существует много различных способов реализации. Одним из способов реализации- это ведущая ЭВМ с соединенным по моноканалу несколько местных МЭВМ.

В данной работе будет рассмотрена структурная схема системы управления, структурная схема местной МЭВМ,, функциональные и принципиальные схемы местной МЭВМ, алгоритм взаимодействия ведущей ЭВМ с местными МЭВМ, алгоритм работы местной МЭВМ.

## 1 Система управления гибкой технологической линией сборки

### 1.1 Анализ предметной области

В данном разделе работы рассмотрены возможные способы реализации, а также познакомимся с самим устройством и его основными компонентами.

Гибкая технологическая линия - это совокупность роботизированных технологических комплексов, гибких производственных модулей, обрабатывающих центров, отдельных единиц технологического оборудования с ЧПУ и системы обеспечения их функционирования в автоматическом или автоматизированном режиме, обладающая свойством автоматизированной (программируемой) переналадки при производстве деталей или изделий произвольной номенклатуры в пределах технологического назначения. Технологическая линия состоит из следующих компонентов:

#### 1 Ведущая ЭВМ

Ведущая ЭВМ в системе управления самый важный элемент, так как через ведущую ЭВМ происходит управление другими ЭВМ, осуществляется работа в системе и производится основная обработка информации.

#### 2 Рабочее место

Рабочее место представляет собой блок управления, блок сопряжения с моноканалом, индикация, клавиатура, узел выдачи управляющих сигналов на робот манипулятор, узел сопряжения с датчиками

#### 3 Робот-манипулятор

Робот манипулятор получает управляющие сигналы от 2 контроллера, Данные с концевых датчиков через 3 котроллер поступают в блок управления.

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 6    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

### 1.1.1 Обзор возможных решений

Использование до 16-ти рабочих мест, 15 ММЭВМ в сопряжении с роботом-манипулятором и 1 лента конвейера.. При условии выполнения операции на каждом рабочем месте, лента конвейера передвигается.

Структурно реализовать систему управления можно с помощью локальной сети на основе моноканала RS-485, а также в виде радиальной сети.

Интерфейс RS-485 самый распространенный в промышленности. Его используют при технологическом производстве такие промышленные гиганты как Modbus, ProfibusDP, ARCNET, BitBus, WorldFip, LON, Interbusи множество нестандартных сетей. Интерфейс является наилучшим из всех возможных при современном уровне развития технологии. Основными достоинствами являются:

- двусторонний обмен данными всего по одной витой паре проводов;
- работа с несколькими трансиверами, подключенными к одной и той же линии, т. е. возможность организации сети;
- большая длина линии связи;
- достаточно высокая скорость передачи.

ММЭВМ состоит из 3-х простых контроллеров серии PIC16F876, 1 контроллер управляет клавиатурой, индикацией и формирует сопряжение с моноканалом, 2 и 3 контроллер управляет роботом-манипулятором и обрабатывает сигналы с датчиков.

Предусматривается 2 общих режима, 1 режим сборки, 2 режим отладка.

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 7    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

## 1.2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

Для составления структурной схемы необходимо определить функциональный состав системы, а также последовательность действий системы. Структурная схема системы представлена на чертеже в приложении А1. На рисунке 1.1 присутствует графическое представление структурной схемы.

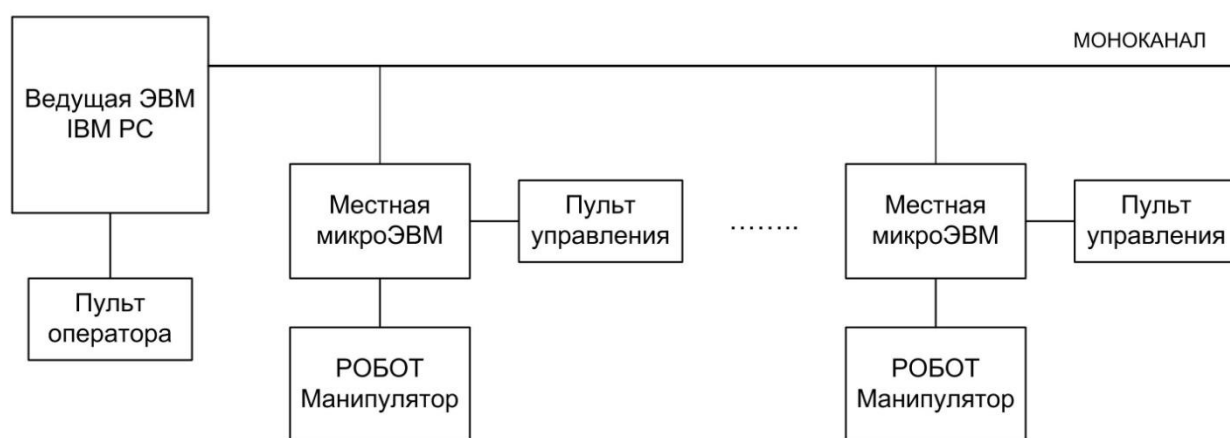


Рисунок 1.1 – Структурная схема

Входным данным являются, выбранный режим работы. Остальные действия система производит самостоятельно.

Рассмотрим функциональный состав системы.

### 1.2.1 Определение функционального состава системы

Система представляет совокупность компонентов, а именно: датчики, контроллеры, индикация и клавиатура. Именно такую конфигурацию должна иметь система, потому что в ее составе присутствуют основные компоненты, позволяющие осуществлять работу.

Клавиатура используется для выбора режима работы в системе.

Контроллер получает входные данные от устройств и начинает процесс обработки данных. После получения всей необходимой информации в зависимости от выбранного режима. В завершении своей работы он передает результат индикатору.

Индикация предназначена для вывода информации. На ней отображаются результаты.

Для того чтобы система работала, нужно питание. Поэтому возникает необходимость добавить устройство, которое будет формировать постоянное напряжение для элементов. Для выполнения этой задачи потребуется стабилизатор. При составлении принципиальной схемы и выборе компонентов системы необходимо помнить, что элементы могут функционировать при различных напряжениях.

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 9    |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

### 1.2.2 Описание работы системы по структурной схеме

Система управления состоит из датчиков, клавиатуры, контроллеров и индикации. Все элементы работают в сети постоянного тока с требуемым напряжением, что исключает возможность преждевременного выхода из строя.

Система работает следующим образом. Как только подается питание, происходит инициализация прошивки микроконтроллера, установка в начальное состояние регистров МЭВМ. Далее система ожидает получения данных от клавиатуры. После выбора нужного режима, начинается процесс получения данных от датчиков. При помощи интерфейса I2C происходит передача данных

## 1.3РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СИСТЕМЫ

Задачей этапа разработки системы является составление алгоритма работы, формализация алгоритма.

Начнем с определения. Алгоритм – это набор правил или шагов, выполнение которого в точной последовательности, приведет к нужному результату. Для разработки необходимо разбить задачу на блоки и описывать их отдельно.

### 1.3.1 Описание интерфейса I2C

Перед тем, как начать описывать алгоритм работы микроконтроллера, необходимо познакомиться с интерфейсом I2C, позволяющий обмениваться данными между датчиком и контроллером. Он является одним из самых распространенных протоколов передачи данных между устройствами. Выбрать его в качестве интерфейса, упростило задачу поиска и объединения компонентов, так как он поддерживается большинством микросхем, а также прост в реализации.

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 10   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

Для подключения необходимо всего два провода: «SCL»и«SDA». Они вместе образуют шину данных, а по отдельности линия тактирования и линия данных соответственно.

В I2C, устройства подразделяются на ведущего(master) и ведомого (slave). При инициализации передачи данных, ведущий подает тактовые импульсы на линию SCL, ведомый принимает данные или команды, а также может передавать информацию по запросу главного. Из этого следует, что линии являются двунаправленными, поэтому выводы должны быть перенастраиваемыми на вход и выход.

В I2C данные передаются побайтно. Интерфейс является надежным, так как после отправки байта следует бит подтверждения, а ведомый или ведущий должен подтвердить получение. На рисунке 1.2 представлен механизм передачи данных более подробно.

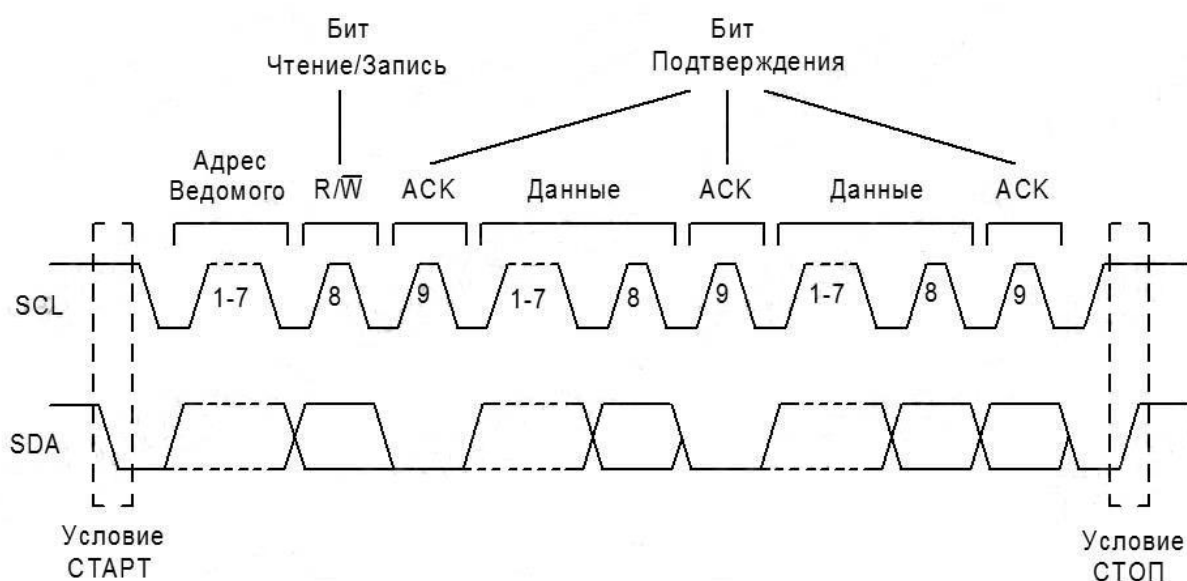


Рисунок 1.2. Диаграмма передачи данных

Каждый процесс передачи сообщения начинается со специального условия, называемого «Старт». Из рисунка видно, что для наступления этого события необходимо подтянуть две линии «SCL»и«SDA» к высокому логическому уровню. После чего линия данных должна переключиться с высокого на низкий уровень, а линия тактирования оставаться неизменной.

Выполнив условие, начинается передача байта, в котором семь бит, отводится под адрес ведомого, а восьмой для определения направления передачи. Если бит имеет нулевое значение, то передача осуществляется от ведущего к ведомому, а при единичном значении наоборот. Устройство, получившее сообщение, сравнивает полученный адрес со своим. Если он совпадает, то устанавливает низкий уровень, тем самым подтверждая получение. После этих действий, происходит передача адреса регистра, над которым будут выполняться операции чтения или записи. Выполнив все необходимые действия, процесс взаимодействия завершается условием «Стоп». Он происходит при переключении канала «SDA» с низкого на высокий логический уровень. При этом уровень «SCL», как в случае «Старта», должен быть высоким. Если ведомому потребуется время на обработку данных, то он может принудительно удерживает низкое состояние на линии тактирования.

Интерфейс поддерживает несколько скоростных режимов работы:

- 1) Стандартный режим работы до 100 Кбит/с, частота тактирования до 100 кГц
- 2) Скоростной режим до 400 Кбит/с, частота до 400 кГц
- 3) Высокоскоростной режим работы до 3,4 Мбит/с, частота тактирования до 3,4 МГц

Используя интерфейс I2C, контроллер опрашивает датчик. Он получает регистрируемые мгновенные значения.

### 1.3.3 Описание работы системы по алгоритму

Для составления алгоритма работы необходимо знать компоненты системы, участвующие в выполнении задания, а также определить последовательность действий. На рисунке 1.3 представлена блок-схема алгоритма. Данная блок-схема является содержательной. Пользуясь ей, можно, легко, написать программу для микроконтроллера.

Сначала производится установка в начальное состояние регистров ММЭВМ и ПУ, если системный режим, то происходит задание адреса ММЭВМ и после нажатия клавиши «ПУСК», начинается работа в системном режиме, после нажатия клавиши «СБРОС» все останавливается. Если не системный режим, то автономный до окончания автономного режима. Если не автономный, то шаговый режим после нажатия клавиши пуск происходит пошаговое выполнение программы до окончания шагового режима. Если не шаговый режим, то тогда режим прямое управление в ходе которого выполняются заданные движения.

Все режимы работают до нажатия клавиши «СБРОС»

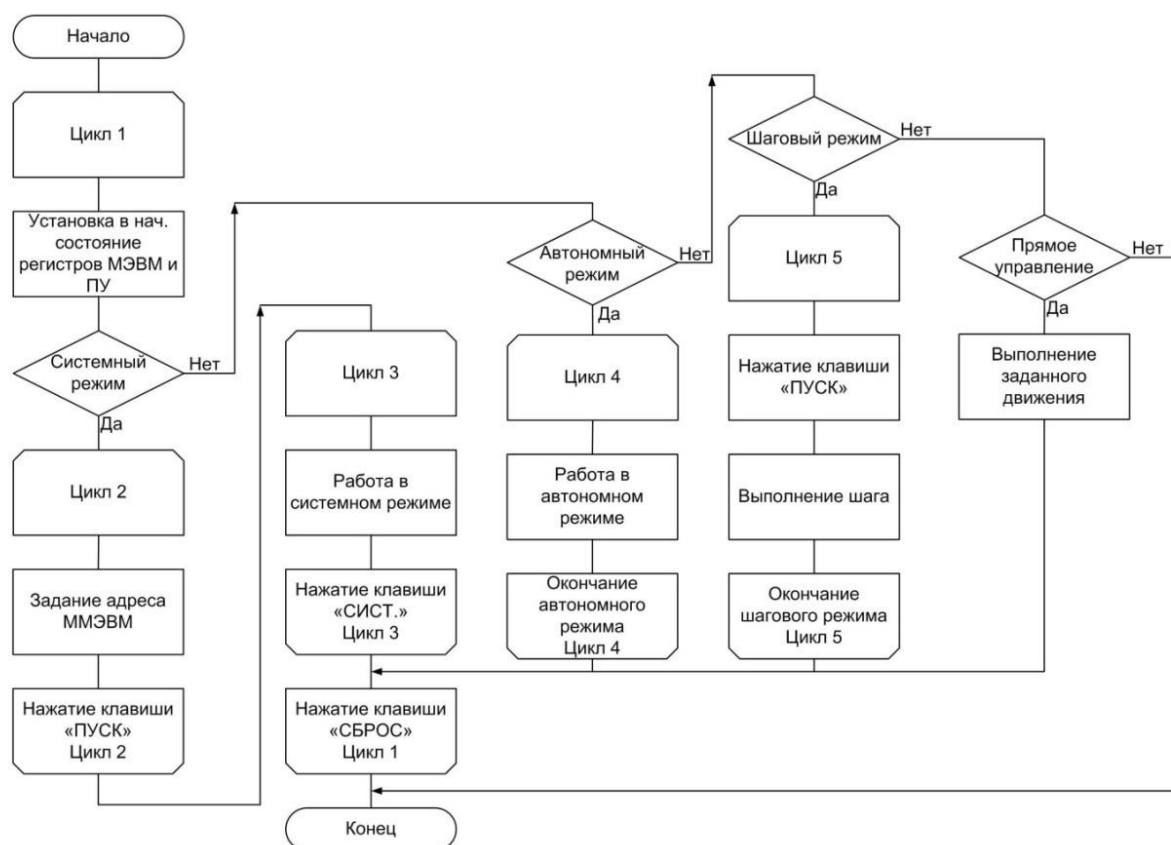


Рисунок 1.3 – Блок-схема алгоритма работы ММЭВМ в разных режимах

## 1.4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Принципиальная электрическая схема – это схема, служащая для передачи, с помощью условных графических обозначений (УГО), связей между элементами устройства. Она позволяет детально разобраться в принципах работы изделия. Для разработки принципиальной схемы необходимо выбрать компоненты, с помощью которых, можно максимально раскрыть потенциал системы. Самым важным элементом микропроцессорной системы является процессор. Поэтому нужно уделить особое внимание при выборе его, так как от его характеристик зависят показатели всей системы.

Методика составления принципиальных схем состоит в том, что перед началом выполнения чертежа, необходимо разбить устройство на функциональные блоки, а именно: выделить питающие элементы, конечные входные устройства и прохождение сигнала до решающего устройства, решающее устройство и обмен данными с другим оборудованием. В лучшем случае, если эти части удастся изобразить на отдельных листах. Движение сигналов схемы всегда имеет направление слева-направо. Предполагается, что входные конечные устройства расположены в левой части схемы, а выходные конечные устройства – в правой. В то же время ток питания в принципиальных схемах должен быть направлен сверху – вниз. Верхняя часть схемы соответствует большему потенциалу напряжения. Не рекомендуется перегружать схему соединительными проводами, так как главной целью остается показать путь входных информационных сигналов и их движения к решающему устройству. Второстепенные сигналы, желательно, обозначать ссылками. Допускается выносить менее значимые элементы на отдельные листы.

Принципиальная схема представлена в приложении А2.

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 14   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

### 1.4.1 Выбор датчика

Для контроля отключения используются концевые датчики. В электрической принципиальной схеме будут отображены только разъемы для подключения.

### 1.4.2 Выбор микроконтроллера

Основная особенность архитектуры высокопроизводительного восьмиразрядного однокристального микроконтроллера PIC16F876:

Алу:

- высокоскоростная RISC архитектура арифметико-логического устройства;
- 35 инструкций;
- прямой, косвенный и относительный способы адресации;
- все команды исполняются за один командный цикл (4 такта) кроме инструкций переходов, выполняемых за два цикла;
- тактовая частота 0 – 20 МГц;

Память:

- 8192 14-разрядных слов памяти программ, выполненной по технологии FLASH (электрически стираемой ПЗУ);
- 368 8-разрядных байт памяти данных (ОЗУ);
- 256 8-разрядных байт памяти данных (электрически стираемое ПЗУ);

Периферийные модули:

- система прерываний (до 14 источников);
- 8-уровневый аппаратный стек;
- сторожевой таймер WDT с собственным RC генератором;
- режим энергосбережения;

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 15   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

- программный выбор параметров тактового генератора;
- 33 линии цифрового ввода-вывода (порты А – 6 разрядов; В, С, D – 8 разрядов;
- Е – 3 разряда;
- высокая нагрузочная способность портов ввода-вывода (25 мА);
- таймер 0: 8-разрядный таймер/счетчик с 8-разрядным предделителем;
- таймер 1: 16-разрядный таймер/счетчик с возможностью подключения внешнего резонатора;
- таймер 2: 8-разрядный таймер/счетчик с 8-разрядным предделителем и выходным делителем;
- два модуля сравнения/захват/ШИМ (ССР):
- 10-разрядный ШИМ;
- многоканальный 10-разрядный АЦП;
- последовательный синхронный порт MSSP;
- последовательный синхронно-асинхронный приемопередатчик USART с поддержкой детектирования адреса;
- ведомый 8-разрядный параллельный порт (PDP) с поддержкой внешних сигналов –RD, -WR, -CS;

Обозначение и описание выводов представлено на рисунках 1.4, 1.5.

| Обозначение вывода        | № вывода DIP | № вывода SOIC | Тип I/O/P | Тип буфера             | Описание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------|--------------|---------------|-----------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| OSC1/CLKIN                | 9            | 9             | I         | ST/CMOS <sup>(3)</sup> | Вход генератора/ вход внешнего тактового сигнала                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| OSC2/CLKOUT               | 10           | 10            | O         | -                      | Выход генератора. Подключается кварцевый или керамический резонатор. В RC режиме тактового генератора на выходе OSC2 присутствует тактовый сигнал CLKOUT, равный $F_{osc}/4$ .                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| -MCLR/V <sub>PP</sub>     | 1            | 1             | I/P       | ST                     | Вход сброса микроконтроллера или вход напряжения программирования. Сброс микроконтроллера происходит при низком логическом уровне сигнала на входе.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| RA0/AN0                   | 2            | 2             | I/O       | TTL                    | Двунаправленный порт ввода/вывода PORTA. RA0 может быть настроен как аналоговый канал 0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| RA1/AN1                   | 3            | 3             | I/O       | TTL                    | RA1 может быть настроен как аналоговый канал 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| RA2/AN2/V <sub>REF-</sub> | 4            | 4             | I/O       | TTL                    | RA2 может быть настроен как аналоговый канал 2 или вход отрицательного опорного напряжения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| RA3/AN3/V <sub>REF+</sub> | 5            | 5             | I/O       | TTL                    | RA3 может быть настроен как аналоговый канал 3 или вход положительного опорного напряжения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| RA4/T0CKI                 | 6            | 6             | I/O       | ST                     | RA4 может использоваться в качестве входа внешнего тактового сигнала для TMR0. Выход с открытым стоком.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| RA5/SS/AN4                | 7            | 7             | I/O       | TTL                    | RA1 может быть настроен как аналоговый канал 1 или вход выбора микросхемы в режиме ведомого SPI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| RB0/INT                   | 21           | 21            | I/O       | TTL/ST <sup>(1)</sup>  | Двунаправленный порт ввода/вывода PORTB. PORTB имеет программно подключаемые подтягивающие резисторы на входах. RB0 может использоваться в качестве входа внешних прерываний.                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| RB1                       | 22           | 22            | I/O       | TTL                    | RB3 может использоваться в качестве входа для режима низковольтного программирования. Прерывания по изменению уровня входного сигнала. Прерывания по изменению уровня входного сигнала. Прерывания по изменению уровня входного сигнала или вывод для режима внутрисхемной отладки ICD. Тактовый вход в режиме программирования. Прерывания по изменению уровня входного сигнала или вывод для режима внутрисхемной отладки ICD. Вывод данных в режиме программирования. |
| RB2                       | 23           | 23            | I/O       | TTL                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| RB3/PGM                   | 24           | 24            | I/O       | TTL                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| RB4                       | 25           | 25            | I/O       | TTL                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| RB5                       | 26           | 26            | I/O       | TTL                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| RB6/PGC                   | 27           | 27            | I/O       | TTL/ST <sup>(2)</sup>  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| RB7/PGD                   | 28           | 28            | I/O       | TTL/ST <sup>(2)</sup>  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

Рисунок 1.4 – Обозначение и описание выводов микроконтроллера PIC16F876

|                 |       |       |     |    |                                                                                                                                                    |
|-----------------|-------|-------|-----|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| RC0/T1OSO/T1CKI | 11    | 11    | I/O | ST | Двунаправленный порт ввода/вывода PORTC. RC0 может использоваться в качестве выхода генератора TMR1 или входа внешнего тактового сигнала для TMR1. |
| RC1/T1OSI/CCP2  | 12    | 12    | I/O | ST | RC1 может использоваться в качестве входа генератора для TMR1 или вывода модуля CCP2.                                                              |
| RC2/CCP1        | 13    | 13    | I/O | ST | RC2 может использоваться в качестве вывода модуля CCP1.                                                                                            |
| RC3/SCK/SCL     | 14    | 14    | I/O | ST | RC3 может использоваться в качестве входа/выхода тактового сигнала в режиме SPI и I <sup>2</sup> C.                                                |
| RC4/SDI/SDA     | 15    | 15    | I/O | ST | RC4 может использоваться в качестве входа данных в режиме SPI или вход/выход данных в режиме I <sup>2</sup> C.                                     |
| RC5/SDO         | 16    | 16    | I/O | ST | RC5 может использоваться в качестве выхода данных в режиме SPI.                                                                                    |
| RC6/TX/CK       | 17    | 17    | I/O | ST | RC6 может использоваться в качестве вывода передатчика USART в асинхронном режиме или вывода синхронизации USART в синхронном режиме.              |
| RC7/RX/DT       | 18    | 18    | I/O | ST | RC6 может использоваться в качестве вывода приемника USART в асинхронном режиме или вывода данных USART в синхронном режиме.                       |
| V <sub>SS</sub> | 8, 19 | 8, 19 | P   | -  | Общий вывод для внутренней логики и портов ввода/вывода                                                                                            |
| V <sub>DD</sub> | 20    | 20    | P   | -  | Положительное напряжение питания для внутренней логики и портов ввода/вывода                                                                       |

Рисунок 1.5 – Обозначение и описание выводов микроконтроллера PIC16F876

### 1.4.3 Выбор микросхемы для интерфейса

MAX232 – интегральная схема, преобразующая сигналы последовательного порта RS-232 в сигналы, используемые в цифровых схемах на базе ТТЛ или КМОП технологий. MAX232 работает приёмопередатчиком и преобразует сигналы RX, TX, CTS и RTS.

Микросхема MAX232 поддерживает уровень выходного напряжения, используемый в RS-232 (приблизительно  $\pm 7.5\text{В}$ ), преобразуя входное напряжение  $+5\text{В}$  при помощи схемы на переключаемых внешних конденсаторах. Это упрощает реализацию RS-232 в устройствах, работающих при напряжении питания  $+5\text{В}$ , так как не требуется усложнять источник питания только для того, чтобы использовать RS-232.

Входное напряжение от RS-232, которое может достигать  $\pm 30\text{ В}$ , снижается до стандартных  $5\text{ В}$ , используемых в транзисторно-транзисторной логике. Входы имеют средний порог  $1.3\text{ В}$  и средний гистерезис  $0.5\text{ В}$ .

Когда микросхема MAX232 получает на вход логический "0" от ТТЛ, она преобразует его в напряжение от  $+5$  до  $+15\text{В}$ , а когда получает логическую "1" - преобразует её в напряжение от  $-5$  до  $-15\text{В}$ , и по тому же принципу выполняет обратные преобразования от RS-232 к ТТЛ. Такая "инверсия" уровней обусловлена стандартом RS-232.

### 1.4.4. Выбор схемотехники модуля индикации

В микропроцессорных устройствах часто применяют знакосинтезирующие матрицы, которые еще называют цифровыми индикаторами. Простейшим примером цифрового индикатора может служить так называемый семисегментный индикатор (рисунок 1.12). Он широко применяется в самых разных устройствах цифровой техники: от калькулятора, до электронных часов. Семисегментный индикатор представляет собой матрицу из семи светодиодов продолговатой формы,

размешенных таким образом, чтобы, зажигая их в разных сочетаниях, можно было бы отобразить любую десятичную цифру (имеются в виду арабские цифры от 0 до 9).

В данной работе был использован четырех разрядный семисегментный индикатор SA56-21. В ходе работы системы на него выводится информация о режиме работы, о статусе выполнения программы.

Первый разряд указывает на тип выводимой информации. В системе предусмотрено 2 типа выводимой информации:

- 1) На индикацию выводится 1 – режим работы;
- 2) На индикацию выводится 2 – выполнение программы;

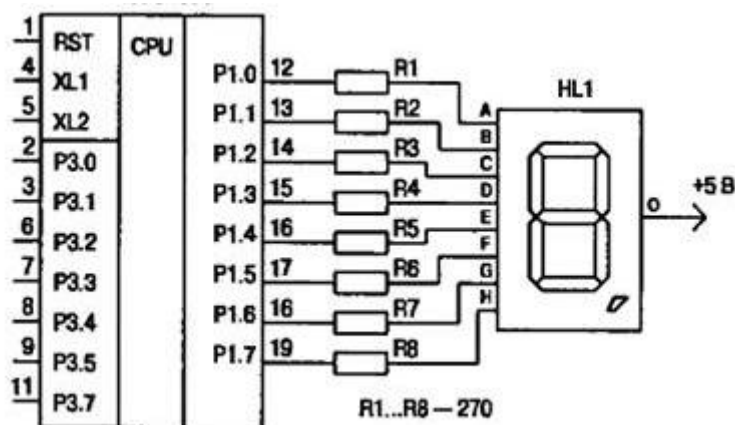


Рисунок 1.6 - Пример подключения 7-сегментного индикатора

Для обозначения одного из двух режимов работы системы используются светодиоды типа GNL-3012ED. При нажатии клавиши режим №1 или режим №2 будет загораться соответствующий светодиод.

#### 1.4.5 Описание работы системы по принципиальной схеме

Полная принципиальная электрическая схема устройства представлена в приложении А3.

Принципиальная схема начинается с разводки питания. Через разъем ХР2 подключается источник питания +12В. На рисунке 1.7 изображена схема

стабилизатора 78L05, который преобразует входное напряжение в +5В. Символом «а» обозначается сеть с напряжением +5В. А для заземления, был выбран символ «б». Также был использован стабилизатор напряжения 78M05, у которого на выходе напряжение +5В с повышенной силой тока «с».

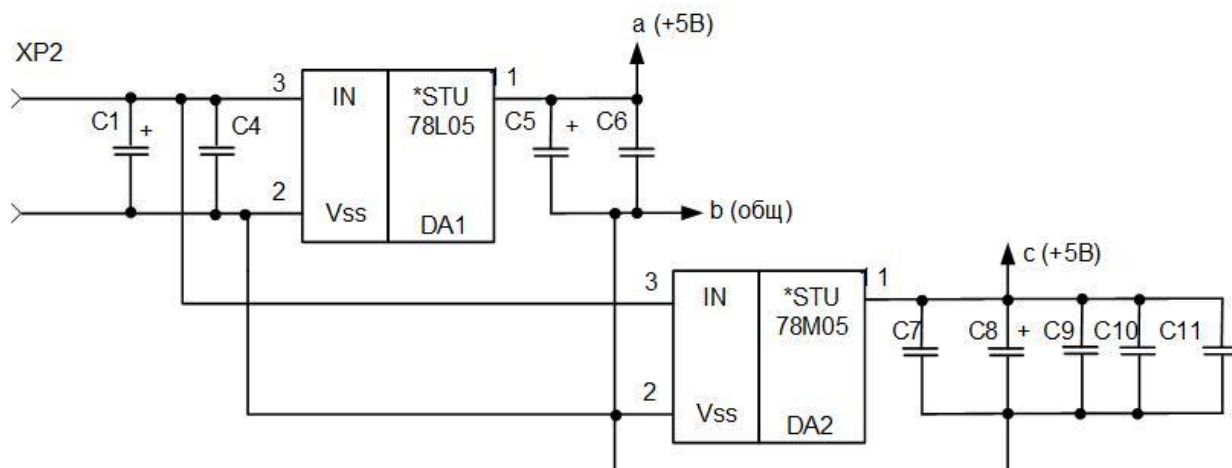


Рисунок 1.7 –Принципиальная схема стабилизатора

Микроконтроллер и усилитель используют питание в диапазоне от +0,5 до +5В, поэтому был выбран именно эта микросхема. Для того чтобы стабилизатор не генерировал пульсации, были подключены конденсаторы. Так как приходится питать, одновременно, два устройства, то с правой стороны было поставлено четыре конденсатора. Для питания семисегментных индикаторов используется источник напряжением +5В с повышенной силой тока.

На рисунке 1.8 показаны клавиатура с помощью которой осуществляется управление системой.

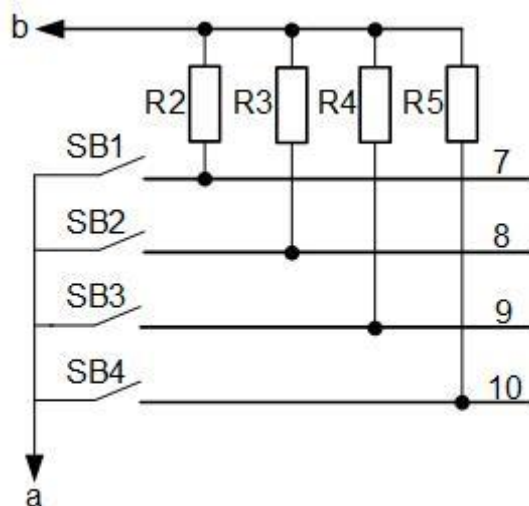


Рисунок 1.8 –Принципиальная схема клавиатуры

При замыкании кнопок SB1-SB4 управляющие сигналы поступают на порты RC0-RC3 контроллера DD1, после чего осуществляется выбор режима работы системы, сброс настроек к предустановленным или смена типа выводимой информации на индикацию.

На рисунке 1.9 предложена схема модуля динамической индикации на четыре десятичных разряда с использованием светодиодного индикатора.

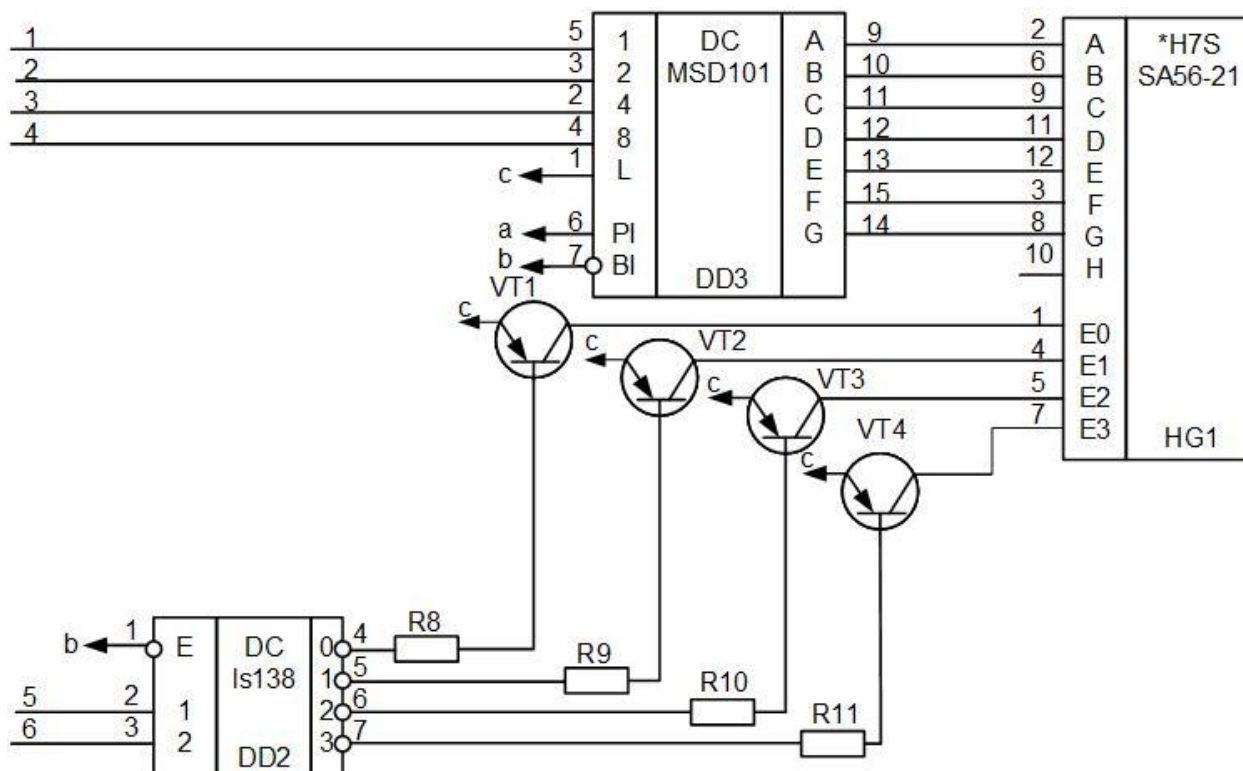


Рисунок 1.9 –Принципиальная схема модуля светодиодной индикации

Код очередного десятичного разряда,отправляемого с портов RB0-RB3 контроллераDD1, подаётся на входы дешифратора DD3. Одновременно значение счётчика, приходящего с портов RB4 и RB5, дешифрируется дешифратором DD2, который формирует разрешающий уровень логической единицы на том разряде индикатора HG1, в котором должен формироваться извлечённый из памяти в виде двоичного кода символ десятичного разряда. Именно сегменты выбранного разряда будут светиться, а остальные разряды индикатора будут находиться в пассивном состоянии.С помощью транзисторов VT1-VT4 осуществляется питание индикации током большей силы.

Через время периода генератора импульсов состояние счётчика увеличится и выводится состояние следующего разряда индикатора, который в течение следующего периода импульсов с генератора будет выводить информацию, а остальные разряды будут пассивны.

На рисунке 1.10 предложена схема реализующая сопряжение микросхемы с внешним устройством.

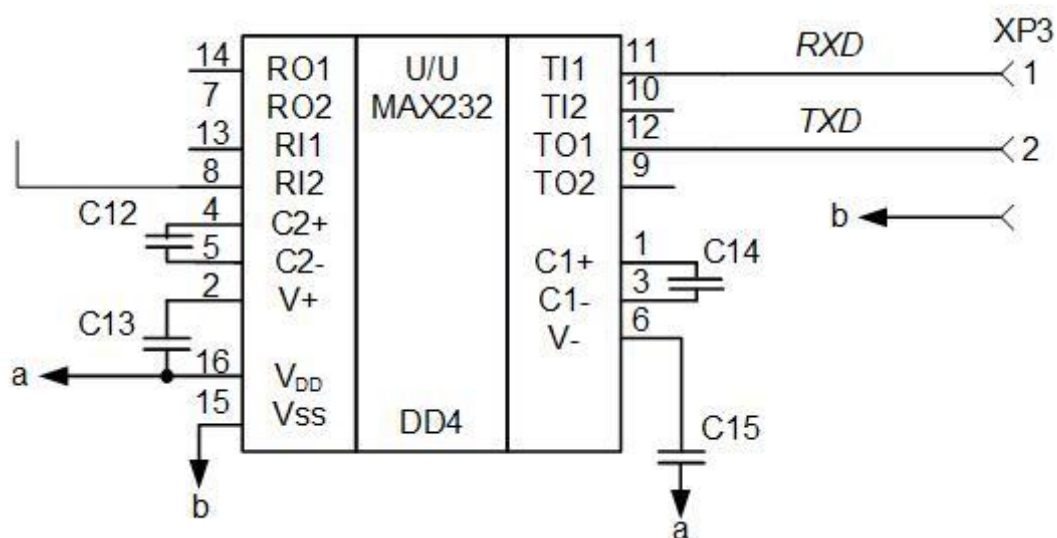


Рисунок 1.10 –Принципиальная схема MAX232

На портах контроллераDD1RC6 и RC 7 генерируются сигналы напряжением +5 В, они поступают на порты RO2 и RI2 интегральной схемы

DD4. При помощи схемы на переключаемых внешних конденсаторах обеспечивается уровень выходного напряжения, используемый в RS-232. С портов TI1 и TO0 осуществляется передача сигнала на разъем XP3 для дальнейшего сопряжения с внешним устройством.

На рисунке 1.11 предложена схема реализации разъема XP1 используемого для коммутации с усилителем.

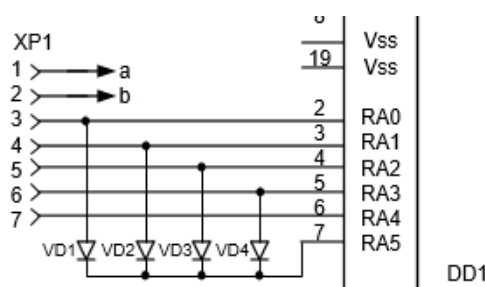


Рисунок 1.11 –Принципиальная схема разъема XP1

Питание усилителя осуществляется через контакты 1 и 2 разъема XP1, на которые поступает +5 В и заземление. С контакта 7 передается сигнал с микрофона на порт RA6 контроллера DD1. По контактам 3-6 через диоды VD1-VD4 поступают усиленные сигналы с концевого датчика на порты RA-RA5 контроллера DD1.

## 2 Технология изготовления печатных плат

Для устройства используется новая печатная плата, на которой будут установлены микросхемы, микропроцессор, светодиодные индикаторы. Для устройства будут изготовлены две односторонних печатных платы.

### 2.1 Методы изготовления печатных плат

На сегодняшний день используют следующие способы изготовления печатных плат: аддитивные, субтрактивные и полуаддитивные.

Субтрактивный способ (subtraction – отнимать) – процесс получения проводящего рисунка, заключается в избирательном удалении участков проводящей фольги путем травления.

Аддитивный способ (additio – прибавлять) – процесс в избирательном осаждении проводящего материала на нефольгированный материал основания.

Полуаддитивный способ – процесс предусматривает предварительное нанесение тонкого (вспомогательного) проводящего покрытия, в последствии удаляемого с пробельных мест.

Конструирование печатных плат производят с учетом следующих методов изготовления: комбинированного позитивного для ДПП (двусторонние печатные платы), химического для ОПП (односторонние печатные платы), ГПП, ГПП (гибкие печатные платы), электрохимического (полуаддитивного) для ДПП; металлизации сквозных отверстий для МПП (многослойные печатные платы). Все рекомендуемые методы (кроме полуаддитивного) являются субтрактивными[4].

## 2.2 Описание технологического процесса изготовления печатных плат химическим методом

Химический метод или метод травления фольгированного диэлектрика. Он заключается в том, что на медную фольгу, приклеенную к диэлектрику, наносят позитивный рисунок структуры схемы ПП. Последующим травлением устраняется металл с незащищенных участков и на диэлектрическом основании образуется требуемая структура элементов (печатные проводники, шины "земли", контактные площадки, "питания" и др. элементы) ПП, соответствующая электрической принципиальной схеме. Наиболее популярными вариантами этого метода считается фотохимический и сеточно-химический, которые различаются методом нанесения защитного слоя (трафаретная печать или фотопечать). Схема типового технологического процесса показана на рисунке 2.1.

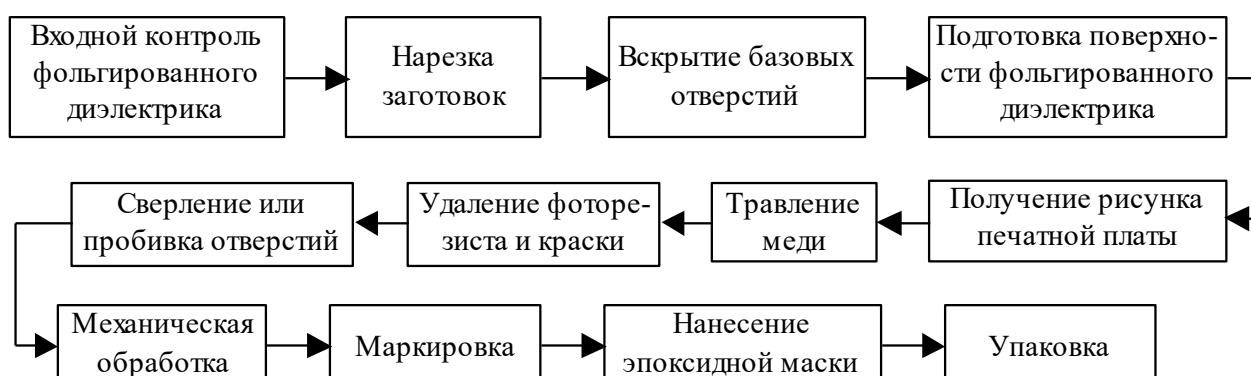


Рисунок 2.1 – Схема типового технологического процесса изготовления ПП химическим методом.

Подготовку фольги выполняют вращающимися латунными или капроновыми щетками. На поверхность фольги наносят смесь маршалита и венской извести. После зачистки желательно получение поверхности фольги в пределах 2,5...1,25 мкм, что осуществляет хорошую адгезию фоторезиста и простое удаление его при проявлении.

Независимо от механической очистки во всех случаях проводят химическую зачистку фольги и нефольгированных поверхностей платы. Ее делают в щелочных растворах с последующей промывкой в деионизованной воде. Для нейтрализации щелочи и устранения окисления платы подвергают декапированию в растворах соляной и серной кислоты. Качество очистки влияет на все следующие операции технологического процесса.

Нанесение слоя фоторезиста производят на подготовленную поверхность фольги слоя фоторезиста и делают его сушку в течение 15-20 минут при температуре 65°C.

Экспонирование осуществляется при использовании фотошаблона с негативным изображением схемы (топологии) в вакуумной светокопировальной раме для засвечивания.

Источником света используют дуговые ртутные и люминесцентные лампы. Для получения резкого изображения требуется плотный контакт между фотошаблоном и фоторезистом.

Проявление схемы заключается в промывке растворимых участков фоторезиста, находящихся под темными местами негатива. Для фоторезистов негативного действия в качестве проявителей применяют спиртовые смеси. Время проявки (2-3 минуты) зависит от толщины фоторезиста.

Проявление выполняется в двух ваннах. В первой ванне устраняется большая часть фоторезиста, а во второй ванне осуществляется тонкое проявление. Загрязнение проявителя во второй ванне будет небольшим и действие его в течение большего времени будет стабильным [4].

Качество данного слоя можно проверить путем погружения платы в раствор с красителем. Окраска позволяет визуально найти наличие дефектов в слое фоторезиста.

Неизбежные дефекты эмульсионного слоя убираются ретушированием (обычно эмалью НЦ—25). При этой закрывают точечные отверстия,

раковины, а также устраняют излишки фоторезиста. Трудоемкость ретуширования напрямую зависит от числа дефектов и составляет в среднем 10 мин. на плату. Снижение трудоемкости ретуширования возможно за счет увеличения чистоты и обеспыленности рабочего пространства.

Полученный защитный слой подвергается химическому дублированию в растворе ангидрида и тепловому дублированию (выдержка в термостате при  $t=60^{\circ}\text{C}$  в течение 40...60 минут). Необходимость операции задубливания определяется в каждом конкретном случае, так как она уменьшает адгезию фоторезиста.

Дальнейшие этапы будут общими для плат, изготавливаемых сеточно-химическими фотохимическими методами.

Травление – процесс устранения слоя металла для получения нужного рисунка схемы. Процесс травления включает в себя предварительную очистку, травление металла, очистку после травления и удаления краски фоторезиста.

Механическая обработка платы заключается в фрезеровании по контуру или штамповании и получении отверстий. Для устранения пыли и загрязнений плату обдувают сжатым воздухом.

Проводящий рисунок (топологию) получают субтрактивным способом, а металлизация отверстий осуществляется электрохимическим методом (рис. 2.2).

Поверхность обеих сторон платы 1 и отверстия 2 подвергают предварительному и химическому меднению для получения слоя меди толщиной 5...7 мкм (рис. 2.2, а). После подготовки металлизированных поверхностей на них образуется негативное изображение схемы проводников 3 (рис. 2.2, б). Это изображение получают с помощью сеткографической краски или сухого пленочного фоторезиста.

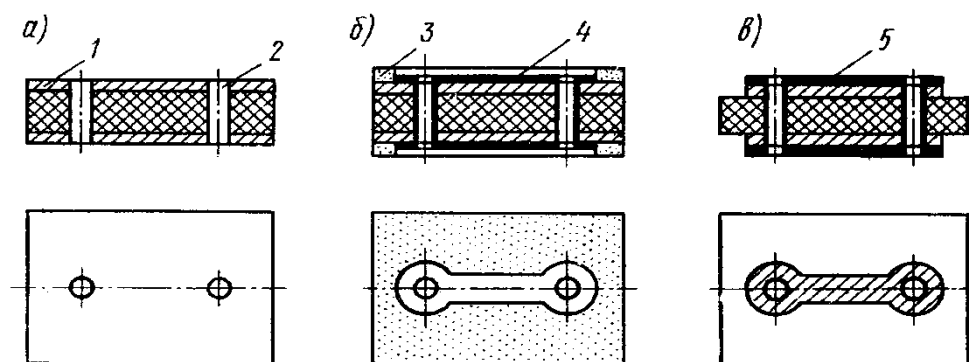


Рисунок 2.2 – Основные этапы получения проводников комбинированным позитивным методом.

На наружной поверхности, не защищенной резистивной маской, и в отверстия поселяется слой меди 4, толщина которого в отверстиях должна быть не менее 25 мкм. Гальваническое осаждение меди осуществляется на заготовке платы, которая имеет сплошной слой фольги, которая защищает электрическую поверхность диэлектрика и осуществляет контакт всех элементов схемы. На металлизированные поверхности наносится защитный слой из сплава олово–свинец толщиной не менее 10 мкм. Этот сплав защищает медь от травления и после нанесения этого покрытия участки медной фольги, предварительно покрытые фоторезистом, удаляются травлением. После травления на плате остается существенная топология цепей 5, образованных оловянной медной фольгой (рис.2.2).

Изображение проявляют в душе при температуре 40...50°C с легкой протиркой поверхности губкой. Процесс ускоряется с помощью ультразвуковых колебаний [4].

После проявления проводится внешний осмотр. Рисунки должны быть четкими и гладкими, без краски, наплывов и подтеков эмульсии. При получении проводников возникают эффекты подтравливания и разрастания. Если толщина металлического покрытия превышает толщину слоя резиста, то боковой рост покрытия начинается с той же скоростью, что и рост

толщины основного покрытия, что приводит к образованию грибового сечения проводника.

После нанесения покрытия вдоль всего проводника появляется хрупкий нависающий край сплава олово-свинец. Отрываясь, они создают тонкие заусенцы размера 25...50 микрон, которые трудно найти невооруженным глазом. Так заусенцы могут вызвать замыкание смежных проводников.

Ширина проводников зависит от типа резки металла. Если используется неплавящийся металл, то их ширина увеличивается за счет роста металла при металлизации, а расстояние между проводниками уменьшается. Расплавленный металлизист, например, оловянно-свинцовый сплав, за счет сил поверхностного натяжения при его плавлении заряжается внутри медного слоя, обеспечивает оптимальное сечение элементов проводящей схемы.

### 2.3 Электрохимический (полуаддитивный) метод изготовления ДПП

Электрохимический (полуаддитивный) метод используют для изготовления ДПП с большой плотностью токопроводящего рисунка (таблица 2.1). Основное отличие от комбинированного позитивного метода заключается в применении не фольгированного диэлектрика СТЭФ.1–2ЛК с обязательной активизацией его поверхности или диэлектрика слофозит с фольгой 5 мкм.

Таблица 2.1 – Методы изготовления ДПП

| Наименование этапа                           | Комбинированный позитивный метод (материал СФ–2–35)                                                                                                     | Электрохимический полуаддитивный метод (материал СТЭФ–2ЛК) |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Механическая обработка нанесения проводников | Входной контроль фольгированного диэлектрика                                                                                                            |                                                            |
|                                              | Нарезка заготовок. Вскрытие базовых отверстий.<br>Сверление отверстий, подлежащих металлизации.                                                         |                                                            |
| Гальваническая обработка                     | Химическая и предварительная гальваническая металлизация<br>5..7 мкм.                                                                                   |                                                            |
|                                              | Подготовка металлизированной поверхности заготовки                                                                                                      |                                                            |
|                                              | Получение рисунка (топологии) схемы проводников.<br>Гальваническое меднение.<br>Нанесение защитного покрытия Sn–Pb.<br>Удаление фоторезиста или краски. |                                                            |
|                                              | Травление фольги<br>40..42мкм                                                                                                                           | Травление меди<br>5..7мкм                                  |
|                                              | Оплавление защитного покрытия.                                                                                                                          |                                                            |
| Заключительные операции                      | Обрезка плат по контуру.<br>Маркировка, консервация, упаковка.                                                                                          |                                                            |

Разрешение аддитивного метода выше, чем комбинированного положительного. Это из-за небольшого бокового травления, который равен толщине вытравленного слоя и полуаддитивный метод только 5 микрон. Способ обеспечивает высокую точность волочения, исключает неоправданный расход меди, который достигает 80% при использовании фольгированных диэлектриков и отличную адгезию проводников к основанию.

При изготовлении ДПП на металлическом основании с помощью полуаддитивный метод формирования проводящего рисунка на металлической подложке с перфорированными отверстиями, которые предварительно нанесена полимерного материала. Такое покрытие получают вихревым напылением, электростатическим напылением [4].

#### 2.4 Аддитивный способ изготовления ДПП

Аддитивный метод используется для изготовления ДПП на диэлектрике, в который добавляют катализатор, а на его поверхность наносят клеевой слой. После получения отверстий на поверхности разворачивались пустые, негативные модели выполняется с защитным слоем, имеющим повышенную устойчивость к высоким-щелочной состав химического меднения ванна. Открытые поверхности для нанесения меди обрабатывают в состав травяной основе хромовой или fluoroborate кислоты (для улучшения адгезии проводников к подложке). После этого доску помещают на 8-16 часов в ванну для нанесения химической меди. Процесс нанесения толстого слоя (25-35 мкм) химической меди требует специального оборудования, оснащенного системами дозирования добавок в ванну, непрерывной фильтрации раствора и системой управления процессом.

ГЧП, полученные аддитивным методом, имеют высокое разрешение, практически соответствующее разрешению применяемого отрицательного показателя схемы. Толщина меди получается одинаковой во всех сечениях ДПП и покрытых отверстиях. Может металомато отверстия по отношению к их диаметру к толщине доски составляет около 0,2. По оценкам экспертов, стоимость таких плат на 20% ниже стоимости ДПП, изготовленных вычитающими методами.

Вариацией аддитивного метода является фототипирование ведущей чертежной схемы. В результате процесса фотоформования образуется поверхность проводящего рисунка схемы, которая инициирует дальнейшее

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 31   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

осаждение на негустую химическую медь. Он не использует защитное сопротивление. Осажденная медь имеет хорошую адгезию к диэлектрику, разрешение зависит только от разрешения используемых фотошаблонов. Могут быть получены проводники шириной 0,08-0,1мм.себестоимость продукции Дптс, такой метод сравнения с вычитающими методами составляет менее 30%.

## 2.5 Типовой технологический процесс изготовления МПП методом металлизации сквозных отверстий

Метод металлизации сквозных отверстий используют для изготовления МПП. Главные операции технологического процесса получения печатных проводников показаны на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – Схема типового технологического процесса изготовления МПП методом металлизации сквозных отверстий

Заготовки из фольгированного диэлектрика обрезают с припуском 30мм на сторону. После удаления заусенцев по периметру заготовок и в отверстиях поверхность фольги очищают на крацевальном станке и обезжиривают механически (смесью венской извести и наждачного

порошка)или химически (путем обработки в соляной кислоте и хромовом ангидриде).

Рисунок схемы внутренних слоев делают химическим методом. При этом противоположная сторона платы не должна иметь механических повреждений и подтравливание фольги. Базовые отверстия получаются путем пробивки, ориентируясь на метки совмещения, расположенные на технологическом поле. Данные заготовки собирают в пакет, перекладывая их склеивающими прокладками из стеклоткани, содержащими до 50% терморезистивной эпоксидной смолы. Совмещение слоев осуществляется по базовым отверстиям.

Основные этапы получения печатных проводников МПП:

- а) производство заготовок фольгированного материала и стеклоткани;
- б) получение рисунка схемы внутренних слоев;
- в) прессование многослойной печатной платы;
- г) сверление отверстий, предварительная металлизация, получение рисунка схемы наружных слоев МПП;
- д)окончательная металлизация отверстий, нанесение защитного покрытия;
- е)травление меди с пробельных мест.

Прессование пакета осуществляется горячим способом. Устройство с пакетом слоев надевают на пресс-пластины, нагревают до 120...130°C. Первый цикл прессования осуществляют при давлении 0,5 МПа и 15...20 минут. Затем температуру повышают до 150...160°C, а давление – до 4...6 мПа. При этом давлении плата лежит из расчета 10 мин. на каждый миллиметр толщины платы. Охлаждение осуществляется без снятия давления. Воздух, находящийся между слоями, проходит через размягченную смолу и выходит наружу. Частично он задерживается у краев, образуя пустоты, которые удаляются при обрезке краев платы. Во

избежание колебания после обрезки краев рекомендуется плату зажать между двумя пластинами и поместить на 40 минут в печь при температуре 125°C.

Сверление отверстий выполняется на станках с ЧПУ. Перед сверлением с обеих сторон заготовки наносят защитный слой лака. После очистки и обезжиривания доска моется в горячей и холодной проточной воде. Затем выполняют предварительную химическую и электролитическую металлизацию отверстий, а также операции по получению рисунка наружных слоев. Окончательное электролитическое покрытие необходимо для получения равномерной толщины покрытия в отверстиях толщиной слоя меди не менее 25 мкм. Все незащищенные фоторезистом внешние поверхности платы и отверстия покрыты защитным оловянно-свинцовым сплавом. После этого фоторезистивная маска удаляется.

Схему проводников на наружных слоях получают травлением. Для обеспечения равномерного травления поверхность фольги зачищают смесью венской извести и наждачного порошка.

Механическая обработка по контуру получение конструктивных отверстий и пазов осуществляются на фрезерных, координатно-сверлильных и станках с ЧПУ. После окончательного контроля платы подвергают консервированию флюсом. Качество пайки проверяют внешним осмотром и испытанием на вибропрочность.

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        | 34   |

### 3 Меры безопасности при изготовлении печатной платы

Основы техники безопасности при изготовлении печатной платы определены нормативными правовыми актами:

- ГОСТ 23662-79 Платы печатные. Получение заготовок, фиксирующих и технологических отверстий. Требования к типовым технологическим процессам.

- ГОСТ 23664-79 Платы печатные. Получение монтажных и подлежащих металлизации отверстий. Требования к типовым технологическим процессам.

- ГОСТ 23665-79 Платы печатные. Обработка контура. Требования к типовым технологическим процессам.

- ГОСТ 23770-79 Платы печатные. Типовые технологические процессы химической и гальванической металлизации.

- ГОСТ 23752.1-92 Платы печатные. Методы испытаний.

Благодаря этим документам, а также типового технологического процесса изготовления печатных плат все меры по обеспечению безопасности разделены на 4 основных категории:

- 1) техника безопасности при заготовительных операциях;
- 2) техника безопасности при травлении и металлизации отверстий печатной платы;
- 3) техника безопасности при пайке деталей на печатную плату;
- 4) техника безопасности при промывке и обезжиривании поверхности печатной платы.

К заготовительным операциям относятся раскрой заготовки, раскрой материала и нижележащих отверстий и изготовление слоев на печатных платах.

В крупносерийном производстве резку материала осуществляют штамповкой в специальных штампах на эксцентриковых прессах с одновременной пробивкой базовых отверстий на технологическом поле. В

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 35   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

условиях серийного и мелкосерийного производства, широко распространены роликовые ножницы, где материал разрезается сначала на полосы заданной ширины, а затем на заготовки. Резки основных и вспомогательных материалов (укладка стеклоткани, кабельной бумаги и др.), необходимых при изготовлении многослойных печатных плат в мелкосерийном и единичном производстве, осуществляют с помощью гильотинных ножниц.

Базовые отверстия получают различными методами в зависимости от класса печатных плат.

- На печатных платах первого класса базовые отверстия получают методом штамповки с одновременной резкой заготовок.
- Базовые отверстия на досках заготовок второго и третьего классов получают сверлением в универсальных кондукторах.

В серийном и крупносерийном производстве традиционное сверление основных отверстий на проводнике на универсальных сверлильных станках уступило место сверлению на специализированных станках. Таким образом, станки за один цикл с бурением обеспечивают установку крепежных штифтов, плотно входящих в просверленное отверстие и скрепляющих пакет из 2-6 заготовок.

Перечень факторов обитаемости:

1) Физический. Выполнение операций по закупкам для резки материала связано с риском повреждения рук работающего в случае попадания их в зону между пуансоном и матрицей, в частности верхним и нижним ножом гильотинных ножниц, при ручной подаче материала.

2) Химический. При сверлении, резке материала печатных плат, образуется пыль, которая вызывает отравление дыхательных путей и загрязнение легких человека.

3) Психофизиологические. Наибольшую опасность представляет работа прессы в автоматическом режиме, что требует большого напряжения,

внимания и осторожности рабочего, так как любое замедление движения рабочего может привести к травмам. Методы защиты рабочих от опасных и вредных факторов производства.

Механизация, автоматизация, дистанционное управление.

Часто опасные зоны на пресс защищены при помощи фотоэлементов, сигнал от которых автоматически останавливает пресс, если руки рабочего находятся в опасной зоне.

Радикальным решением вопроса безопасности является механизация и автоматизация подачи и удаления заготовок из штампа, в том числе использование робототехники.

При ручной подаче заготовок необходимо использовать специальные приспособления: пинцет, крючки и др.

Адаптация окружающей среды к человеку.

Избегать контакта с руками рабочего в опасной зоне прессы необходимо в автоматическом режиме, для этого используется включение системы Дворжакова, в котором пресс включается только после одновременного нажатия обеими руками двух пусковых кнопок.

В прессах и ножницах с ножными педалями для предотвращения случайных включений педаль огорожена или выполнена запорной.

Чтобы избежать травм при работе на сверлильных станках, необходимо позаботиться о том, чтобы все ремни, шестерни и валы, если они размещены в корпусе станка и доступны для прикосновения, имели жесткие фиксированные ограждения.

Движущиеся части и механизмы, требующие частого доступа для осмотра, должны быть защищены от прямого контакта.

В станках без электрической блокировки должны быть приняты меры, чтобы исключить возможность случайного или ошибочного их включения во время осмотра.

Адаптация человека к окружающей среде.

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 37   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

Во избежание захвата одежды и волос рабочего его одежда должна быть заправлена так, чтобы не было свободных концов; манжеты рукавов должны быть застегнуты, волосы убраны под головной убор.

Пыль, образующуюся при сверлении, резке материала заготовок печатных плат, необходимо удалять с помощью промышленных пылесосов.

### 3.1 Техника безопасности при травлении и металлизации отверстий печатной платы

При травлении, металлизации отверстий, гальванических покрытий и для многих других целей используются различные агрессивные вещества – азот, фторид-водород, соль, сера, уксусная, фосфорная, муравьиная и другие кислоты, а также щелочи.

При работе с кислотами возникают следующие опасные факторы:

- отравления выделяющимися парами и газами, которые выражаются в раздражении верхних дыхательных путей и слизистых оболочек глаз; при высоких концентрациях могут возникать медленно заживающие язвы слизистых оболочек глаз, носа, гортани, бронхо
- разрушение зубов (особенно плавиковой кислотой);
- химические ожоги при контакте с кислотами на коже и глазах

При контакте с кислотами и щелочами в воздушной среде они могут вызывать острые отравления и профессиональные заболевания. Чтобы не допустить этого, все работы с агрессивными веществами следует проводить в помещениях с эффективной местной вытяжной. Чтобы избежать ожогов при работе с кислотами и щелочами, необходимо использовать соответствующую одежду согласно утвержденным стандартам. Для защиты глаз следует использовать очки в резиновой оправе.

### 3.2 Техника безопасности при пайке деталей на печатную плату

Пайкой осуществляется неразъемное соединение деталей с печатной платой с помощью припоя. Наиболее часто применяемые припои: оловянно-свинцовые (ПОС-18, ПОС-30, ПОС-40, ПОС-61) и ПОСК-50, содержащий 32% свинца. Из сказанного видно, что в состав припоев входит свинец, поэтому процесс пайки сопровождается загрязнением воздушной среды, рабочих поверхностей, одежды и кожи рук, работающих со свинцом, что может привести к свинцовым отравлениям организма и вызвать изменения в нервной системе, крови и сосудах.

С целью предупреждения отравления свинцом участки пайки оборудуются в соответствии с требованиями Санитарных правил.

В помещениях, где производится пайка припоем, содержащим свинец, во избежание попадания свинца в организм не допускается хранить личные вещи, принимать пищу и курить, а также уносить рабочую одежду домой.

Рабочее место пайки оборудуется местной вытяжкой вентиляции, обеспечивающей концентрацию свинца в рабочей зоне не более предельно допустимой -  $0.01 \text{ мг/м}^3$ .

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

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

Наиболее эффективными мерами, предупреждающими заболевания при пайке, являются механизация и автоматизация паяльных работ методом

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 39   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

погружения, избирательная пайка и пайка волной припоя с применением печатного монтажа, которые полностью исключают соприкосновение кожи работающих со свинцом и флюсами.

Поскольку еще значительное количество паяльных работ проводится вручную – паяльником, по окончании этих работ в целях предупреждения заболеваний необходимо споласкивать руки однопроцентным раствором уксусной кислоты, мыть их горячей водой с мылом, прополаскивать рот, чистить зубы и принимать теплый душ.

При монтажных работах, связанных с опасностью засорения или ожога глаз, предусмотрена выдача рабочим защитных очков.

### 3.3 Техника безопасности при промывке и обезжиривании поверхности печатной платы

Промывка и обезжиривание поверхности печатной платы органическими растворителями осуществляется в специально оборудованных устройствах с крышками и вытяжными вентиляционными установками.

Рабочие, занятые промывкой печатных плат органическими растворителями, инструктируются о токсичных свойствах применяемых растворителей и о пожарной безопасности.

Хранение растворителей в помещении для промывки допускается в количестве не более суточной потребности и в герметически закрытой таре.

Во избежание образования ядовитого и самовоспламеняющегося моноклорэтилена соприкосновение трихлорэтилена с крепкими щелочами и минеральными кислотами не допускается.

При электрическом обезжиривании накапливающаяся на поверхности пена (во избежание взрыва гремучего газа) периодически должна удаляться. В помещениях для промывки применение печного отопления или отопления

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 40   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

газовыми, или электрическими приборами, а также применение открытого огня не допускается.

### 3.4 Техника безопасности при промывке и обезжиривании поверхности печатной платы

Промывка и обезжиривание поверхности печатной платы органическими растворителями осуществляется в специально оборудованных устройствах с крышками и вытяжными вентиляционными установками.

Рабочие, проводящие промывку печатных плат органическими растворителями, инструктируются о токсичных свойствах применяемых растворителей и о пожарной безопасности.

Хранение растворителей в помещении для промывки допускается в количестве не более суточной потребности и в герметически закрытой таре.

Во избежание образования ядовитого и самовоспламеняющегося моноклорэтилена соприкосновение трихлорэтилена с крепкими щелочами и минеральными кислотами не допускается.

При электрическом обезжиривании накапливающаяся на поверхности пена (во избежание взрыва гремучего газа) периодически должна удаляться. В помещениях для промывки применение печного отопления или отопления газовыми, или электрическими приборами, а также применение открытого огня не допускается.

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        | 41   |

#### 4 Расчет затрат на разработку микропроцессорной системы

Суммарные затраты на разработку системы рассчитываются по следующей формуле:

$$S_{\text{РП}} = S_{\text{ЗП}} + S_{\text{НАК}},$$

где:

$S_{\text{ЗП}}$  – затраты по заработной плате инженера-разработчика;

$S_{\text{НАК}}$  – накладные расходы.

Затраты по заработной плате инженера-разработчика рассчитываются по формуле:

$$S_{\text{ЗП}} = \text{ОЗП} \cdot (1 + \omega_{\text{с}}) \cdot (1 + \omega_{\text{д}}) \cdot t_{\text{pi}},$$

где:

$\text{ОЗП}$  – основная заработная плата инженера-разработчика за месяц (12000 руб.);

$t_{\text{pi}}$  – время, необходимое для разработки программы программистом  $i$ -го разряда (чел.-мес.);

$\omega_{\text{д}}$  – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату разработчика микропроцессорной системы, в долях к сумме основной заработной платы (0,15).

$\omega_{\text{с}}$  – коэффициент, учитывающий начисления органам социального страхования на заработную плату разработчика микропроцессорной системы, в долях к сумме основной заработной плате разработчика (0,26).

Микропроцессорная система разрабатывалась 40 дней, если учесть, что в одном месяце 22 рабочих дня, то:

$$t_{\text{pi}} = \frac{40}{22} = 1,82 \text{ (чел. –мес.)}$$

Таким образом, затраты по заработной плате инженера-разработчика составят:

$$S_{\text{ЗП}} = 12000 \cdot (1 + 0,26) \cdot (1 + 0,15) \cdot 1,82 = 31646,16 \text{ (руб.)}$$

Накладные затраты рассчитываются с учетом  $\omega_n$  – коэффициента (1,35), определяющего уровень накладных расходов организации по формуле:

$$S_{\text{НАК}} = \text{ОЗП} \cdot \omega_n \cdot t_{\text{p12}} ,$$

$$S_{\text{НАК}} = 12000 \cdot 1,35 \cdot 1,82 = 29484 \text{ (руб.)}$$

Таким образом, суммарные затраты на разработку микропроцессорной системы составляют:

$$S_{\text{РП}} = 31646,16 + 29484 = 61130,16 \text{ (руб.)}$$

#### 4.1 Расчёт цеховой себестоимости

Цеховая себестоимость включает следующие расходы:

- материалы, основные и вспомогательные -  $M_{\text{осн}}$  ,  $M_{\text{вспм}}$
- комплектующие изделия, полуфабрикаты -  $\Pi$
- заработная плата основная и дополнительная -  $З_{\text{осн}}$  ,  $З_{\text{доп}}$
- отчисления на социальные нужды -  $H$
- затраты на технологические цели  $Э_T$
- затраты по кооперации -  $З_{\text{кооп}}$
- косвенные затраты цеха -  $K_{\text{цех}}$

В соответствии с перечисленными элементами цеховых затрат можно составить формулу нахождения цеховой себестоимости:

$$C_{\text{цех}} = \Pi + M + З_{\text{кооп}} + H + З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + Э_T + K_{\text{цех}} ,$$

где

$C_{\text{цех}}$  - цеховая себестоимость, руб.;

$\Pi$  - затраты на комплектующие изделия, полуфабрикаты, руб.;

$M$  - затраты на материалы, основные и вспомогательные, руб.;

$H$  - отчисления на социальные нужды, руб.;

$З_{\text{осн}}$  ,  $З_{\text{доп}}$  - заработная плата, основная и дополнительная, руб.;

$Э_T$  - затраты на технологические цели: электроэнергию, руб.;

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 43   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

$K_{\text{ЦЕХ}}$  - косвенные цеховые затраты, руб.

#### 4.1.1 Расчёт затрат на покупные изделия

К покупным изделиям относятся комплектующие и полуфабрикаты, являющиеся составными элементами будущего изделия, закупка которых предприятием производится на стороне. Для изготовления устройства “Микропроцессорная система ММЭВМ” потребуются микросхемы и электрорадиоэлементы, затраты на которые сведены в таблицу 4.1:

Таблица 4.1 – Расходы на покупные изделия

| Наименование       | Количество, шт. | Цена, руб. | Сумма, руб. |
|--------------------|-----------------|------------|-------------|
| 1                  | 2               | 3          | 4           |
| Микросхемы:        |                 |            |             |
| 78L05              | 1               | 12,00      | 12,00       |
| 78M05              | 1               | 15,00      | 15,00       |
| PIC16F876A-I/SP    | 3               | 240,00     | 720,00      |
| SN74LS138N         | 1               | 18,00      | 18,00       |
| MSD101             | 1               | 38,00      | 38,00       |
| MAX232             | 1               | 120,00     | 120,00      |
| LM324AD            | 2               | 14,00      | 28,00       |
| Резисторы:         |                 |            |             |
| МЛТ-0,125-10 кОм   | 9               | 2,00       | 18,00       |
| МЛТ-0,125- 300 Ом  | 2               | 1,00       | 2,00        |
| МЛТ-0,125- 5.1 кОм | 4               | 10,00      | 40,00       |
| МЛТ-0,125-100 Ом   | 1               | 2,00       | 2,00        |
| МЛТ-0,125-1 мОм    | 4               | 0,70       | 2,80        |
| МЛТ-0,125-1.1 кОм  | 1               | 0,30       | 0,30        |
| МЛТ-0,125- 20 кОм  | 4               | 2,00       | 8,00        |

Продолжение таблицы 4.1.

| 1                    | 2  | 3      | 4       |
|----------------------|----|--------|---------|
| Конденсаторы:        |    |        |         |
| K50-16 47 мкФ        | 4  | 5,00   | 20,00   |
| K73-17 0.1 мкФ       | 15 | 8,00   | 120,00  |
| K10-7B 22 нФ         | 4  | 2,00   | 8,00    |
| Цифровые индикаторы: |    |        |         |
| SA56-2               | 1  | 120,00 | 120,00  |
| Кнопки:              |    |        |         |
| TS-A2PS-130          | 4  | 7,00   | 28,00   |
| Диоды:               |    |        |         |
| 1N4148               | 8  | 2,00   | 16,00   |
| GNL-3012ED           | 2  | 3,00   | 6,00    |
| Транзисторы:         |    |        |         |
| КТ361А               | 4  | 4,00   | 16,00   |
| Разъемы:             |    |        |         |
| DS1033-09M           | 3  | 12,00  | 36,00   |
| 282105-1             | 2  | 37,00  | 74,00   |
| Резонаторы:          |    |        |         |
| НС-49U 20МГц         | 1  | 14,00  | 14,00   |
| Итого:               |    |        | 1002,10 |
| Зтр                  |    |        | 50,10   |
| Всего:               |    |        | 1552,20 |

В итоге общая сумма затрат на покупные изделия с учётом транспортных расходов(Зтр=5%) для изготовления единицы продукции составила 1552,20руб.

#### 4.1.2 Расчёт затрат на материалы

Кроме того, необходимо рассчитать виды и количество используемых для изготовления одного изделия основных и вспомогательных материалов.

Соответствующие данные отображены в таблице 4.2:

Таблица 4.2 – Расходы на основные и вспомогательные материалы

| Наименование             | Количество         | Цена за единицу, руб. | Сумма, руб. |
|--------------------------|--------------------|-----------------------|-------------|
| Стеклотекстолит СФ-235-2 | 0,4 м <sup>2</sup> | 250,00                | 100,00      |
| Припой ПОС-61            | 0,01 кг            | 430,00                | 4,30        |
| Флюс ФКСп                | 0,015 кг           | 128,00                | 1,92        |
| Провод монтажный ПЭВ ТЛК | 1 м                | 5,00                  | 5,00        |
| Спирт технический        | 0,1 л              | 31,00                 | 3,10        |
| Лак УР 231               | 0,05 кг            | 26,00                 | 1,30        |
| Итого:                   |                    |                       | 115,62      |
| Зтр                      |                    |                       | 5,78        |
| Всего:                   |                    |                       | 121,40      |

Сумма расходов на основные и вспомогательные материалы для единицы продукции составила 121,40руб.

#### 4.1.3 Расчёт затрат по кооперированию

В данном случае на производстве используется предметное кооперирование. На основании договорённости с другим машиностроительным предприятием производятся поставки готовых корпусов и печатных плат, изготовленных по соответствующим чертежам предприятия-заказчика, т.е. описываемого в работе предприятия. Элементы затрат по кооперированию отображены в таблице 4.3:

Таблица 4.3 – Расходы на кооперирование

| Наименование   | Количество | Цена за единицу, руб. | Сумма, руб. |
|----------------|------------|-----------------------|-------------|
| Печатная плата | 2          | 135,00                | 270,00      |
| Корпус         | 1          | 142,00                | 142,00      |
| Итого:         |            |                       | 412,00      |
| Зтр            |            |                       | 20,60       |
| Всего:         |            |                       | 432,60      |

Сумма затрат по кооперированию составила 432,60руб. в расчёте на единицу готовой продукции.

#### 4.1.4 Расчёт затрат на электроэнергию для технологических целей

Определение затрат на электроэнергию в технологических целях сводится к определению потребления энергии оборудованием, участвующим в производстве изделий. Для нахождения данного элемента себестоимости воспользуемся формулой:

$$\mathcal{E}_T = \frac{W_{\mathcal{E}} \cdot F_{\text{ДР}} \cdot K_M}{K_{\text{ПЭ}} \cdot K_{\Phi}} \cdot \mathcal{C}_{\mathcal{E}},$$

где

$W_{\mathcal{E}}$  – мощность оборудования

$K_M$  – коэффициент машинного времени работы оборудования (0,7)

$F_{\text{ДР}}$  – полезный фонд работы одной единицы оборудования

$K_{\text{ПЭ}}$  – коэффициент полезного потребления электроэнергии (0,99)

$K_{\Phi}$  – коэффициент полезного действия оборудования.

$\mathcal{C}_{\mathcal{E}}$  – цена единицы электроэнергии, руб/кВт·ч

Определение мощности оборудования:

– Вытяжной шкаф НО-11 – 0,75кВт

– Шкаф сушильный ВШ-0,035А – 1кВт

– Электропаяльник – 36Вт

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 47   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

– Установка для пайки волной припоя – 0,5кВт

Определение действительного фонда рабочего времени оборудования:

Для определения действительного фонда рабочего времени воспользуемся следующей формулой:

В данном дипломном проекте необходимо использовать машинное время, необходимое для производства одного изделия, которое в данном случае составляет 0,93ч.

При известных:

– коэффициент машинного времени работы оборудования  $K_M = 0,7$

– коэффициент потерь электроэнергии  $K_{пэ} = 0,25$

– коэффициент полезного действия оборудования  $K_\phi = 0,75$

можно рассчитывать расходы на электроэнергию для технологических целей:

$$\mathcal{E}_T = \frac{2,286 \cdot 0,93 \cdot 0,7}{0,25 \cdot 0,75} \cdot 2,80 = 27,80$$

#### 4.1.5 Расчёт затрат на заработную плату основных производственных рабочих

Заработная плата работающим выплачивается в соответствии с тарифной системой (по видам работ и квалификации работающих).

Таблица 4.5 – Расчёт основной заработной платы производственных рабочих

| Наименование технологической операции | Часовая тарифная ставка, руб. | Разряд работы | Норма времени, час | Основная заработная плата, руб. |
|---------------------------------------|-------------------------------|---------------|--------------------|---------------------------------|
| Радиомонтажная                        | 34,00                         | 4             | 2,5                | 85,00                           |
| Сборочная                             | 34,00                         | 4             | 1,2                | 40,80                           |
| Регулировочная                        | 48,30                         | 5             | 1,8                | 86,94                           |
| Контрольная                           | 85,20                         | 5             | 2,0                | 170,40                          |
| Итого:                                |                               |               |                    | 383,14                          |

Необходимо отметить, что количество работающих не соответствует количеству приведённых в таблице технологических операций, так как две из них, а именно радиомонтажная и сборочная, производятся одним работающим – радиомонтажником 4 разряда. Соответственно, регулировочную операцию выполняет регулировщик (настройщик) 5 разряда, а контрольную – контролёр ОТК 5 разряда.

Определим дополнительную заработную плату основных производственных рабочих по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = 13\% \cdot З_{\text{осн}},$$

где

$З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата работающих

$З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата работающих

$$З_{\text{доп}} = 0,13 \cdot 383,14 = 48,80$$

#### 4.1.6 Расчёт затрат на социальные отчисления

Налоги отчисляются в размере 26,0% от суммы основной и дополнительной заработной платы в следующие фонды:

- Федеральный бюджет – 20%;
- фонд социального страхования Российской Федерации – 2,9%
- фонд обязательного медицинского страхования:

1) региональный фонд -2,0%

2) федеральный фонд – 1,1%

$$H = 26\% \cdot (З_{ОСН} + З_{ВСП})$$

$$H = 0,26 \cdot (383,14 + 48,80) = 112,56$$

Определяем заработную плату производственных рабочих:

$$З_{ПР} = З_{ОСН} + З_{ДОП} + H = 383,14 + 48,80 + 112,56 = 544,50$$

#### 4.1.7 Расчёт косвенных цеховых затрат

Косвенные цеховые затраты включают:

- содержание аппарата управления цеха;
- техническое обслуживание цеха;
- заработная плата цехового персонала управления;
- энергетические затраты (отопление, освещение и другие);
- содержание оборудования и транспортных средств;
- амортизационные отчисления.

$$K_{ЦЕХ} = \%ЦЕХ \cdot З_{ОСН}$$

%цех – процент цеховых затрат. Он зависит от объёма работы цеха и от типа производства. (Данное предприятие является серийным по типу производства, поэтому для него %цех = 200%);

З<sub>ОСН</sub> – основная заработная плата производственных рабочих.

$$K_{ЦЕХ} = 200\% \cdot 383,14 = 766,28$$

Итак, рассчитав все необходимые элементы, можно определить цеховую себестоимость:

$$C_{ЦЕХ} = П + М + З_{КООП} + З_{ПР} + Э_Т + K_{ЦЕХ}$$

$$C_{ЦЕХ} = 1052,20 + 121,40 + 327,60 + 544,50 + 27,80 + 766,28 = 2839,78$$

Цеховая себестоимость устройства “Микропроцессорная систем балансировки тел вращения” составила:

$$C_{ЦЕХ} = 2839,78$$

#### 4.2Расчёт заводской себестоимости

Заводская себестоимость кроме цеховой себестоимости также включает в себя следующие виды расходов (косвенные заводские затраты):

- общепроизводственные расходы:
  - 1) содержание аппарата управления заводом
  - 2) содержание технических средств
  - 3) содержание территорий
  - 4) оплата аудиторских и информационных услуг
  - 5) подготовка и переподготовка кадров
  - 6) охрана природы
  - 7) ремонт зданий и сооружений
  - 8) оплата страхования имущества
- потери от брака.

$$C_{ЗАВ} = C_{ЦЕХ} + K_{ЗАВ},$$

где

$C_{ЦЕХ}$  – цеховая себестоимость

$K_{ЗАВ}$  – косвенные заводские затраты

$$K_{ЗАВ} = \%_{ЗАВ} \cdot Z_{ОСН},$$

где

$\%_{ЗАВ}$  – процент косвенных заводских затрат (в данном случае равный 80% - серийное производство)

$Z_{ОСН}$  – основная заработная плата рабочих

$$K_{ЗАВ} = 0,8 \cdot 383,14 = 306,51$$

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 51   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

$$C_{зав} = 2839,78 + 306,51 = 3146,29$$

#### 4.3 Расчет полной себестоимости

Для расчета полной себестоимости, которая кроме заводской себестоимости включает в себя внепроизводственные расходы (расходы на рекламу, упаковку, отгрузку, сбыт, выплату комиссионных, участие предприятия в выставках и прочие отчисления и платежи), нужно определить сумму внепроизводственных затрат.

$$C_{полн} = C_{зав} + ВР,$$

где

$C_{зав}$  – заводская себестоимость

ВР – сумма внепроизводственных расходов

$$ВР = \%ВР \cdot C_{зав},$$

где

$\%ВР$  – процент внепроизводственных расходов от заводских расходов (для данного предприятия она составляет 8,5%)

$C_{зав}$  – заводская себестоимость

$$ВР = 0,085 \cdot 3146,29 = 267,43$$

$$C_{полн} = 3146,29 + 267,43 = 3413,72$$

Итак, получена полная себестоимость проектируемого устройства «Система контроля параметров стрелкового оружия», которая составила:

$$C_{полн} = 3413,72$$

#### 4.4 Расчёт цены проектируемого устройства

Цена является денежным выражением стоимости товара. Она выражает общественно необходимые затраты на продукцию.

Цены обеспечивают дальнейшую хозяйственную деятельность, возместить издержки производства и реализации продукции и определяют такой размер прибыли, который позволил бы им выжить в условиях рыночной экономики.

Оптовая цена промышленности – это цена, по которой предприятия-потребители оплачивают продукцию сбытовым организациям. Оптовая цена промышленности подразумевает НДС, оптовую цену предприятия, торговую наценку.

Вначале определяется оптовая цена предприятия. Она рассчитывается как сумма полной себестоимости и плановой прибыли.

$$ОЦ_{ПРЕДПР} = C_{ПОЛН} + П_{ПЛ},$$

где

$C_{ПОЛН}$  – полная себестоимость единицы продукции

$П_{ПЛ}$  – плановая прибыль (в данном случае равная 15% от полной себестоимости)

Плановая прибыль рассчитывается как процент от полной себестоимости:

$$П_{ПЛ} = 15\% \cdot C_{ПОЛН}$$

$$П_{ПЛ} = 0,15 \cdot 3413,72 = 512,05$$

$$ОЦ_{ПРЕДПР} = 3413,72 + 512,05 = 3925,78$$

Оптовая цена промышленности рассчитывается как сумма оптовой цены предприятия, НДС и наценки от сбыта:

$$ОЦ_{ПРОМ} = ОЦ_{ПРЕДПР} + НДС + Н_{СБ},$$

где

$ОЦ_{ПРЕДПР}$  – оптовая цена предприятия

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 53   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

НДС – налог на добавленную стоимость (равный 20% от полной себестоимости)

Н<sub>СБ</sub> – наценка сбытовых организаций (7% от оптовой цены предприятия)

$$НДС = 20\% \cdot C_{ПОЛН} = 0,18 \cdot 3413,72 = 682,74$$

$$Н_{СБ} = 7\% \cdot ОЦ_{ПРЕДПР} = 0,07 \cdot 3925,78 = 274,80$$

$$ОЦ_{ПРОМ} = 3925,78 + 682,74 + 274,80 = 4883,32$$

Розничная цена рассчитывается как сумма оптовой цены промышленности и торговой наценки:

$$Ц_{РОЗН} = ОЦ_{ПРОМ} + Н_{ТОРГ} ,$$

где

ОЦ<sub>ПРОМ</sub> – оптовая цена промышленности

Н<sub>ТОРГ</sub> – торговая наценка (10% от оптовой цены промышленности)

$$Н_{ТОРГ} = 10\% \cdot ОЦ_{ПРОМ} = 0,1 \cdot 4883,32 = 488,33$$

$$Ц_{РОЗН} = ОЦ_{ПРОМ} + Н_{ТОРГ} = 4883,32 + 488,33 = 5371,65$$

Кроме этого, требуется определить прибыль, которую получит предприятие от реализации данной продукции. Нужно определить значения балансовой, чистой и валовой прибыли.

Балансовая прибыль определяется за счёт 3 источников:

- прибыль от реализации продукции;
- прибыль от продаж имущества;
- прибыль от внереализационных доходов.

Так как отсутствуют прибыль от продаж имущества и прибыль от внереализационных доходов, будем считать за балансовую прибыль - прибыль от реализации продукции.

$$П_{БАЛАНС} = П_{ПЛ} = 512,05$$

Валовая прибыль:

$$П_{ВАЛ} = П_{БАЛАНС} + П_{ПРОЧАЯ} ,$$

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 54   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

где

$P_{\text{БАЛАНС}}$  – балансовая прибыль

$P_{\text{ПРОЧАЯ}}$  – прочая прибыль

К прочей прибыли относят:

- доходы от транспортных организаций;
- доходы от других хозяйств, находящихся на балансе предприятия.

Вследствие отсутствия вышеперечисленного, за валовую прибыль будем считать прибыль балансовую.

$$P_{\text{ВАЛ}} = P_{\text{БАЛАНС}} = 512,05$$

Прибыль, облагаемая налогами:

$$P_{\text{ОБЛ.Н.}} = 20\% P_{\text{ВАЛ}},$$

где

$P_{\text{ВАЛ}}$  – валовая прибыль

20% - ставка налога на прибыль

$$P_{\text{ОБЛ.Н.}} = 0,20 \cdot 512,05 = 102,41$$

Определив валовую прибыль и прибыль, облагаемую налогами, можно рассчитать чистую прибыль:

$$P_{\text{ч}} = P_{\text{ВАЛ}} - P_{\text{ОБЛ.Н.}},$$

где

$P_{\text{ВАЛ}}$  – валовая прибыль

$P_{\text{ОБЛ.Н.}}$  – прибыль, облагаемая налогом

$$P_{\text{ч}} = 512,05 - 102,41 = 409,64$$

Годовой объем продаж  $K_{\text{мпс}} = 300$  шт.

Продолжительность инвестиционного цикла  $T_c = 3$  года

Чистая прибыль в год ( $P_{\text{ч.год.}}$ )

$$P_{\text{ч.год.}} = P_{\text{ч}} \cdot K_{\text{мпс}}$$

$$P_{\text{ч.год.}} = 409,64 \cdot 300 = 122892$$

Прибыль облагаемая налогами в год  $P_{\text{обл.н.год}}$

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 55   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

$$\Pi_{\text{обл.н.год}} = \Pi_{\text{обл.н.}} \times K_{\text{мпс}}$$

$$\Pi_{\text{обл.н.год}} = 102,41 \times 300 = 30723$$

Одним из важных экономических показателей производства продукции является рентабельность продукции. Рентабельность – это относительный показатель эффективности производства, характеризующий степень использования ресурсов. Рентабельность зависит также от структуры авансированных в производство средств, а именно, от удельного веса расходов на оплату труда работников.

Рассчитает рентабельность выпускаемой продукции в расчёте на одно изделие:

$$R_{\text{пп}} = \frac{\Pi_{\text{вал}}}{C_{\text{полн}}} \cdot 100\%,$$

где

$\Pi_{\text{вал}}$  – валовая прибыль

$C_{\text{полн}}$  – полная себестоимость одного изделия

$$R_{\text{пп}} = \frac{512,05}{3413,72} \cdot 100\% = 15\%$$

Рентабельность проектируемого устройства «Система управления гибкой технологической линией сборки» составила 15%.

#### 4.5 Оценка инвестиционной привлекательности проекта

Капитальные вложения на разработку и внедрение объектов проектирования, определяются как инвестиции, необходимые для получения прибыли. Экономическая эффективность данных проектов характеризуется системой показателей, отражающих соотношение финансовых результатов и затрат.

Главным моментом при проведении расчетов становится выбор масштабов цен. При отсутствии инфляции применяют постоянные (базовые) цены, действующие на момент расчета. В условиях высокой инфляции, что характерно для России, целесообразно осуществлять расчет, соизмеряя разновременные затраты и результаты, путем дисконтирования. Для этого используется норма дисконта ( $E$ ).

$$E = 10\% = 0,1.$$

Приведение производится путем умножения затрат и результатов на коэффициент дисконтирования ( $KД$ ), равный:

Оценка проекта, сравнение вариантов и выбор оптимального осуществляется с использованием следующих показателей:

- Чистая дисконтированная стоимость (текущая дисконтированная стоимость), т.е. доход;
- Индекс доходности;
- Срок окупаемости.

Для того чтобы определить данные показатели, необходимо составить план денежных потоков (таблица 4.6).

Таблица 4.6 – План денежных потоков

| Показатель                  | Значения, тыс. руб. |         |         |         |
|-----------------------------|---------------------|---------|---------|---------|
|                             | 0-й год             | 1-й год | 2-й год | 3-й год |
| Налог на прибыль (20%)      |                     | 36,402  | 36,402  | 36,402  |
| Чистая прибыль              |                     | 145,611 | 145,611 | 145,611 |
| Инвестиции в ПО             | -61,13              | -       | -       | -       |
| Чистый денежный поток (ЧДП) | -61,13              | 145,611 | 145,611 | 145,611 |

Для расчета чистой дисконтированной стоимости требуется для каждого года определить коэффициент дисконтирования:

$$КД_T = \frac{1}{(1+E)^T},$$

где:

$T$  – период дисконтирования (г.).

$$КД_1 = 0,9$$

$$КД_2 = 0,83$$

$$КД_3 = 0,75$$

Чистая дисконтированная стоимость (ЧДС) рассчитывается как сумма потоков реальных денег, приведенная за весь расчетный период к начальному году:

$$ЧДС = \sum_{T=1}^T (ЧДП_T \cdot КД_T) - И,$$

где:

$ЧДП_T$  – результат в  $T$ -ом году;

$И$  – инвестиции в разработку ПО;

$T$  – период дисконтирования.

Таблица 4.6 – Вычисление чистой и текущей дисконтированной стоимости

| Год | Затраты (-)<br>Результаты<br>(+) | КД при Е =<br>0,10 | ТДС (тыс.<br>руб.) | ТДС нарас-<br>тающим ито-<br>гом |
|-----|----------------------------------|--------------------|--------------------|----------------------------------|
| 0   | -61,13                           | 1                  | -61,13             | -61,13                           |
| 1   | 145,611                          | 0,9                | 131,05             | 69,92                            |
| 2   | 145,611                          | 0,83               | 120,857            | 190,777                          |
| 3   | 145,611                          | 0,75               | 109,208            | 299,985                          |
|     |                                  |                    |                    | ЧДС = 299,985                    |

Индекс доходности (*ИД*) определяется по формуле:

$$ИД = \frac{1}{И} \cdot \sum_{T=1}^T (ЧДП_T \cdot КД_T)$$

Индекс доходности (*ИД*) проекта составляет:

$$ИД = \frac{(131,05 + 120,857 + 109,208)}{61,13} = 5,9$$

Полученное значение *ИД* = 4,58 больше единицы, следовательно, разработка программы считается эффективной и экономически обоснованной.

Срок окупаемости инвестиционного проекта (*Т<sub>ОК</sub>*) – это период времени, который необходим для возмещения инвестиций. *Т<sub>ОК</sub>* находят с учетом дисконтирования, путем суммирования ежегодных поступлений до определенного периода, в котором они превзойдут первоначальные расходы денежных средств.

Найдем *Т<sub>ОК</sub>* графическим методом, график, изображенный на рисунке 4.1, строится по данным таблицы 4.6.

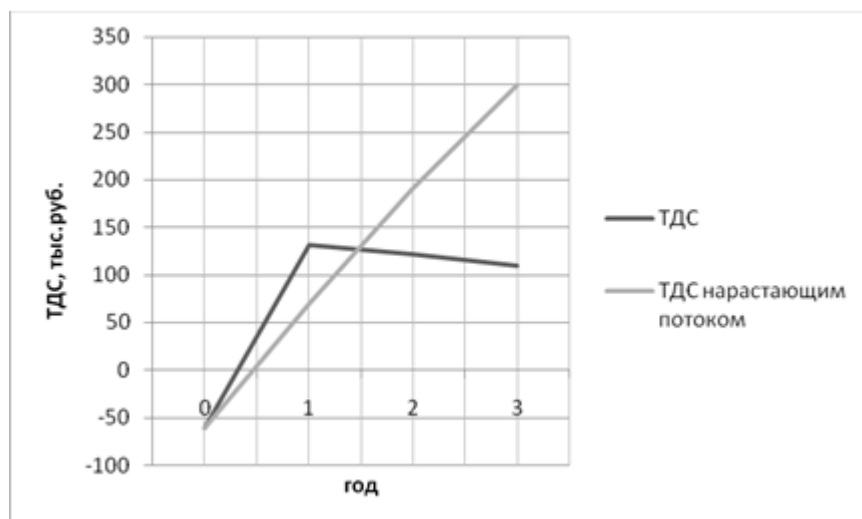


Рисунок 4.1 – Определение срока окупаемости проекта

Как видно из графика, значение  $T_{OK}$  составляет 0,5 года.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломного проекта была разработана информационная система управления гибкой технологической линией сборки.

Было приведено обоснование выбора типа печатной платы (МПП) при разработке системы управления гибкой технологической линией сборки, представлены технологические процессы изготовления МПП, рассмотрены меры по обеспечению безопасности на различных этапах производства печатных плат. Экономический расчет показал, что вложение инвестиций в разработку данного проекта является экономически целесообразным.

В результате проведенной работы должен быть разработан проект, удовлетворяющий поставленной задаче, а именно, создана принципиальная схема системы управления гибкой технологической линией сборки и разработаны соответствующие алгоритмы, реализующие режимы работы местной ЭВМ.

Данное приложение рекомендуется использовать для массового использования в сфере производства.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

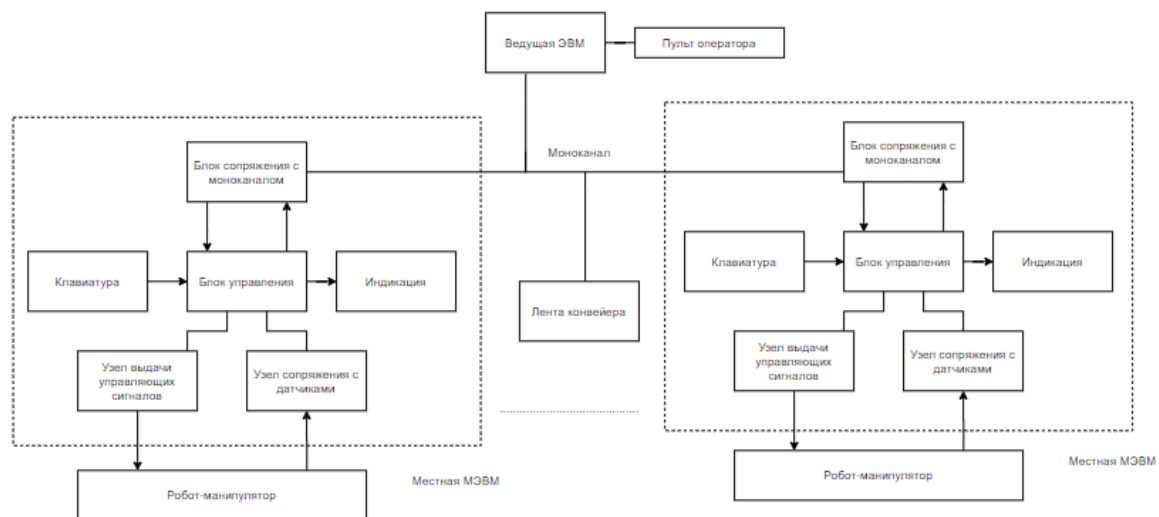
1.    ВосьмиразрядныеRISC-микроконтроллеры.                   Методические указания и практическое руководство по применению в курсовом и дипломном проектировании./ Л.А.Брякин – ПГУ, 2001
2.    Евстифеев А.В. Микроконтроллеры Microchip: практическое руководство - А.В.Евстифеев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 296 с.
3.    Брякин Л. А, Брякин А. Л. Схемотехника модулей встраиваемых систем. Пенза : Изд-во ПГУ, 2016.
4.    Ушаков Н.Н. Технология производства ЭВМ. Учебник для студентов вузов по спец. «Вычислительные машины, комплексы, системы и сети» – М: Высш. шк., 1991 – 416 с.
5.    ГОСТ 23662-79 - ГОСТ 23665-79 Платы печатные. Механическая обработка. Требования к типовым технологическим процессам. (Переиздания с Изм. № 1, 2) ГОССТАНДАРТ РОССИИ 1992, МОСКВА.
6.    ГОСТ 23770-79 Платы печатные. Типовые технологические процессы химической и гальванической металлизации.ИЗДАТЕЛЬСТВО СТАНДАРТОВ 1995, МОСКВА.
7.    ГОСТ 23752.1-92 (МЭК 326 – 2 – 90) Платы печатные. Методы испытаний. КОМИТЕТ СТАНДАРТИЗАЦИИ И МЕТРОЛОГИИ СССР 1992, МОСКВА.
8.    ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол N 7 от 26 апреля 1995 г.)

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРНАЯ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Приложение А1

(обязательное)

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 63   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

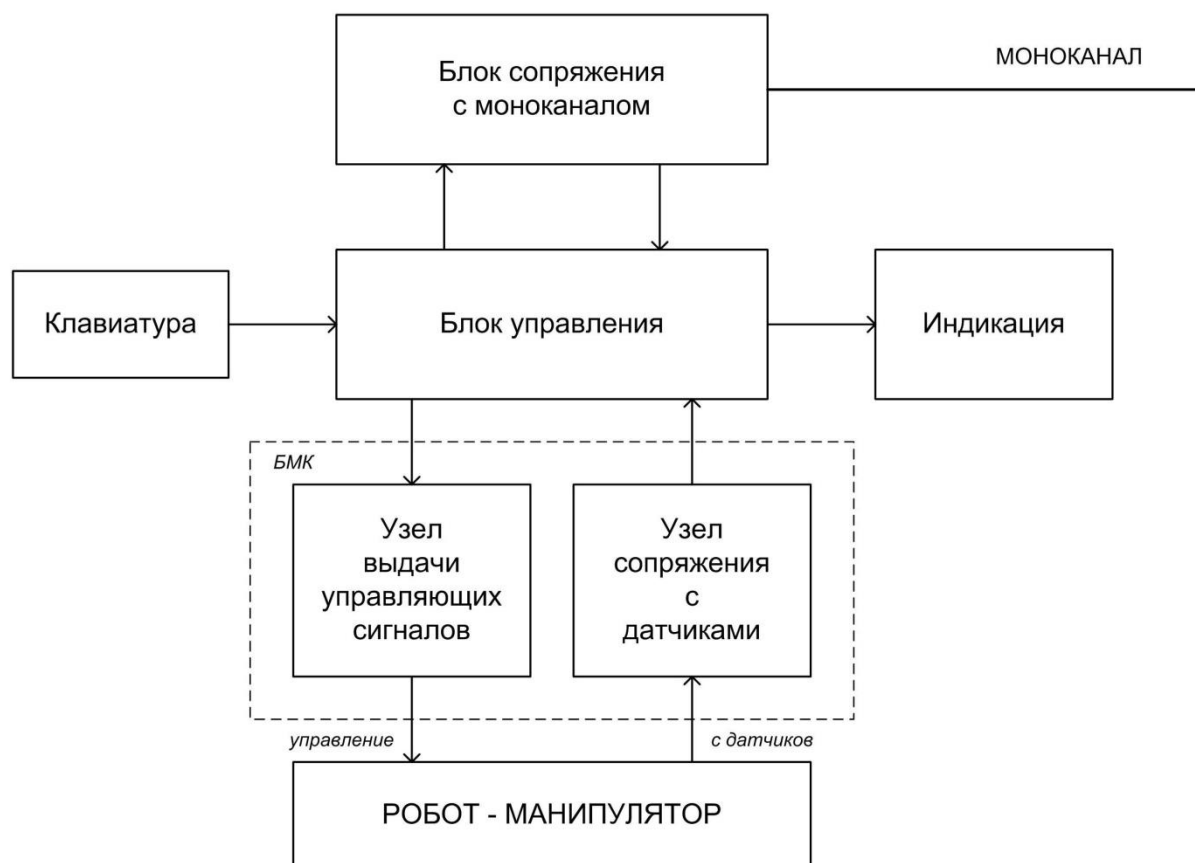


|          |      |               |         |      |                                                                                         |                              |      |        |
|----------|------|---------------|---------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------|--------|
|          |      |               |         |      | <p><b>ПГУ 1.090501.13.002 Э1</b></p>                                                    |                              |      |        |
| Изм.     | Лист | № докум.      | Подпись | Дата |                                                                                         |                              |      |        |
| Разраб.  |      | Пронькин Ю.А. |         |      | <p>Система управления гибкой технологической линией сборки</p> <p>Структурная схема</p> | Лит.                         | Лист | Листов |
| Провер.  |      | Бикташев Р.А. |         |      |                                                                                         |                              | 64   | 79     |
| Н. Контр |      | Кучин А.В.    |         |      |                                                                                         | <p>Кафедра ВТ, гр. 15В02</p> |      |        |
| .        |      |               |         |      |                                                                                         |                              |      |        |
| Утверд.  |      | Митрохин М.А. |         |      |                                                                                         |                              |      |        |

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СТРУКТУРНАЯ  
ММЭВМ

Приложение А2  
(обязательное)

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 65   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

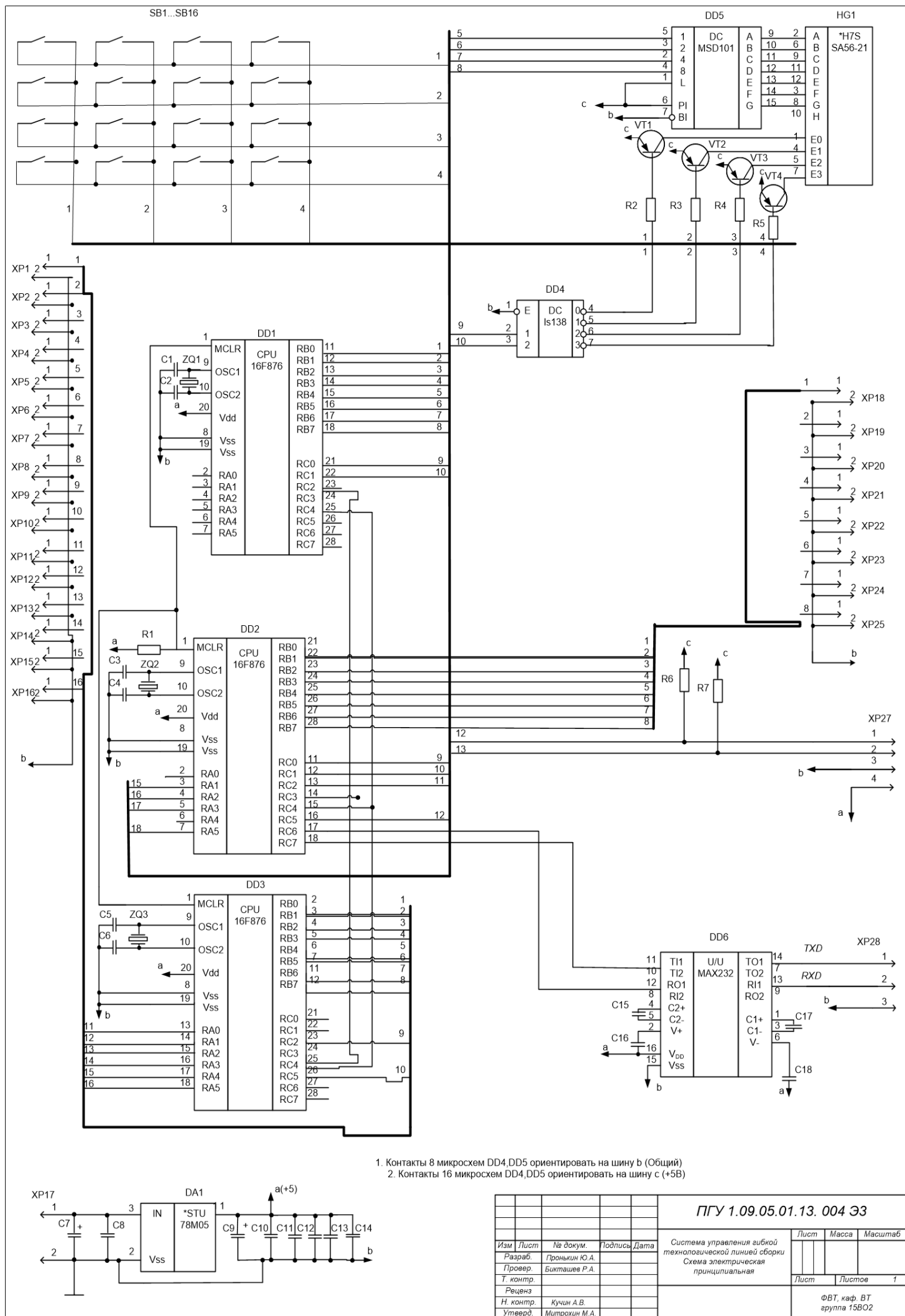


|          |      |               |         |      |                                                                              |                          |        |
|----------|------|---------------|---------|------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------|
|          |      |               |         |      | ПГУ 1.090501.13.003 Э1                                                       |                          |        |
| Изм.     | Лист | № докум.      | Подпись | Дата |                                                                              |                          |        |
| Разраб.  |      | Пронькин Ю.А. |         |      | Система управления гибкой технологической линией сборки<br>Структурная схема | Лит.                     | Лист   |
| Провер.  |      | Бикташев Р.А. |         |      |                                                                              |                          | Листов |
| Н. Контр |      | Кучин А.В.    |         |      |                                                                              |                          | 66     |
| .        |      |               |         |      |                                                                              |                          | 79     |
| Утверд.  |      | Митрохин М.А. |         |      |                                                                              | Кафедра ВТ,<br>гр. 15В02 |        |

СХЕМА ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ

Приложение А3  
(обязательное)

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 67   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |



## ПЕРЕЧЕНЬ ЭЛЕМЕНТОВ

Приложение А3

(обязательное)

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 69   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

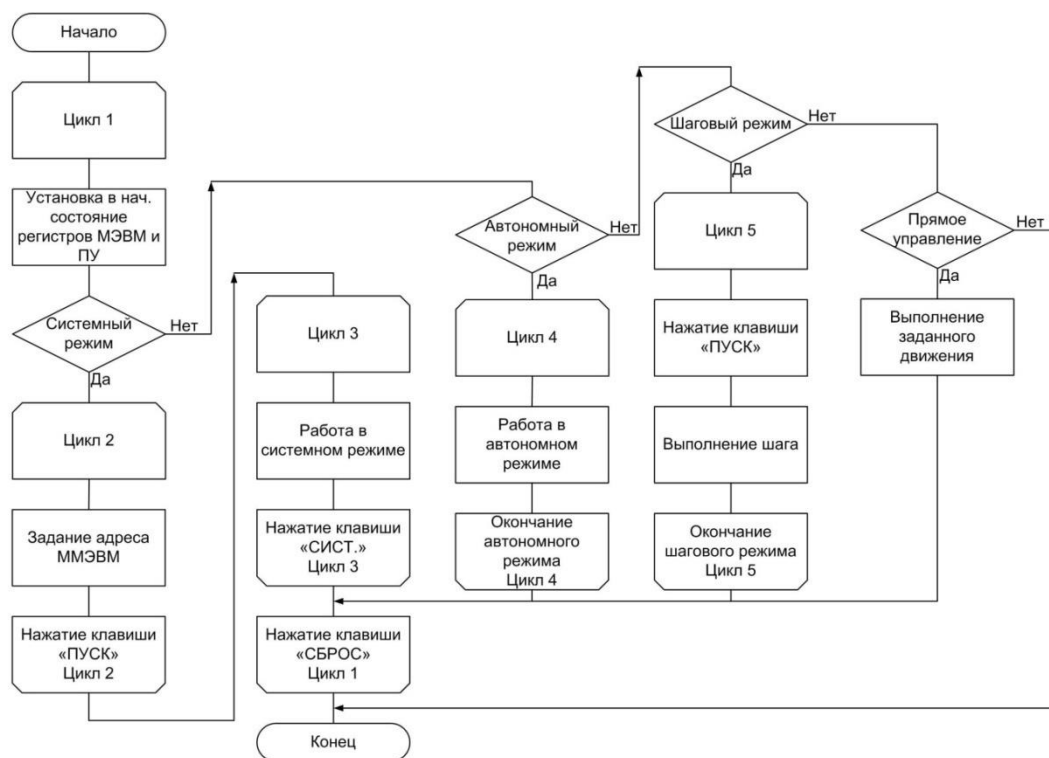
| Зона | Поз. обозн. | Наименование                                      | Кол. | Примечание |
|------|-------------|---------------------------------------------------|------|------------|
|      |             | <b>Конденсаторы</b>                               |      |            |
|      | C1...C6     | K73-17 0.1 мкФ $\pm$ 10% ТУ6261-015-07594095-2006 | 6    |            |
|      | C7...C18    | K73-17 0.1 мкФ $\pm$ 10% ТУ6261-015-07594095-2006 | 12   |            |
|      |             | <b>Микросхемы</b>                                 |      |            |
|      | DA1         | 78M05                                             | 1    | Импорт     |
|      | DD1...DD3   | PIC16F876A-I/SP                                   | 3    | Импорт     |
|      | DD4         | SN74LS138N                                        | 1    | Импорт     |
|      | DD5         | MSD101                                            | 1    | Импорт     |
|      | DD6         | MAX232                                            | 1    | Импорт     |
|      |             | <b>Семисегментная индикация</b>                   |      |            |
|      | HG1         | SA56-2                                            | 1    | Импорт     |
|      |             | <b>Резисторы</b>                                  |      |            |
|      | R1          | МЛТ-0,125-10 кОм ОЖ0.467.180ТУ                    | 1    |            |
|      | R2..R5      | МЛТ-0,125- 5.1 кОм ОЖ0.467.180ТУ                  | 4    |            |
|      | R6...R7     | МЛТ-0,125- 1 кОм ОЖ0.467.180ТУ                    | 2    |            |
|      |             | <b>Кнопки</b>                                     |      |            |
|      | SB1..SB16   | TS-A2PS-130                                       | 16   | Импорт     |
|      |             | <b>Резонаторы</b>                                 |      |            |
|      | ZQ1...ZQ3   | НС-49U 20мГц                                      | 3    | Импорт     |
|      |             | <b>Транзисторы</b>                                |      |            |
|      | VT1..VT4    | КТ361А ФЫО.336.201 ТУ                             | 4    |            |
|      |             | <b>Разъёмы</b>                                    |      |            |
|      | XP1...XP17  | 104257-2, вилка                                   | 17   | Импорт     |
|      | XP17...XP28 | 282105-1, вилка                                   | 12   | Импорт     |
|      |             |                                                   |      |            |
|      |             |                                                   |      |            |

|           |              |          |         |      |                                                                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|-----------|--------------|----------|---------|------|-------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|------|--|------|--|--------|--|
|           |              |          |         |      | ПГУ4.09.05.01.13.005 ПЭ                                                       |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
| Изм.      | Лист         | № докум. | Подпись | Дата |                                                                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
| Разраб.   | Пронькин Ю.А |          |         |      | Система управления гибкой технологической линией сборки<br>Перечень элементов |  |  |  |  | Лит. |  | Лист |  | Листов |  |
| Пров.     | Викташев Р.А |          |         |      |                                                                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|           |              |          |         |      |                                                                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
| Н. контр. | Кучин А.В.   |          |         |      |                                                                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
| Утверд.   | Митрохин М.А |          |         |      |                                                                               |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |
|           |              |          |         |      | Кафедра ВТ<br>гр.15В02                                                        |  |  |  |  |      |  |      |  |        |  |

СХЕМА ПРОГРАММЫ ММЭВМ

Приложение А4

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 71   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |



|          |      |               |         |      |                                                                            |  |      |  |        |  |
|----------|------|---------------|---------|------|----------------------------------------------------------------------------|--|------|--|--------|--|
|          |      |               |         |      | ПГУ 1.090501.13.006 Д01                                                    |  |      |  |        |  |
|          |      |               |         |      |                                                                            |  |      |  |        |  |
| Изм.     | Лист | № докум.      | Подпись | Дата |                                                                            |  |      |  |        |  |
| Разраб.  |      | Пронькин Ю.А. |         |      | Система управления гибкой технологической линией сборки<br>Схема программы |  |      |  |        |  |
| Провер.  |      | Бикташев Р.А. |         |      |                                                                            |  |      |  |        |  |
| Н. Контр |      | Кучин А.В.    |         |      |                                                                            |  |      |  |        |  |
|          |      |               |         |      |                                                                            |  |      |  |        |  |
| Утверд.  |      | Митрохин М.А. |         |      |                                                                            |  |      |  |        |  |
|          |      |               |         |      | Лит.                                                                       |  | Лист |  | Листов |  |
|          |      |               |         |      |                                                                            |  | 72   |  | 79     |  |
|          |      |               |         |      | Кафедра ВТ,<br>гр. 15В02                                                   |  |      |  |        |  |

Приложение Б  
Презентация

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 73   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |

Пензенский государственный университет  
Факультет вычислительной техники  
Кафедра вычислительной техники

# Выпускная квалификационная работа

На тему:

## «Система управления гибкой технологической линией сборки»

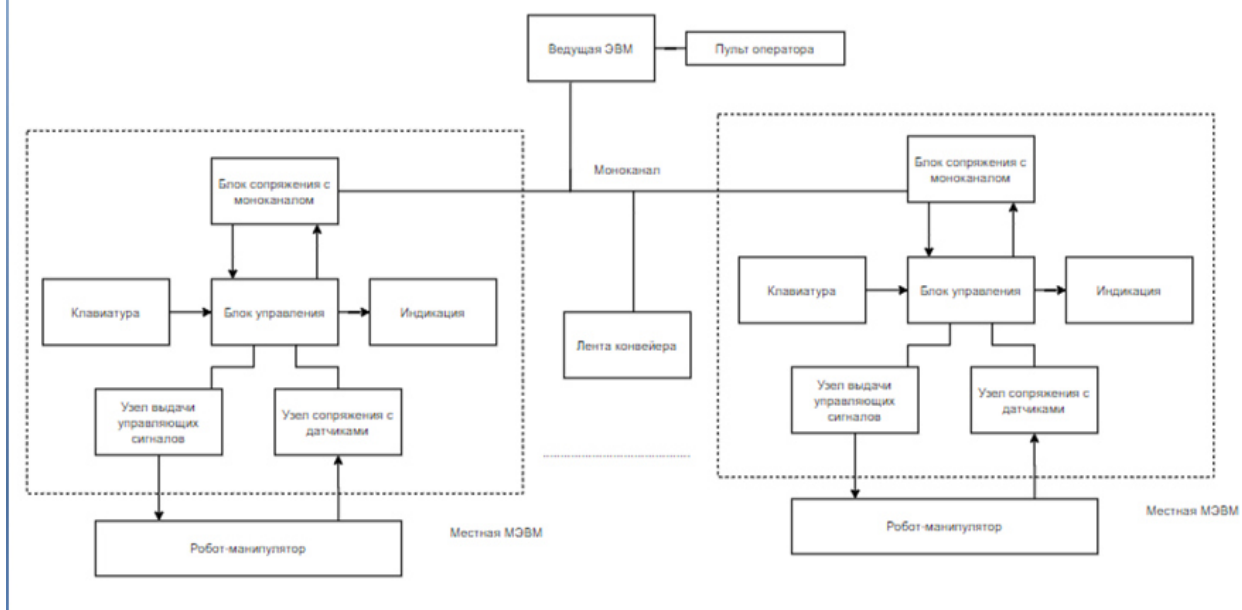
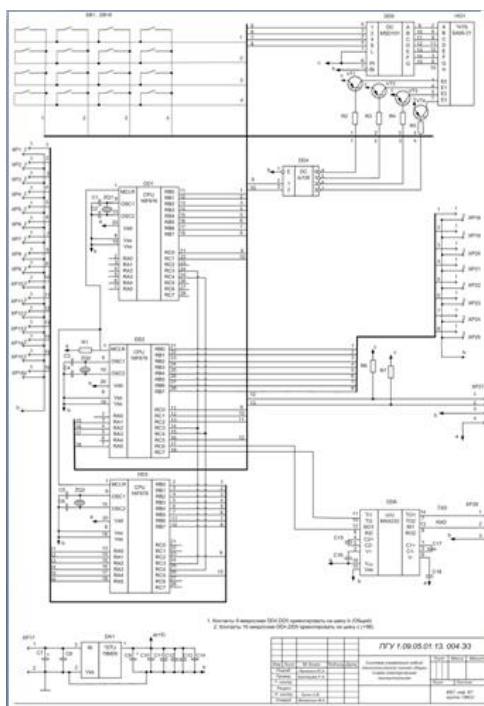
Выполнил: студент гр. 15ВО2  
Пронькин Ю.А.  
Руководитель ВКР: к.т.н., профессор  
Бикташев Р.А.

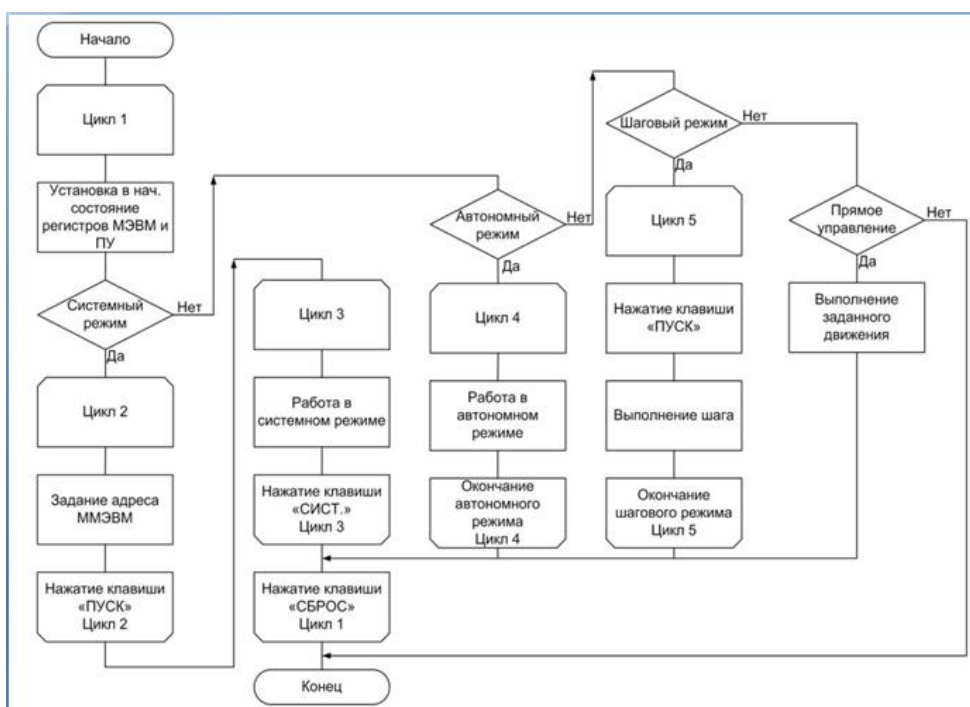
2020

Цель данной работы – разработать систему управления гибкой технологической линией сборки.

Объектом разработки является аппаратный комплекс, блока ММЭВМ.

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 74   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |





Система управления  
гибкой  
технологической  
линией сборки.  
Алгоритм работы  
системы.

## Заключение

- ▶ Разработана система управления гибкой технологической линией
- ▶ Приведено обоснование выбора типа печатной платы (МПП) при разработке система управления ГТЛ;
- ▶ Представлены технологические процессы изготовления МПП;
- ▶ Рассмотрены меры по обеспечению безопасности на различных этапах производства печатных плат;
- ▶ Экономический расчет показал, что вложение инвестиций в разработку данного проекта является экономически целесообразным.

|      |      |          |         |      |
|------|------|----------|---------|------|
|      |      |          |         |      |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ

Лист

76

Система управления гибкой технологической линией  
сборки.

Спасибо за внимание.

г. Пенза  
2020

|      |      |          |         |      |                        |      |
|------|------|----------|---------|------|------------------------|------|
|      |      |          |         |      | ПГУ 1.090501.13.001 ПЗ | Лист |
|      |      |          |         |      |                        | 77   |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |                        |      |