

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Сарапульский политехнический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»

Кафедра КиПР

УДК 621.317.738

На правах рукописи

УТВЕРЖДАЮ К ЗАЩИТЕ
заведующий кафедрой
д.т.н., профессор

 Ю.Г. Подкин

« 22 » 06 2020 г.

Владыкин Евгений Борисович
Выпускная квалификационная работа

На тему: **«РАЗРАБОТКА ПУЛЬТА УПРАВЛЕНИЯ СТЕНДОМ ДЛЯ
ПРОВЕРКИ АВИАЦИОННЫХ ФАР»**

**Направление 11.03.03 Конструирование и технология
электронных средств
Профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств»**

Руководитель:

д.т.н., профессор

 Ю.Г. Подкин

г. Сарапул, 2020 г.

РЕФЕРАТ

УДК 621.317.738

Выпускная квалификационная работа 52 стр., 18 рис., 10 табл., 20 источн., 1 прил.

ПУЛЬТ, УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ, НАПРЯЖЕНИЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА, ВРЕМЯ.

Объект исследования: пульта управления стендом для проверки авиационных фар

Цель работы: Разработка пульта управления стендом для проверки авиационных фар на микроконтроллере

Предмет работы: пульта управления стендом для проверки авиационных фар

Рассмотрены и выбраны средства измерения, которыми управляет устройство управления. Выбран микроконтроллер для пульта управления стендом для проверки авиационных фар. Разработана структурная схема.

В результате разработан пульт управления стендом для проверки авиационных фар ЭМА-5050 на базе микроконтроллера, которое позволило управлять и собирать информацию с средств измерения при проведении приемо-сдаточных испытаний производить необходимые замеры и выводить информацию на дисплей.

СОДЕРЖАНИЕ

Определения, обозначения и сокращения.....	5
Введение.....	6
Техническое задание.....	7
1. Системотехническая часть.....	12
1.1 Обзор методов измерения напряжения, тока и времени.....	12
1.1.1 Цифровые электронные вольтметры.....	12
1.1.2 Электродинамические амперметры.....	15
1.1.3 Цифровые амперметры.....	15
1.1.4 Электронный секундомер.....	16
1.2 Разработка структурной схемы.....	17
2. Схемотехническая часть.....	20
2.1 Разработка УУ.....	20
2.2 Разработка схемы питания.....	22
2.3 Разработка схемы ввода и вывода данных.....	24
2.4 Разработка схемы «Клавиатура».....	26
2.5 Разработка схемы управления нагрузкой и переключением типа фары.....	27
2.6 Схема измерения напряжения.....	27
2.7 Схема измерения тока.....	28
2.8 Схема измерения времени.....	29
3. Конструкторская часть.....	30
3.1 Выбор диэлектрического материала и проводника.....	30
3.2 Описание конструкции ПП.....	31
3.3 Расчет площади ПП.....	32

3.4 Расчет надежности.....	33
3.5 Расчет датчика тока амперметра.....	35
3.6 Расчет массы платы.....	35
3.7 Расчет сопротивления проводников.....	37
3.8 Расчет допустимого тока в проводнике.....	37
3.9 Расчет паразитной емкости и индуктивности.....	38
3.10 Расчет параметров электрических соединений.....	39
4. Программа испытаний.....	43
5. Расчет экономических показателей	45
5.1 Расчет трудоемкости изготовления единицы изделия и оплаты труда рабочих.....	45
5.2 Расчет общих затрат на оплату труда рабочих при изготовлении единицы изделия.....	45
5.3 Расчет затрат на использование оборудования.....	45
5.4 Расчет полной себестоимости единицы изделия	46
6. Охрана труда, техника безопасности и охрана окружающей среды	48
Заключение	50
Список использованных источников.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ А Комплект чертежей.....	54

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

СЭГЗ- Сарапульский электрогенераторный завод

ТЗ – Техническое задание

АЦП – Аналого-цифровые преобразователи

ЦОУ – Цифровые отсчетные устройства

УУ – Устройства управления

МК – микроконтроллер

ПП – печатная плата

ЭРИ – Электро-радио изделия

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие и большие объёмы выпуска продукции, требуют модернизации и автоматизации производства. Автоматизированные системы позволяют автоматизировать работу и увеличить объем выпускаемой продукции. Тем самым появляется необходимо обеспечить быструю и качественную проверку тактико-технических характеристик выпускаемой продукции, а так же минимизировать человеческий фактор при проверке продукции.

Проведения контроля параметров авиационных фар является одной из важнейших задач, т.к. от этого зависит, какая продукция попадет заказчику. На Сарапульском электрогенератором заводе (СЭГЗ) на этом этапе используются стенды еще советских времен, к которым необходимо дополнительно подключать средства измерения, стрелочные вольтметры и амперметры, а так же при выпуске и уборке авиационной фары измерять время механическим секундомером. При измерении параметров на таких средствах измерений может, приводит к ошибкам, что в свою очередь ведет к попаданию некачественного изделия к заказчику, что не допустимо, а так же необходимо подключение различных средств измерения, что влечет за собой увеличение времени затраченного на проверку изделий. Для того чтобы облегчить работу при проведении контроля тактико – технических характеристик авиационных фар и повысить качество контроля на приемо-сдаточных испытаниях возникла необходимость интегрировать современные методы измерения в используемый стенд, в связи с этим требуется разработка устройства управления стендом по проверке авиационных фар.

Исходя из вышеперечисленного, с учетом [1, 2] и требований предъявляемых при проведении приемо-сдаточных испытаний авиационных фар было разработано ТЗ на разработку пульта управления стендом для проверки авиационных фар.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Сарапульский политехнический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»
СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»

Кафедра КиПР

УТВЕРЖДАЮ

АО «СЭГЗ»

Начальник БТК цех 05

Зам. Начальника отдела 54

И.В. Ларин

«28» 03 2020г.



УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой КиПР,

д.т.н., профессор

Ю. Г. Подкин

«28» 03 2020г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу бакалавра

Направление 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств

Профиль Конструирование и технология радиоэлектронных средств

Тема «Разработка пульта управления стендом для проверки авиационных фар»

СОГЛАСОВАНО

Руководитель темы

д.т.н., профессор

Ю. Г. Подкин

«28» 03 2020г.

Исполнитель студент гр. Б 10-071-1з

Е. Б. Владыкин

«27» 03 2020г.

Сарапул, 2020

1 Наименование, шифр ОКР, основание для выполнения проекта

1.1 Название ОКР – Разработка пульта управления стендом для проверки авиационных фар

1.2 Шифр ОКР – ЭМА-5050

1.3 Основание для выполнения проекта: Задание предприятия

1.4 Разработчик: кафедра КиПР

1.5 Исполнитель: студент гр. Б 10-071-1з Владыкин Е.Б.

1.6 Заказчик: АО«СЭГЗ»

1.7 Изготовитель: АО«СЭГЗ»

2 Исходные данные к проекту

2.1 Показатели назначения:

пульт управления стендом для проверки авиационных фар предназначен для проверки работоспособности авиационных фар по программе приёмо – сдаточных испытаний.

2.2 Реализуемые функции:

2.2.1 контроль выпуска и уборки авиационных фар;

2.2.2 контроль времени выпуска и уборки авиационных фар;

2.2.3 переключение авиационных фар в зависимости от типа установленной лампы (посадочные или рулежные авиационные фары);

2.2.4 обеспечение защиты от переполюсации контактов нитей накала лампы;

2.2.5 световая индикация пульта ЭМА-5050;

2.2.6 вывод информации на дисплей.

2.3 Технические характеристики:

2.3.1 номинальное напряжение питания, В от 187 до 242;

2.3.2 частота, Гц 50 ± 2 ;

2.3.3 диапазон измерения интервалов времени, с от 0 до 3600;

2.3.4 дискретность измеряемых интервалов времени, с 0,01;

- 2.3.5 выходное напряжение постоянного тока, В от 24,3 до 29,7;
2.3.6 ток потребления, А не более 25;

2.4 Системные требования. Предусмотреть:

- использование источников питания постоянного тока;
- работу с токовыми датчиками;
- работу с датчиком движения;
- работу с датчиком работы двигателя авиационных;
- световую сигнализацию пульта ЭМА-5050;
- цифровую клавиатуру;
- LCD дисплей;

2.5 Условия эксплуатации:

- пульт управления стендом для проверки авиационных фар должен эксплуатироваться в закрытых помещениях с температурой от +5 до +40°C категории по пожарной безопасности «Д»;
- устройство, должно быть, изготовлено в исполнении УХЛ ГОСТ 15150-99.

3 Перечень подлежащих разработке вопросов

- 3.1 Выбор прототипа пульта ЭМА-5050;
- 3.2 Формирование принципа действия пульта ЭМА-5050;
- 3.3 Разработка структурной схемы пульта ЭМА-5050;
- 3.4 Выбор оптимальных и обоснованных схемотехнических решений для пульта ЭМА-5050;
- 3.5 Конструкторское проектирование пульта ЭМА-5050;
- 3.6 Программное обеспечение пульта ЭМА-5050;
- 3.7 Разработка программы испытаний пульта ЭМА-5050;
- 3.8 Проведение испытаний;
- 3.9 Организация производства пульта ЭМА-5050;
- 3.10 Оценка экономических показателей. Акт внедрения;
- 3.11 Климатика, техника безопасности, эргономика дизайн пульта.

4 На защиту выносятся:

- 4.1 Способ и алгоритм функционирования пульта;
- 4.2 Структурная схема пульта ЭМА-5050;
- 4.3 Алгоритм работы программного обеспечения пульта;
- 4.4 Конструктивные решения пульта;
- 4.5 Протокол испытаний пульта, акт внедрения;
- 4.6 Экономические показатели пульта;
- 4.7 Графические материалы проекта. Раздаточный материал.

5 Краткое содержание пояснительной записки:

- 5.1 реферат;
- 5.2 введение;
- 5.3 список условных обозначений
- 5.4 техническое задание
- 5.5 морфологический анализ системных решений;
- 5.6 формирование принципа действия;
- 5.7 схемотехническое проектирование;
- 5.8 конструкторское проектирование пульта;
- 5.9 программное обеспечение пульта;
- 5.10 разработка программы испытаний;
- 5.11 организационно – экономический блок; эргономика, дизайн пульта;
- 5.12 охрана труда, техника безопасности и охрана окружающей среды;
- 5.13 заключение;
- 5.14 литература.

Приложения:

алгоритм работы программы

протокол испытаний, акт внедрения

чертежи сборочные, деталей, схема структурная пульта, схема электрическая принципиальная пульта,;

6 Порядок уточнения и корректировки ТЗ.

6.1 Отдельные пункты и подпункты задания могут уточняться и корректироваться в ходе выполнения работы.

6.2 Все изменения заносятся в акт корректировки технического задания, который согласуется с заказчиком и утверждается кафедрой;

6.3 Акт корректировки предоставляется комиссии, проводящей предварительные испытания.

План-график

№п/п	Наименование вида работы	Срок	
		Начало	Оконч
1	Изучение методических указаний по выполнению ВКР	27.01.20	16.02.20
2	Выбор темы и обзор аналогов разработки	17.02.20	01.03.20
3	Согласование и утверждение темы на кафедре	02.03.20	15.03.20
4	Разработка и оформление технического задания	16.03.20	29.03.20
5	Выбор способа реализации	30.03.20	05.04.20
6	Разработка системы	06.04.20	24.05.20
7	Тестирование разработанной системы	25.05.20	28.05.20
8	Подготовка доклада и презентации к конференции	29.05.20	31.05.20
9	Оформление пояснительной записки и графических материалов, проведение испытаний, работ по внедрению	29.05.20	31.05.20
10	Обсуждение результатов исследований на научной конференции	01.06.20	07.06.20
11	Сдача работы на кафедру для проверки объема заимствования	08.06.20	09.06.20
12	Представление ВКР и приложений консультантам, руководителю, получение отзыва руководителя	09.06.20	10.06.20
13	Получение рецензии	11.06.20	12.06.20
14	Подготовка презентации к защите, переплет пояснительной записки	12.06.20	14.06.20
15	Защита ВКР	15.06.20	21.06.20

1 Системотехническая часть

В настоящее время данные измерений используются чаще и более разнообразно, чем когда-либо раньше. В процессе проведения приемосдаточных испытаний авиационных фар на АО «СЭГЗ» для контроля параметров используются следующие средства контроля (вольтамперметр М2038, вольтметр Д5055, амперметр ЭА2265, секундомер механический СОПрр-2а-3-000) от качества работы, которых напрямую зависит качество выпускаемой продукции. От качества средств измерений так же зависит безопасность эксплуатации изделий. В связи, с чем проводимый обзор заключается в объективной оценке средств измерений по определенным параметрам: точность, воспроизводимость, сходимость, размах показателей и среднее отклонение.

1.1 Обзор методов измерения напряжения, тока и времени

1.1.1 Цифровые электронные вольтметры

В цифровых электронных вольтметрах (рисунок 2), в отличие от аналоговых, обязательными элементами схемы являются аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и цифровые отсчетные устройства (ЦОУ) (рисунок 1). Измеряемое напряжение в таких приборах вначале преобразуется входным аналоговым преобразователем к виду, удобному для последующего преобразования, с помощью АЦП происходит его дискретизация и кодирование, а затем в ЦОУ осуществляется цифровой отсчет значения измеряемой величины[3].

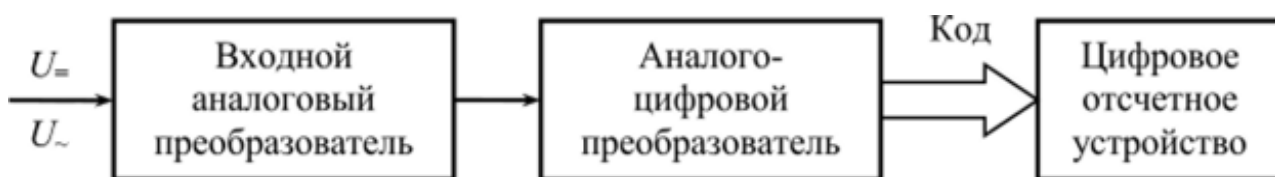


Рисунок 1 – Структурная схема цифрового электронного вольтметра



Рисунок 2 – Внешний вид электронного цифрового вольтметра

Схемное решение цифровых электронных вольтметров определяется видом АЦП. В настоящее время широко распространены универсальные цифровые электронные вольтметры (рисунок 4), измеряющие постоянное напряжение, среднеквадратическое значение переменного напряжения, силу тока и сопротивление. Обобщенная схема такого прибора приведена на рисунке 3. В качестве преобразователя переменного напряжения в постоянное напряжение чаще всего используется преобразователь средневывпрямленного значения [4].

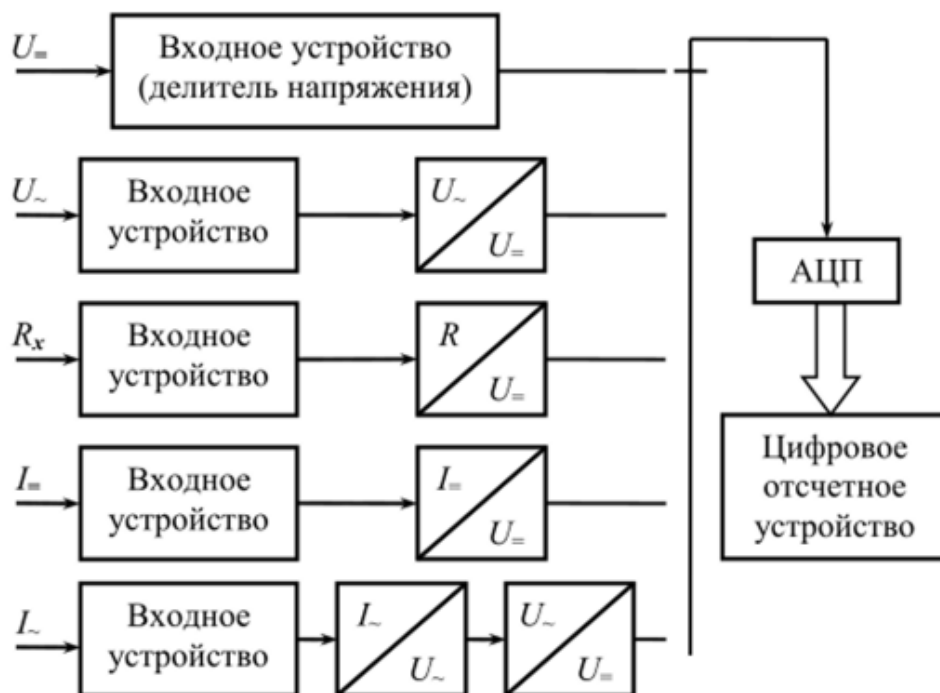


Рисунок 3 – Обобщенная схема универсального цифрового измерительного прибора



Рисунок 4 – Внешний вид универсального электронного цифрового вольтметра

1.1.2. Электродинамические амперметры

Метод работы таких приборов заключается во взаимодействии электрических полей токов, которые проходят по электромагнитным катушкам. Конструкция прибора состоит из подвижной и неподвижной катушки. Универсальная работа на любом виде тока является основным достоинством электродинамических амперметров.



Рисунок 5 – Электродинамические амперметры

Из недостатков стоит выделить большую чувствительность, так как они реагируют даже на незначительные магнитные поля, расположенные в непосредственной близости к ним. Подобные поля способны создавать для электродинамических приборов (рисунок 5) большие помехи, поэтому такие амперметры применяют только в защищенном экранированном месте [5].

1.1.3 Цифровые амперметры

Кроме рассмотренных приборов, существует цифровой вид амперметров (рисунок 6). В настоящее время они все шире используются в различных сферах производства, а также в бытовых условиях. Такая

популярность цифровых приборов связана с удобством пользования, небольшими размерами и точными измерениями. Вес прибора также очень незначительный.

Цифровые модификации используют в различных условиях, он невосприимчив к вибрациям, в отличие от механических аналоговых приборов.



Рисунок 6 – Цифровые амперметры

Цифровые приборы, не боятся незначительных механических ударов, которые возможны от работающего рядом оборудования. Расположение в вертикальной или горизонтальной плоскости прибора не имеет влияния на его работоспособность, так же как изменение температуры и давления. Поэтому такой прибор применяют в условиях внешней среды [6].

1.1.4 Электронный секундомер

Является более совершенным устройством. Точность его измерения в 10 раз выше, чем у механических. Именно такое оборудование применяется в лабораториях, а также на ответственных спортивных состязаниях, где проводится фиксирование рекордов. Подобные приборы обладают памятью. Они могут сохранять множественные нажатия кнопки фиксации, и получаемые в результате показатели будут соответствовать спортсменам,

которые прибыли первыми, вторым, третьим и так далее. Электронные секундомеры не имеют стрелки, а все показатели выводятся на экран. Они работают от обычной батарейки, иногда встречаются модели с аккумулятором, который нужно заряжать, так же как и мобильные телефоны. Внешний вид такого секундомера приведен на рисунке 7 [7].



Рисунок 7 – Общий вид электронного секундомера

Выводы

В данном разделе были рассмотрены средства измерения, которые возможно применить при разработке пульта управления стендом для проверки авиационных фар. Представленные средства измерения не отвечают требованиям ТЗ по следующим критериям: нет единого устройства управления, которое управляла процессом измерения и обработкой полученных результатов, результаты измерений отображаются на нескольких симисигментных индикаторах, большое количество ненужных режимов измерений, относится к универсальным средствам измерений.

1.2 Разработка структурной схемы

В результате обзора научно-технической литературы и анализа существующих системотехнических решений устройств измерения напряжения тока и времени, было принято решение построить на основе цифровых приборов и объединить измерения напряжения, тока и времени в одном пульте, которыми будет управлять устройство управления (УУ) на основе АЦП, а данные об измерениях будут отображены на дисплее.

Выбор режима работы будет осуществляться вручную путем выбора необходимого режима работы, для этого нам необходимо будет применить блок «клавиатура». При проведении приемо-сдаточных испытаний производят измерения выпуска, и уборки авиационной фары для измерения времени требуется ввести схему измерения времени, которая будет подключена непосредственно к УУ. Так же при проведении приемо-сдаточных испытаний необходимо измерить напряжение, поступающее на авиационную фару для его измерения необходимо ввести схему измерения напряжения, согласно проведения приемо-сдаточных испытаний требуется произвести измерение тока потребления авиационной фары для этого, вводим схему измерения тока. Схемы измерения напряжения и тока необходимо будет подключить непосредственно к входу УУ.

Одним из видов проверки так же является подключение груза для проверки выпуска уборки авиационной фары под нагрузкой и без нагрузки для проведения данной проверки вводим схему управления нагрузкой. Для отображения информации о выбранном режиме измерения, режиме работы необходимо применить схему «Дисплей», которая будет подключена непосредственно к УУ. Для выполнения сложных математических операций и заданного алгоритма работы лучше всего подойдет УУ, которое будет производить сложные вычисления математических значений, а так же будет применено для управления режимами подключения груза, типа авиационной

фары и вывода информации на дисплей. Питание УУ осуществляется током постоянного напряжения на уровне 5 В. Для стабилизации напряжение на уровне 5 В, применим схему питания

Таким образом, структурная схема ЭМА-5050 представлена на рисунке 8.

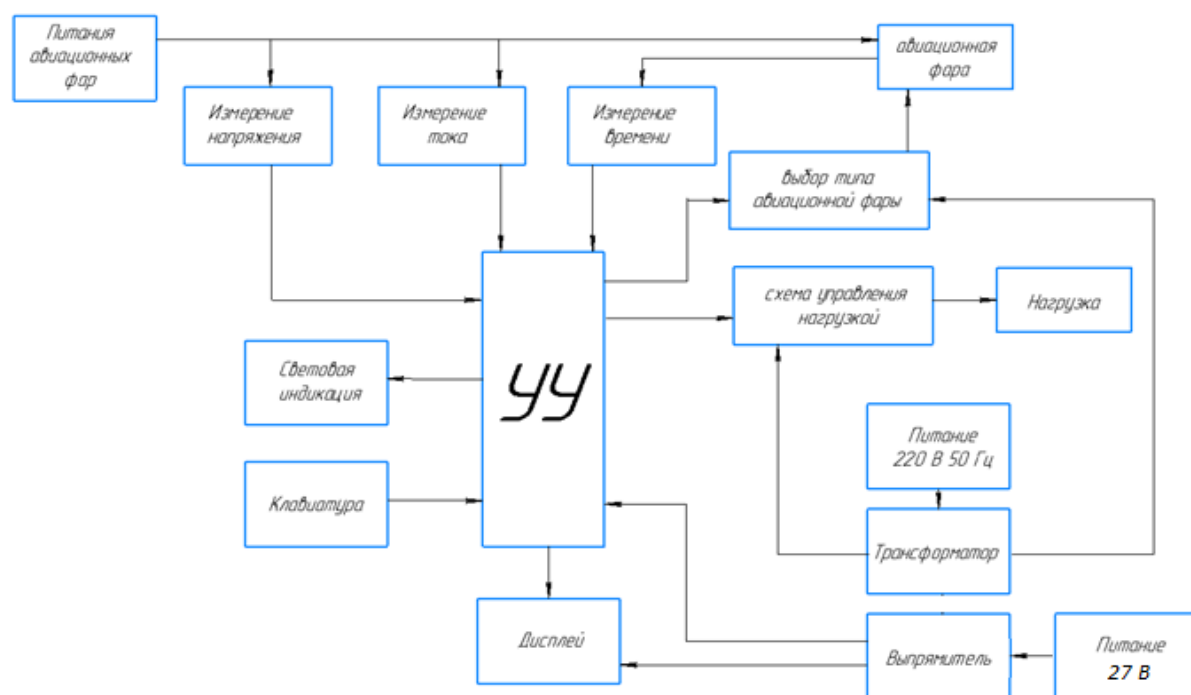


Рисунок 8 – Структурная схема ЭМА-5050

2 Схемотехническая часть

2.1 Разработка УУ

Для выполнения сложных математических операций и управления нагрузкой и выбором типа фары лучше всего подойдет МК, который будет производить сложные вычисления математических значений, управления нагрузкой и выбором типа фары, а так же будет применен для отображения результатов измерений и на экране.

Выбор МК является одним из самых главных решений, от которых зависит будущий успех в разработке ЭМА-5050. При выборе МК необходимо проверить и оценить много факторов. Основная задача при выборе МК выбрать не дорогой МК (чтобы снизить общую стоимость устройства управления), но в то же время МК который был бы достаточным для выполнения поставленных задач, т.е. соответствовал требованиям по надежности, производительности.

На сегодняшний день существует довольно много фирм производящих МК: Atmel, Texas Inst., Philips, Nordic Semiconductor. Наиболее распространены МК AVR компании Atmel и PIC МК компании Microchip. МК AVR имеют следующие параметры:

- гарвардская RISC-архитектура, большинство операций выполняются за 1 тактовый цикл генератора, при этом достигается скорость 10 - 16 MIPS;
- наличие электрически перепрограммируемой памяти Flash-ROM;
- система команд изначально спроектированная с учетом языка программирования C, и, как результат, наиболее эффективный код в результате компиляции;
- наличие 32 регистров, все из которых напрямую работают с АЛУ, что значительно уменьшает размер программ;
- наличие нескольких режимов энергопотребления;
- наличие простых и дешёвых программных средств;
- наличие электрически перепрограммируемой постоянной памяти данных EEPROM, с количеством циклов перезаписи более 100000 раз.

Базовая архитектура МК AVR подразделяется на три группы.

Classic AVR – основная линия МК с производительностью отдельных модификаций до 16MIPS:

- FLASH – память программ от 2 до 8 Кб;
- память EEPROM от 64 до 512 байт;
- оперативная память программ SRAM от 128 до 512 байт. Mega AVR –

МК с производительностью от 4 до 16MIPS:

- FLASH – память программ до 128 Кбайт;
- память EEPROM от 64 до 512 байт;
- оперативная память программ SRAM от 2 до 8 Кбайт;
- встроенный 10-ти разрядный 8–ми канальный АЦП.

Tiny AVR – недорогие, миниатюрные МК, в основном в восьми выводном исполнении. Особенностью МК AVR является также то, что система команд, всего семейства совместима при переносе программы от слабого, к более мощному МК. При проектировании системы управления был выбран МК семейства Mega: Atmega16. Данный МК обладает следующими параметрами:

- 16 Кбайт программной памяти;
- 512 Байт EEPROM;
- 1 Кбайт ОЗУ;
- USART;
- SPI и JTEG интерфейсы;
- два 8 битных таймер/счётчика;
- 16 битный таймер/счётчика;
- возможность перепрошивать 10000 раз;
- четыре порта ввода/вывода;
- встроенный 10 разрядный АЦП;
- возможность подключения одновременно нескольких внешних

устройств.

Согласно проведенному анализу выделим четыре популярных МК: AVR Atmega2560, STM8S103F3P6, AVR Atmega32, и STM32F103C8T6. Сравнение интересующих нас характеристик приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика МК

Наименование	Atmega2560	STM8S103F3P6	Atmega32	STM32F103C8T6
Разрядность, бит	8	8	8	32
Максимальная тактовая частота, МГц	16	16	16	72
Тип корпуса	TQFP100	TSSOP20	TQFP32, PDIP28	LQFP48
Количество портов ввода-вывода	86	16	32	32
Flash, байт	256K	8K	32K	32K
EEPROM, байт	4K	640	1K	-
RAM, байт	8K	1K	2K	10K
Последовательные интерфейсы	SPI, I2C, UART	SPI, I2C, UART	SPI, I2C, UART	SPI, 2xI2C, USB, USART
Цена, руб	480,00	310,00	240,00	340,00

Представленные МК обладают широкими возможностями. Для выбора контроллера для устройства управления было необходимо отталкиваться от соображений удобства проектирования и простоты макетирования. МК должен быть достаточен для наших задач. STM8S103F3P6 [8] обладает малым количеством портов ввода-вывода, что делает невозможным подключения дисплея, клавиатуры и датчика, не используя дополнительных модулей в схеме. Atmega2560 [9] и STM32F103C8T6 [10] – серьезные МК, которые могут быть с успехом внедрены в схему, но тогда их производительность и большинство встроенной периферии не будет задействовано. МК Atmega32 [11] является лучшим по следующим показателям: низкая цена, необходимым количеством портов для подключения необходимых устройств.

2.2 Разработка схемы питания

Напряжение питания пульта составляет 27 В, данное напряжения нельзя подать на входа УУ т.к. напряжения питания УУ составляет 5 В.

В связи с этим разработаем схему импульсного стабилизатора напряжения, который построен на микросхеме LM2575 [12]. Схема её включения представлена на рисунке 9. Принципиальная схема преобразователя разработана с учетом рекомендаций, приведенных в документации на микросхему.

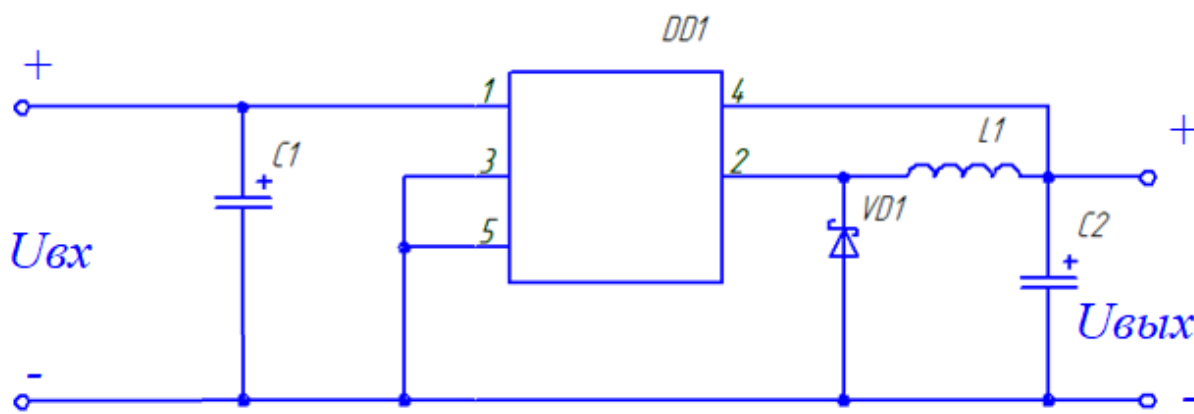


Рисунок 9 – Схема импульсного стабилизатора на микросхеме LM2575

Особенности данного импульсного стабилизатора:

Диапазон входного напряжения 7-40 В.

Выходное напряжение фиксированное 5 В

Диапазон рабочих температур от минус 40 до 125°C.

2.3 Разработка схемы ввода и вывода данных

УУ должно быть обеспечено устройствами ввода и вывода данных. Такие устройства призваны для взаимодействия с обработчиком данных, в нашем случае МК. В данной работе в качестве устройства вывода используется дисплей, а в качестве устройства ввода клавиатура.

Существует большое количество разновидностей текстовых, или как их ещё называют знаковосинтезирующих, жидкокристаллических экранов. Наиболее распространены дисплеи на базе чипов HD44780 от Hitachi, KS0066 от Samsung или совместимых с ними [13]. Наиболее распространены дисплеи на базе чипов HD44780 от Hitachi, KS0066 от Samsung, где требуется

вывод информации. Для вывода предполагаемой информации достаточно дисплея 16 символов 4 строки (рисунок 10).

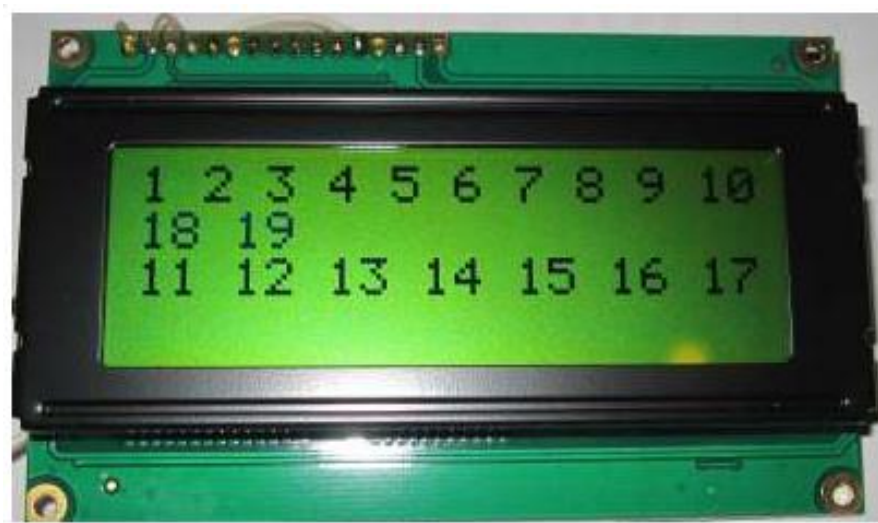


Рисунок 10 – Текстовый LCD-дисплей 16x4

Рассмотрим подробно алгоритм управления таким дисплеем и схему его подключения к МК (рисунок 11). Дисплей, который мы используем WH1602В-УУК-СТК, в нем установлен контроллер управления КБ1013ВГ6. Он напрямую подключается к портам МК. Существует два варианта подключения: 8-ми битный и 4-х битный, работа в 8-ми битном режиме требует большего количества портов, хотя является более простой в плане отправки байтов. Мы будем использовать 4-х битный режим для экономии портов.

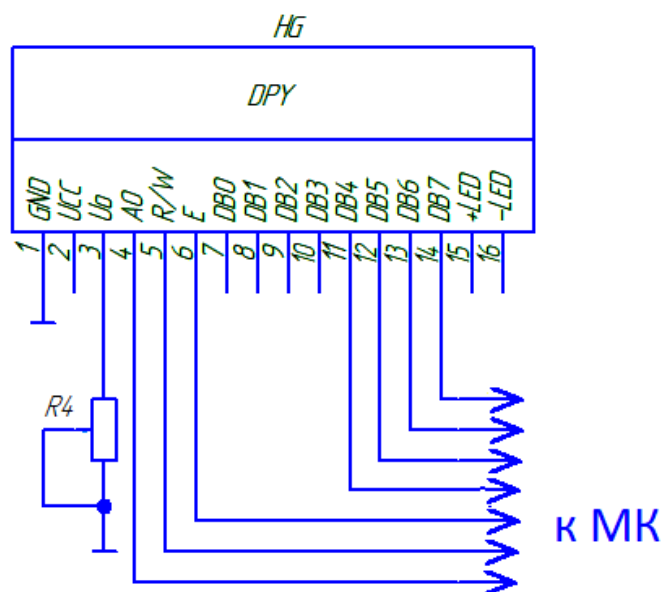


Рисунок 11 – Схема подключения LCD-дисплея к МК

- GND – общий провод.
- UCC – +5 В.
- U0 – настройка контрастности.
- +LED, -LED – анод и катод подсветки дисплея.
- Выводы DB7...DB0 – это шина данных/адреса.
- A0 Адресный сигнал — выбор между передачей данных и команд управления
- RW – Выбор режима записи или чтения, 1 – чтение из дисплея, 0 – запись в дисплей.
- E - Разрешение обращений к индикатору

Данные будут записаны в память по текущему адресу, а команда исполнена контроллером. Контрастность индикатора зависит от напряжения питания ЖК-панели и температуры. Управление контрастностью производится внешним резистором R1. При поставке модуля контрастность настроена на $VDD=5V$, поэтому при напряжении питания модуля 5 В,

контакт V0 необходимо объединить с контактом GND. При температурах ниже 0°C необходима регулировка контрастности.

2.4 Разработка схемы «Клавиатура».

Для обеспечения простого и интуитивно понятного управления, необходимо применять клавиатуру. Подачу необходимых команд МК проще всего организовать посредством тактовых кнопок, подключённых к портам МК (рисунок 12). Этот способ хорошо подходит для использования небольшого количества кнопок,



Рисунок 12 – Тактовая кнопка

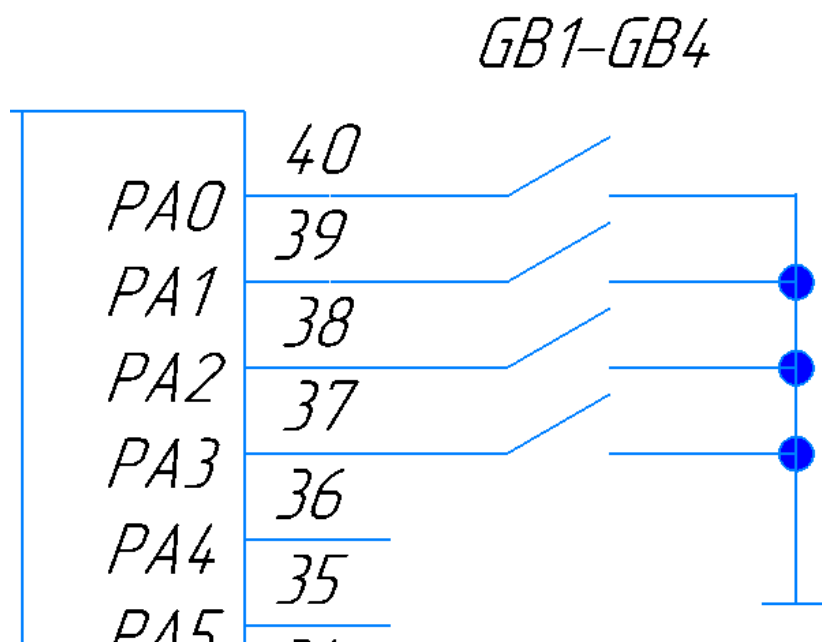


Рисунок 13 – Схема подключения тактовых кнопок к МК

2.5 Разработка схемы управления нагрузкой и переключением типа фары

В качестве коммутирующего устройства используется реле, включенное по схеме, приведенной на рисунке 14.

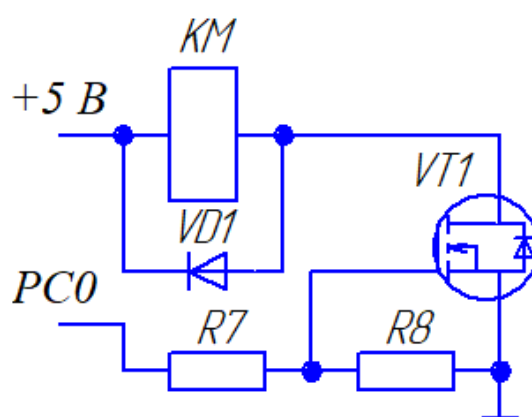


Рисунок 14 – Схема управления нагрузкой

Используется реле SRD-05VDS, работающее от 5 В. Такое реле способно выдержать ток 10 А. Для управления реле с помощью МК используется полевой транзистор с изолированным затвором. Диод, включенный параллельно обмотке реле, защищает от выбросов ЭДС самоиндукции.

2.6 Схема измерения напряжения

Преобразование напряжения для считывания МК занимают резисторные делители R3, R4, R5, R6. Подстроечные резисторы R1, R2 нужны для точной подстройки вольтметра (рисунок 15).

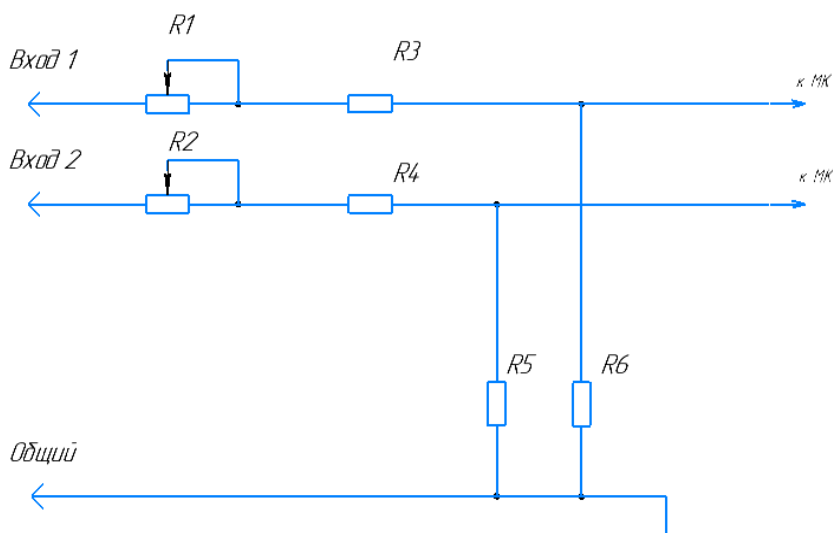


Рисунок 15 – Схема измерения напряжения

2.7 Схема измерения тока

Измерение тока будем производить с помощью токового шунта R1, который включается в разрыв нагрузки. Падение напряжения на нем вычисляется при помощи закона Ома. Чем меньше сопротивление шунта тем лучше, т.к. меньше энергии рассеивается на нем. Схема измерения тока представлена на рисунке 16.

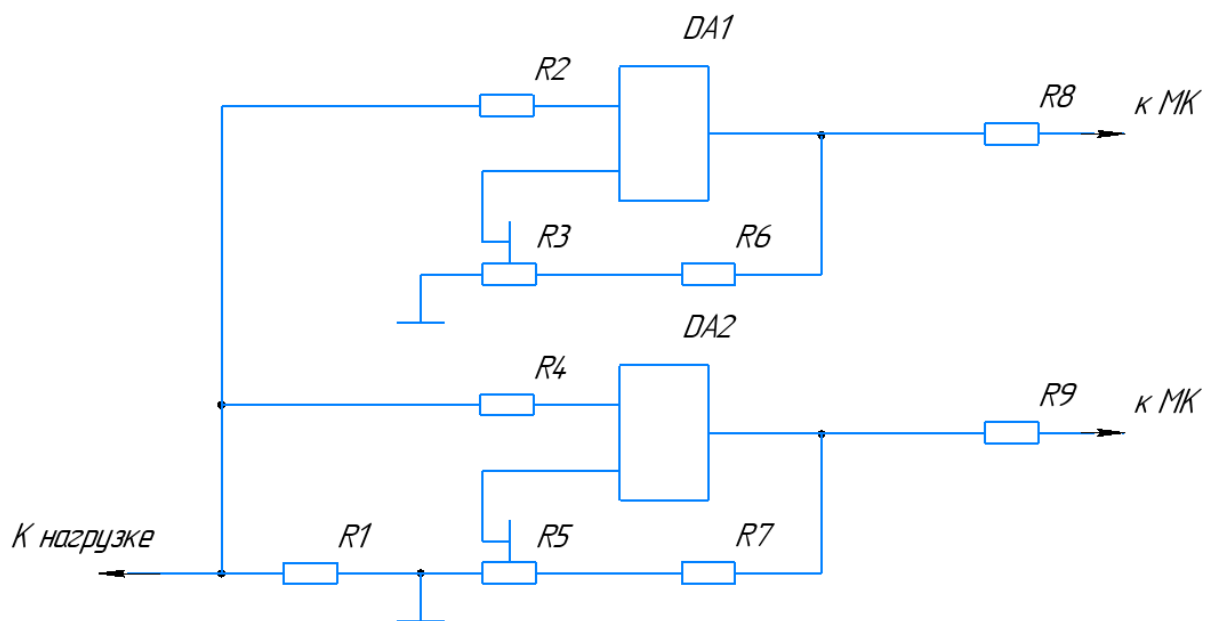


Рисунок 16 – Схема измерения тока

2.8 Схема измерения времени

Частота задаётся встроенным (внутренним) генератором МК. Управление – две тактовые кнопки TS-A6PS-130: Старт, Стоп и Сброс. Схема измерения времени показана на рисунке 17.

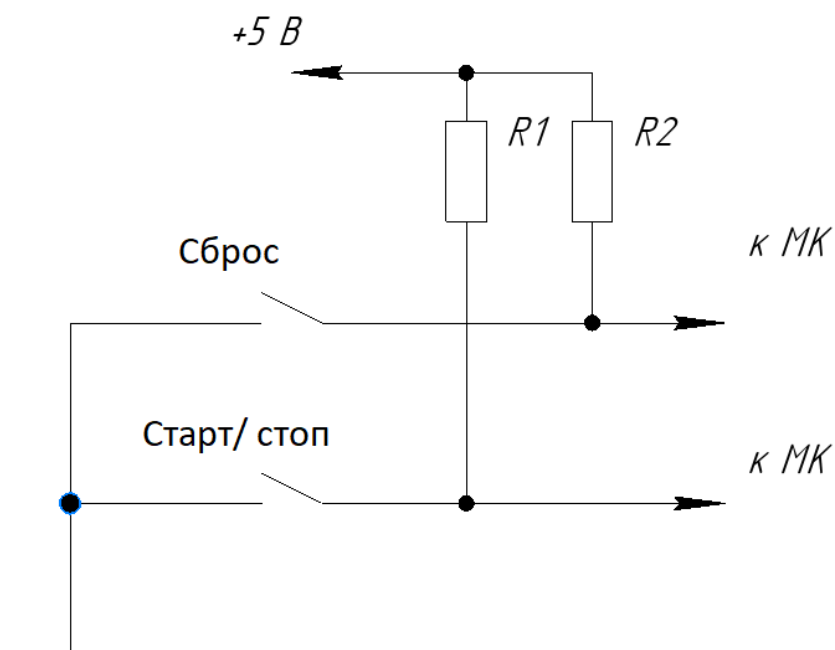


Рисунок 17 – Схема измерения времени

3 Конструкторская часть

3.1 Выбор диэлектрического материала и проводника [14]

Печатная плата (ПП) будет работать в условиях не подверженных воздействию агрессивных сред и чрезмерным механическим воздействиям, в диапазоне температур от +15 до +40 °С. В настоящее время на рынке материалов для изготовления ПП огромное множество, но мы остановимся на наиболее популярных материалах, сравнительная характеристика которых приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнительная характеристика материала для изготовления ПП

Свойство материала	Стеклотекстолит	Гетинакс
Механической прочностью	высокая	низкая
Нагревостойкость, °С	180	120
Удельным объемным сопротивлением, Ом/см	$5 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^9$
Тангенс угла диэлектрических потерь	0,03	0,07
Прочность сцепления фольги с основанием Н/см ²	10	19

Из таблицы 2 видно, что гетинакс уступает стеклотекстолиту по электрическим и физико-механическим свойствам.

Исходя из вышеперечисленного, выбираем материала для печатной платы - стеклотекстолит. Стеклотекстолит обладает стабильной диэлектрическую проницаемость на всей площади листа, хорошо металлизирован пресованием и электрохимическим осаждением металла, изготавливаются с разными значениями диэлектрической проницаемости. Стоимость стеклотекстолит невысокая.

Монтаж ЭРИ будет выполняться на печатной плате из фольгированного стеклотекстолита СФ-2-35Г.

Для соединения ЭРИ с платой печатной необходимо выбрать материал имеющий температуру плавления ниже, чем соединяемые ЭРИ и плата печатная. Такой материал выбираем припой ПОС-61 ГОСТ 21931-76. Данный припой имеет низкую температуру плавления по сравнению с другими припоями (185°C), малое время кристаллизации, данный припой можно так же применить автоматизированных линиях пайки, что увеличивает качество пайки и ее скорость.

3.2 Описание конструкции ПП [15]

Устройство собрано на ПП, которая выполнена из стеклотекстолита СФ-2-35Г-1,5 ГОСТ 10316-78 с толщиной фольги 35 мкм.

Группа жесткости печатной платы соответствует первому, т.е. допускается её использование в интервале температур от минус 25 до + 55 °С, предельное значение относительной влажности при температуре до 30 °С соответствует 75 %. Также для него характерными признаками являются: использование интегральных печатной плате соответствует четвертый класс точности, так как микросхем с планарными и штыревыми выводами и поверхностно монтируемыми компонентами при средней и высокой насыщенности поверхности печатной платы элементами. Четвертый класс точности характеризуется минимальным значением номинальной ширины проводника – 0,15 мм, номинальным расстоянием между проводниками – 0,15 мм.

Печатная плата будет изготовлена комбинированным позитивным методом, т.е. травление рисунка будет, происходит после металлизации отверстий, а для соединения металлизированных отверстий с катодом будет применяться еще не вытравленная фольга, которая изначально присутствовала на поверхности стеклотекстолита. Такой способ позволяет добиваться высокой точности травления поверхностного слоя ПП. Однако

такой способ имеет также и недостатки: при отделении лаковой рубашки возможно частичное разрушение проводящего подслоя в отверстиях.

Варианты установки электро-радио изделий на плате стандартные. Установку элементов производить по ГОСТ 29137-91[16].

3.3 Расчет площади печатной платы [17]

Установочная (приблизительная) площадь платы приведена в таблице

3.

Таблица 3 – Площадь платы (приблизительная)

Тип элемента	Диаметр элемента	Длина	Ширина	$S_{\text{э.}},$ мм^2	Кол-во элементов, п, шт.	$S_{\text{э.}} \cdot n,$ мм^2
Конденсатор K10-176	-	5,6	3,0	16,8	4	67,20
Конденсатор K52-11	7,5	22	-	165,0	2	330,00
Микросхема LM2575S-5.0/NOPB	-	15,5	10,1	156,55	1	156,55
Микросхема Atmega32	-	37,90	15,24	577,59	1	577,59
Микросхема LM358N	-	10,16	7,11	72,23	1	72,23
Катушка индуктивности B82477G4334M	-	13	13	163,84	1	163,84
Резистор СП5-16ВБ-0,25 Вт	-	12,6	20	95,03	5	475,15
C2-33H-0,25 Вт	-	7	3	45	18	810,00
Кнопка тактовая 2pin	-	6,00	6,00	36	6	216,00
Стабилитрон KC510A1	2,7	4,5	-	12,15	1	12,15
Диод Шоттки 1N5819	2,7	5,2	-	14,04	1	14,04
Диод КД243Б	3	4,8	-	14,4	2	28,80
Транзистор IRF9530n	-	10,54	15,24	160,62	1	160,62
Транзистор IRLR024N	-	6,73	7,49	50,40	2	100,80
DC3-10P	-	8,61	25	215,25	1	215,25
Кварцевый резонатор РК169	-	10,5	4,7	49,35	1	49,35
Итого:						3449,57

Проведем расчёт площади всех ЭРИ, расчетная площадь платы печатной, $S, \text{мм}^2$, определим по формуле:

$$S = \sum S_{\text{общ}} \cdot Q, \quad (1)$$

где Q – коэффициент заполнения платы печатной, $Q = 2,8$.

$$S = 3744,07 \cdot 2,8 = 9658,79 \text{ мм}^2$$

Согласно, проведенного расчета площади выбираем плату печатную размерами $87,5 \times 72,5$ мм.

3.4 Расчет надежности [18]

При ориентировочных оценках надежности для каждого типа элементов определяется интенсивность отказов в номинальном режиме λ_j . Особенности эксплуатации ИМС учитываются с помощью поправочных коэффициентов k_λ следующим образом:

$$\lambda_j = \lambda_{j_n} \cdot k_\lambda, \quad (2)$$

где поправочный коэффициент $k_\lambda = k_{\lambda 1} k_{\lambda 2} k_{\lambda 3}$ всегда больше единицы. Физически он характеризует тот факт, что при эксплуатации изделия в реальных условиях (определяемых его назначением) отказов в ней может быть в десятки и сотни раз больше, чем при ее работе в лабораторных условиях. $k_{\lambda 1}$ учитывает суммарное воздействие вибраций ударных нагрузок, $k_{\lambda 2}$ учитывает воздействия температуры влажности, $k_{\lambda 3}$ учитывает влияние атмосферного давления.

Чтобы оценить основные показатели изделия с учетом режимов работы его элементов, для каждого типа элемента и соответствующего ему режима выпишем значения коэффициентов α_j [18]. Вычислим произведение $\lambda_j \alpha_j n_i$, где n_i – количество элементов определенного типа.

Интенсивность отказов системы λ_c определим по формуле:

$$\lambda_c = \sum_{j=1}^{n_i} \lambda_j \cdot \alpha_j \cdot n_i, \quad (3)$$

Среднее время безотказной работы изделия t_{cp} определяется из следующего отношения:

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

Необходимыми данными для расчета являются:

$k_{\lambda 1} = 1,07$ в стационарных условиях эксплуатации,

$k_{\lambda 2} = 1,0$ при влажности 60 - 70% и температуре эксплуатации 20 - 40 °С,

$k_{\lambda 3} = 1,0$ при учете атмосферного давления для наземной РЭА,

коэффициент нагрузки k_n для полупроводниковых элементов равен 0,7, а для всех остальных – 0,5.

Тогда $k_\lambda = 1,07$.

Для удобства расчета и наглядности все вычисления были сведены в таблицу (таблицу 4)

Таблица 4 – Время безотказной работы

Наименование, тип элементов	n_i	$\lambda j_n \cdot 10^{-6},$ $ч^{-1}$	$\lambda j \cdot 10^{-6},$ $ч^{-1}$	αj	$\lambda j \cdot \alpha j \cdot n_i \cdot 10^{-6},$ $ч^{-1}$
Конденсатор К10-176	4	0,033	0,0353	0,06	0,00847
Конденсатор К52-11	2	0,094	0,1005	0,3	0,06030
Микросхема LM2575S-5.0	1	0,02	0,0214	0,75	0,01605
МКAtmega32	1	0,01	0,0107	0,89	0,00952
Реле РМАВ-0,2	2	0,5	0,5350	0,68	0,7276
Катушка индуктивности В82477G4334М	1	0,02	0,0214	0,65	0,01391
Резистор С2-33Н-0,25	18	0,071	0,0760	0,2	0,27360
Резистор СП5-16ВБ-0,5	5	0,013	0,0139	0,3	0,02085
Диод КД243Б	2	0,35	0,3745	1,04	0,77896
Диод Шоттки 1N5819	1	0,35	0,3745	1,04	0,38948
Транзистор IRL024N	2	0,7	0,749	0,59	0,88382
Транзистор IRF9530n	1	0,7	0,7490	0,59	0,44191
Кварцевый резонатор РК169	1	0,23	0,2461	0,89	0,21903
ЖКИ	1	0,035	0,0374	0,5	0,01870
Разъем IDC-10MS	1	0,4	0,428	0,54	0,46224
Кнопка тактовая	6	0,37	0,3959	0,54	1,28271
Вилка СНЦ	2	0,24	0,2568	1	0,51360
Розетка СНЦ	2	0,24	0,2568	1	0,51360
Пайка	167	0,01	0,0107	1	1,78690
Плата печатная	1	0,07	0,0749	–	0,07490
ИТОГО					8,49615

Интенсивность отказов устройства $\lambda_c = 8,49615 \cdot 10^{-6} \text{ ч}^{-1}$, а среднее время безотказной работы $t_{cp} = 117700,37$ часов (13,43 лет).

Рассчитанные значения указывают на высокую надежность устройства.

3.5 Расчёт датчика тока амперметра

В качестве датчика тока, резисторы R24, R25 используется отечественный заводской шунт.

Шунтом называется сопротивление, которое присоединяется параллельно зажимам амперметра (параллельно внутреннему сопротивлению прибора), чтобы увеличить диапазон измерений. Измеряемый ток I разделяется между [измерительным шунтом](#) ($r_{ш}$, $I_{ш}$) и амперметром (r_a , I_a) обратно пропорционально их сопротивлениям.

Сопротивление шунта определяется по формуле 5

$$r_{ш} = \frac{r_a \cdot I_a}{I - I_a}, \quad (5)$$

$$r_{ш} = \frac{0,00075 \cdot 25}{30 - 25} = 0,00375 \text{ Ом}$$

В качестве датчика тока, резистор R24, R25 будем использовать отечественный заводской шунт на 25А – 75ШСУ3-25-0,5. При токе, протекающем через шунт в 25А, на нем упадет напряжение величиной 0,075 В (по паспорту на шунт). Значит, для того, чтобы на входе контроллера было два вольта, коэффициент усиления усилителя должен быть примерно $2\text{В}/0,075 = 26$

3.6 Расчет массы платы [17]

Плотность платы печатной .

Объем платы печатной:

$$V_{nn} = A \cdot B \cdot \square - n \cdot (\pi \cdot r^2 \cdot \square) \quad (6)$$

$$V_{nn} = 0,13 \cdot 0,105 \cdot 0,0015 - 4 \cdot (3,14 \cdot 0,003^2 \cdot 0,0015) = 2,03 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Масса платы печатной:

$$M_{nn} = V_{nn} \cdot \rho_{cm} = 9,34 \cdot 10^{-5} \cdot 1850 = 0,017 \text{ кг} \quad (7)$$

Масса ЭРИ установленных на плате печатной:

$$M_{эл} = M_{Конд} + M_{Диод} + M_{Микр} + M_{Рез} + M_{Транз} + M_{разъем} + M_{Кварц} + M_{кат.инд.} + M_{кнопка} \quad (8)$$

$$M_{эл} = 0,02704 + 0,00813 + 0,00492 + 0,01946 + 0,00416 + 0,0116 + 0,0142 + 0,0062 = 0,09571 \text{ кг}$$

Плотность припоя: $\rho_{прип} = 11,4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$

Средний радиус отверстий: $R_{cp} = 0,45 \text{ мм}$

Объем припоя необходимого на одно отверстие:

$$V_{np} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_{cp}^3 = \left(\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 0,45^3 \right) \cdot 10^{-3} = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ см}^3 \quad (9)$$

Масса припоя на одно отверстие:

$$M_{поо} = V_{np} \cdot \rho_{прип} = 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot 11,4 = 6,8 \cdot 10^{-5} \text{ кг} \quad (10)$$

Число отверстий: $n=177$

Масса припоя на все отверстия:

$$M_{\text{прип}} = M_{\text{пос}} \cdot n = 3,05 \cdot 10^{-6} \cdot 177 = 0,00081 \text{ кг} \quad (11)$$

Масса лака: $M_{\text{лак}} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$

Полная масса платы:

$$M_{\text{пл}} = M_{\text{пп}} + M_{\text{эл}} + M_{\text{прип}} + M_{\text{лак}} \quad (12)$$

$$M_{\text{пл}} = 0,017 + 0,05563 + 0,01149 + 6 \cdot 10^{-5} = 0,08472 \text{ кг}$$

3.7 Рассчитаем сопротивление проводника

Определение сопротивления печатных проводников. Сопротивление проводника из однородного металла:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{b \cdot h}, \quad (13)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление проводника,

l – длина проводника, мм,

b – ширина проводника, мм,

h – толщина проводника, мкм.

Таким образом, сопротивление проводника питания определится по формуле:

$$R = \frac{0,0175 \cdot 0,02875}{4 \cdot 0,035} \approx 0,036 \text{ Ом}$$

3.8 Расчет допустимого тока в проводнике

$$I_{max} = 10^{-3} \cdot \gamma_{доп} \cdot b \cdot l$$

где $\gamma_{доп}$ доп – допустимая плотность тока,

$\gamma_{доп} = 30 \text{ А/мм}^2$ для проводников, полученных методом химического травления.

$$I_{max} = 10^{-3} \cdot 30 \cdot 0,8 \cdot 28,75 = 3,45 \text{ мА}$$

3.9 Расчет паразитной емкости и индуктивности [17]

Определим величину паразитной емкости $C_{пар}$ между двумя проводниками:

$$C_{пар} = \frac{0,12}{\ln \frac{2s}{h+t}} \cdot \varepsilon \cdot l, \quad (15)$$

где l – длина взаимного перекрытия проводников, мм;

h – толщина печатного проводника, мм;

t – ширина печатного проводника, мм;

s – ширина зазора между краями печатных проводников, мм;

ε – диэлектрическая проницаемость материала между двумя проводниками.

Собственная индуктивность печатного проводника:

$$L = 0,0002 \cdot l_n \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l_n}{t_n + b} + 0,2235 \frac{t_n + b}{l_n} + 0,5 \right) \quad (16)$$

$$L = 0,0002 \cdot 28,75 \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 28,75}{35 \cdot 10^{-3} + 0,3} + 0,2235 \frac{35 \cdot 10^{-3} + 0,3}{28,75} + 0,5 \right) = 0,024 (\text{мкГн})$$

Индуктивность двух параллельных печатных проводников:

$$\begin{aligned}
 L_{nap} &= 2l_n \left(2,3 \lg \frac{l_n}{h+t_n} + 0,2235 \frac{h+t_n}{l_n} + 0,5 \right) 10^{-2} = \\
 &= 2 \cdot 28,75 \cdot \left(2,3 \cdot \lg \frac{28,75}{1+0,035} + 0,2235 \frac{1+0,035}{28,75} + 0,5 \right) \cdot 0,01 = 1,07 \text{ мГн}
 \end{aligned}
 \tag{17}$$

Наводимые помехи не будут оказывать существенного влияния на полезный сигнал. Следовательно, размещение элементов и трассировка платы обеспечивают правильное функционирование устройства.

3.10 Расчет параметров электрических соединений [17]

ЭРИ размещены на ПП из фольгированного стеклотекстолита СФ-2-35Г.

Исходя из технологических возможностей производства, выбирается комбинированный позитивный метод изготовления и 4 класс точности ПП (ГОСТ Р 53429-2009), предусматривающие следующие параметры: минимальное значение номинальной ширины проводника – 0,15 мм, номинальное расстояние между проводниками – 0,15 мм [18].

Определяется минимальная ширина печатного проводника по постоянному току для цепей питания и заземления:

$$b_{\min 1} = \frac{I_{\max}}{j_{\text{доп}} \cdot t}, \tag{17}$$

где $I_{\max}$ – максимальный постоянный ток в проводниках,

$j_{\text{доп}}$ – допустимая плотность тока, выбирается в зависимости от метода изготовления ($j_{\text{доп}} = 30 \text{ А/мм}^2$),

t – толщина проводника ($t = 0,035 \text{ мм}$).

$$b_{min1} = \frac{0,8}{30 \cdot 0,035} = 0,76 \text{ мм}$$

Определим минимальную ширину проводника, исходя из допустимого падения напряжения на нём:

$$b_{min2} = \frac{\rho \cdot I_{max} \cdot l}{t \cdot U_{don}}, \quad (18)$$

где, $\rho = 0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$;

l – длина проводника, м;

U_{don} – допустимое падение напряжения, не превышающее 5% от питающего напряжения для микросхем.

Для цепи микросхемы:

$$b_{min2} = \frac{0,0175 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot 0,05}{0,05 \cdot 0,05 \cdot 9} = 0,00002 \text{ мм}$$

Полученные минимально допустимые значения параметров печатных проводников удовлетворяют требованиям для выбранного метода изготовления и класса точности ПП.

Определение номинальных значений диаметров монтажных отверстий d_i :

$$d = d_{\varnothing} + |\Delta d_{HO}| + r, \quad (19)$$

где $d_{\varnothing}$ – максимальный диаметр вывода устанавливаемого ЭРИ;

Δd_{HO} – нижнее предельное отклонение от номинального диаметра монтажного отверстия, мм;

r – разница между минимальным диаметром отверстия и максимальным диаметром вывода ЭРИ.

Диаметры монтажных отверстий:

$$d_1 = 0,4 + 0,1 + 0,1 = 0,6 \text{ мм}$$

$$d_1 = 0,6 + 0,1 + 0,1 = 0,8 \text{ мм}$$

$$d_1 = 0,8 + 0,1 + 0,1 = 1,0 \text{ мм}$$

Определим номинальные диаметры контактных площадок:

$$D_i = (d_i + \Delta d_{\theta}) + 2 \cdot b + \Delta t_{\theta} + 2 \cdot \Delta d_m + \sqrt{(T_d^2 + T_D^2 + \Delta T_H^2)}, \quad (20)$$

где b – величина гарантийного пояса, мм;

Δt_{θ} – верхнее предельное отклонение диаметра контактной площадки, мм;

Δd_m – значение протравливания диэлектрика в отверстии ($\Delta d_m = 0 \text{ мм}$);

T_d – значение позиционного допуска расположения осей отверстий в диаметральной выражении ($T_d = 0,08 \text{ мм}$);

T_D – значение позиционного допуска расположения контактных площадок в диаметральной выражении ($T_D = 0,15 \text{ мм}$);

ΔT_H – предельное отклонение диаметра контактной площадки ($\Delta T_H = 0,05 \text{ мм}$).

Номинальные диаметры контактных площадок:

$$D_1 = (0,4 + 0,05) + 2 \cdot 0,1 + 0,05 + \sqrt{0,08^2 + 0,15^2 + 0,05^2} = 0,87 \text{ мм}$$

$$D_2 = (0,6 + 0,05) + 2 \cdot 0,1 + 0,05 + \sqrt{0,08^2 + 0,15^2 + 0,05^2} = 1,07 \text{ мм}$$

$$D_3 = (0,8 + 0,05) + 2 \cdot 0,1 + 0,05 + \sqrt{0,08^2 + 0,15^2 + 0,05^2} = 1,27 \text{ мм}$$

Определение минимальной ширины проводников:

$$b_{\min} = b_{\min 0} + \Delta t_n, \quad (21)$$

где $b_{1\min}$ – эффективная минимальная ширина проводника, для плат 4-го класса точности $b_{\min 0} = 0,143 \text{ мм}$.

$$b_{\min} = 0,143 + 0,05 = 0,193 \text{ мм}$$

Определим минимальное расстояние между центрами двух контактных площадок для возможности прокладки n проводников по 4-му классу точности:

$$l_{\min} = \frac{D_1 + D_2}{2} + t \cdot n + S \cdot (n + 1) + \Delta T_i, \quad (22)$$

где D_1, D_2 – диаметры контактных площадок,

t – ширина печатных проводников,

n – число проводников,

S – расстояние между печатными проводниками,

ΔT_i – технологический допуск, $\Delta T_i = 0,05 \text{ мм}$.

При $n = 1$, для случая $D_1 = D_2 = 1,27 \text{ мм}$.

$$l_{\min} = \frac{1,27 + 1,27}{2} + 1 \cdot 1 + 0,15 \cdot (1 + 1) + 0,05 = 2,62 \text{ мм}$$

При $n = 2$, $l_{\min} = 3,62 \text{ мм}$.

4 Программа испытаний

Объект испытания: ЭМА-5050

Цель испытания: проверка заданных требований на соответствие техническому заданию.

Испытания должны проводиться в нормальных климатических условиях: температура окружающего воздуха от 15 до 35°C; относительная влажность от 45 до 85 %; атмосферное давление от 650 до 800 мм рт. ст.

4.1 Порядок проверки

Схема подключения прибора для измерения напряжения и тока представлена на рисунке 18

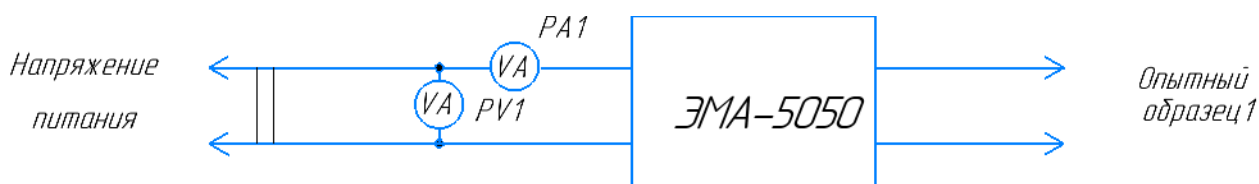


Рисунок 18 - Схема подключения контрольных приборов для проведения измерений

4.1.1 Определение напряжения питания и тока.

Подключить согласно рисунка 20 контрольные вольтметры и амперметры.

Подключить опытный образец 1 к пульту ЭМА-5050.

Подключить пульт к сети 27 В, подключить источник напряжения БЗ-804.3 к пульту ЭМА-5050.

Включить пульт ЭМА-5050 на источнике питания БЗ-804.3 установить напряжения 27 В.

Включить тумблер на выпуск опытного образца, в момент выпуска проконтролировать напряжение и ток на контрольных приборах и на дисплее пульта ЭМА-5050, данные записать в таблицу 5.

Включить тумблер на уборку опытного образца 1, в это время проконтролировать время уборки опытного образца на секундомере и на дисплее пульта ЭМА-5050, данные записать в таблицу 5

Таблица 5 – Проверяемые параметры ЭМА-5050

Наименование проверяемого параметра	Значение параметра согласно п.2.3 ТЗ	Полученное значение параметра	Полученные значения (контрольные)
Длительность временной уборки, выпуска опытного образца с	0 - 3600	35	35
Ток нагрузки, А	25	18	18
измеренное напряжение, В	24,3 – 29,7	27	27

5. Расчет экономических показателей [19, 20]

5.1 Расчет трудоемкости изготовления единицы изделия и оплаты труда рабочих приведены в таблице 6

Таблица 6 – Расчет трудоемкости изготовления единицы изделия и оплаты труда рабочих

Наименование технологических операций	Должность	Кол-во чел.	Трудоемкость операции, час	Часовая тарифная ставка руб.	Расходы на оплату труда, руб.
1. Изготовление печатных плат.	Станочник	1	2	56,82	113
	Травильщик	1	2	56,82	113
2. Монтаж элементов.	Монтажник РЭА	2	16	56,82	909
3. Сборка.	Слесарь	2	8	56,82	454
4. Настройка.	Регулировщик	1	16	56,82	909
ИТОГО:					2500

5.2 Расчет общих затрат на оплату труда рабочих при изготовлении единицы изделия

По данным таблицы 6 производится расчет общих затрат на оплату труда рабочих при изготовлении единицы изделия. Результаты заносятся в таблицу 7.

Таблица 7 – Общие затраты на оплату труда рабочих при изготовлении единицы изделия.

Наименование статей затрат	Сумма затрат, руб.
1. Расходы на оплату труда.	6765,
1.1 Основная заработная плата.	6150,
1.2 Дополнительная заработная плата.(10% от п.1.1).	615,
1.3 Премияльные выплаты. (40% от п.1.1).	2706,
1.4 Районный коэффициент.(15% от п.п.1.1-1.3).	1512,
2. Единый социальный налог (26% от п.1).	1758,
ИТОГО:	19508

5.3 Расчет затрат на использование оборудования

Затраты на использование оборудования заносятся в таблицу 8.

Таблица 8 – Затраты на использование оборудования

Наименование оборудования	Первоначальная стоимость (Сбал. I)	Норма амортизации (На. i, %)	Коэффициент использования оборудования (Кисп. I)	АО	
				Годовые (АО _{год.i})	За время использования (АО _{Тисп.i})
1. Источник питания 82Е-04-02.	31250	12,5	0,008	3906	31
2. Секундомер СОПр 2а-2	2000	12,5	0,004	250	1
3. Вольтамперметр	4000	12,5	0,008	500	4
4. Паяльник.	1000	12,5	0,016	125	2
5. Оборудование для изготовления печатных плат.	625000	10	0,009	62500	562
ИТОГО:				63375	600

Таким образом, АО за время использования оборудования при изготовлении единицы изделия составляют 600 руб.

5.4 Расчет полной себестоимости единицы изделия

Для расчета полной себестоимости УУ необходимо учитывать все расходы при его изготовлении.

Результаты расчетов приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты расчетов полной себестоимости единицы изделия

Статьи калькуляции	Сумма затрат, руб.
1. Сырьё и материалы.	11120
2. Топливо и энергия на технологические услуги.	1000
3. Транспортно-заготовительные работы.	1112
4. Расходы на оплату труда.	6765
4.1 Основная заработная плата.	6150
4.2 Дополнительная заработная плата.	615
4.3 Премииальные выплаты.	2706
4.4 Районный коэффициент.	1512
5. Единый социальный налог.	1758

Продолжение таблицы 9 – Результаты расчетов полной себестоимости единицы изделия

Статьи калькуляции	Сумма затрат, руб.
6. Расходы на подготовку и освоение производства.	1950
7. Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования.	600
8. Прочие расходы.	975
Технологическая себестоимость.	18518
9. Общепроизводственные расходы.	9751
Производственная себестоимость.	28272
10. Общехозяйственные расходы.	5852
Заводская себестоимость.	34125
11. Внепроизводственные расходы.	848
Полная себестоимость.	34973

Полная себестоимость составляет 34973 руб.

Технико-экономические показатели сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – технико-экономические показатели

Наименование показателей	Значение
1. Диапазон рабочих температур, °С	минус 1 - 40
2. номинальное напряжение питания, В	от 187 до 242
3. частота, Гц	50±2
4. диапазон измерения интервалов времени, с	0 - 3600
5. измерение выходное напряжение постоянного тока, В	24,3 - 29,7
6. ток потребления, А не более	25
8. Продолжительность ОКР, дни	167
9. Затраты на ОКР, руб.	1631561
10 Себестоимость устройства, руб.	34 тыс.

Таким образом, в результате технико-экономического обоснования проекта получены основные экономические показатели:

трудоемкость ОКР – 1336 часа.

затраты на ОКР – 1631561 рублей.

себестоимость устройства – 34973 рублей.

6 Охрана труда, техника безопасности и охрана окружающей среды

Охрану труда это система, в сфере производства обеспечивающую оптимальное взаимодействие людей с средствами техническими и окружающей средой. Охрана труда базируется на различных достижениях отраслей знаний: гигиены труда, производственной санитарии и т.д. Охрана труда решает социальные инженерно-технические и другие задачи.

Условия труда – это совокупность факторов производственной среды, которые оказывают влияние на здоровье и работоспособность человека в процессе труда (ГОСТ 19605-74). Условия труда должны исключать предпосылки профессиональных заболеваний и возникновения травм.

При проектировании должны быть предусмотрены меры по обеспечению безопасности при монтаже, эксплуатации, обслуживанию и ремонту технических средств в соответствии с действующими нормативными документами:

"Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий" СН 245-71 от 05.02.71;

"Правила устройства электроустановок" ПУЭ-76;

"Пожарная автоматика зданий и сооружений" СНиП 2.04.09-84;

"Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности" ГОСТ 12.2.003-74;

"ССБТ. Цвета сигнальные и знаки безопасности", ГОСТ 12.4.026-76;

Уровень освещенности рабочих мест персонала должен соответствовать характеру и условиям труда. Должны быть предусмотрены защита от слепящего действия света и устранение бликов.

Для помещения должна быть разработана система автоматического пожаротушения, оборудовано автоматической пожарной сигнализацией.

Требования к безопасности электрических изделий должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.0-75.

Требования к безопасности средств вычислительной техники должны соответствовать ГОСТ 25861-83.

Все внешние элементы технических средств, находящиеся под напряжением, должны иметь защиту от случайного прикосновения. Все технические средства должны иметь защитное заземление.

Для создания оптимальных условий труда на рабочем месте необходимо, чтобы на предприятии были установлены оптимальные показатели:

- температура воздуха 20..23°C;
- относительная влажность воздуха 40 – 60%;
- скорость движения воздуха 0,2 м/с;
- освещённость 300 лк;
- шум до 60 дБ;

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы было разработан пульт ЭМА-5050 с использованием МК, а так же обеспечено цифровое отображение информации на дисплее.

В ходе выполнения ВКР были решены следующие задачи:

- были проанализированы средства измерения, анализ которых показал, что есть большой выбор средств измерения, но использование их в пульте не возможно так как они имеют много лишних функций в которых нет необходимости, а так же они не связаны друг с другом.

- была разработана структурная ЭМА-5050

- на основе структурной схемы была разработана схема электрическая принципиальная

- были произведены конструкторские расчеты на основе которых были разработана топологии печатной платы, сборочный чертеж платы

- был собран макет и проведены испытания по разработанной программе испытаний

Таким образом, поставленные задачи выполнены, поставленная цель достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология сквозного проектирования. Методические указания к выполнению курсовых проектов по дисциплине, 2015. 62 с.
2. ГОСТ 7-32. 2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления
3. Устройство и принцип работы цифровых измерительных приборов – URL: https://studopedia.ru/view_misi.php?id=42 (дата обращения 12.04.2020)
4. Цифровые электронные вольтметры приборов – URL: https://studme.org/175390/tehnika/tsifrovye_elektronnye_voltmetry (дата обращения 12.04.2020)
5. Амперметры. Виды и работа. Устройство и применение. Особенности – URL: <https://electrosam.ru/glavnaja/slabotochnye-seti/oborudovanie/ampermetry/> (дата обращения 12.04.2020)
6. Как работает вольтметр и амперметр – URL: <https://instrument16.ru/interesnoe/kak-rabotaet-voltmetr-i-ampermetr.html> (дата обращения 12.04.2020)
7. Секундомер. Виды и работа. Применение и особенности амперметр – URL: <https://instrument16.ru/interesnoe/kak-rabotaet-voltmetr-i-ampermetr.html> (дата обращения 12.04.2020)
8. STM8S103F3P6. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/stm8s103f3p6> (дата обращения 12.04.2020)
9. Atmega2560. – URL: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega2560> дата обращения 12.04.2020)
10. STM32F103C8T6. – URL: [https://www.microchip.com/wwwproducts/en /ATmega2560](https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega2560) (дата обращения 12.04.2020)
11. Atmega32. – URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/popular/atmega32>) (дата обращения 12.04.2020)

12. LM2575. – URL: <https://www.chipdip.ru/catalog/popular/lm2575> (дата обращения 12.04.2020)

13. HD44780. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/HD44780> (дата обращения 12.04.2020)

14. Технологические параметры многослойных печатных плат и критерии их выбора . - URL: <http://www.pcbtech.ru/tekhnologicheskie-parametry-kriterii-vybora> (дата обращения 12.04.2020)

15. [Гладышев А.М., Давыденко И.Н. Основы проектирования и эксплуатации радиоэлектронных систем.](#) Учебно-методическое пособие. — Минск: БГУИР, 2015. - 184 с.

16. ГОСТ 29137-91 Формовка выводов и установка изделий электронной техники на печатные платы. Общие требования и нормы конструирования 2004 31 с.

17 ГОСТ 10316-78 Платы печатные. Основные параметры конструкции

18 Бородин С.М., Бригаднов И.Ю. и др. Разработка конструкций и технологии производства электронных средств. Учебное пособие. — Ульяновск: УлГТУ, 2016. — 101 с.

19. Сергеев, И. В. Экономика организации (предприятия): учебник и практикум для прикладного бакалавриата / И. В. Сергеев, И. И. Веретенникова. — 6-е изд., перераб. и доп. - Москва : Издательство Юрайт, 2017. — 511 с

20. Техничко-экономическое обоснование дипломных проектов: учеб. Пособие для вузов / Л. А. Астреина, В. В. Балдесов, В. К. Беклешов и др.; под ред. В. К. Беклешова. — М.: Высшая школа, 1991. — 176с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Комплект чертежей

ПРОТОКОЛ

Испытания пульта управления стендом для проверки авиационных фар
ЭМА-5050

Место проведения испытаний:

Цех №6

Проверка по п. 2.3 технического задания на выпускную
квалификационную работу

Начало испытаний 25.05.2020г.

Окончание испытание 29.05.2020г.

Наименование проверяемого параметра	Значение параметра согласно п.2.3 ТЗ	Полученное значение параметра	Полученные значения (контрольные)
Длительность временной уборки, выпуска опытного образца с	0 - 3600	35	35
Ток нагрузки, А	25	18	18
измеренное напряжение, В	24,3 – 29,7	27	27

Вывод: пульт управления стендом для проверки авиационных фар ЭМА-5050, изготовленный по требованиям технического задания на выпускную квалификационную работу – соответствует требованиям.

Комиссия:

Председатель комиссии:

Зам. Начальника цеха №6 по ПСИ

Члены комиссии:

Начальник бюро надежности

Инженер испытатель цеха №6

Шадрин Е.Г.

Калабин А.Н.

Пятков М.С.

УТВЕРЖДАЮ
Начальник цеха №6
Хованов В.В.
«04» 06 2020 г.

Акт внедрения

Результатов ОКР на тему

«разработка пульта управления стендом для проверки авиационных фар
ЭМА-5050» в производство

Комиссия в составе:

Председатель комиссии Шадрин Е.Г.

Начальник цеха №6 Хованов В.В.

Представитель кафедры КиПР СПИ ИжГТУ ответственный исполнитель темы

Студент группы гр. Б 10-071-13 Владыкин Е. Б.

составили настоящий акт о том, что результат ОКР запланирован к внедрению по мере необходимости деятельности АО «СЭГЗ»:

1. Схемотехнических предложений по выполнению электрических схем;
2. Комплекта конструкторской документации;
3. Устройства управления выполненного с использованием микроконтроллера, а так же обеспечено цифровое отображение информации на экране.

В результате внедрения пульта управления стендом для проверки авиационных фар ЭМА-5050, на микроконтроллере обеспечивающие автоматизированное измерение заданных параметров при проведении приемо-сдаточных испытаний увеличена производительность проводимых работ и повышено проводимых работ.

Экономический эффект от внедрения составляет 430 тыс. руб.

Председатель комиссии

Зам. Начальника цеха №6 по ПСИ

Представитель кафедры КиПР СПИ ИжГТУ

ответственный исполнитель темы

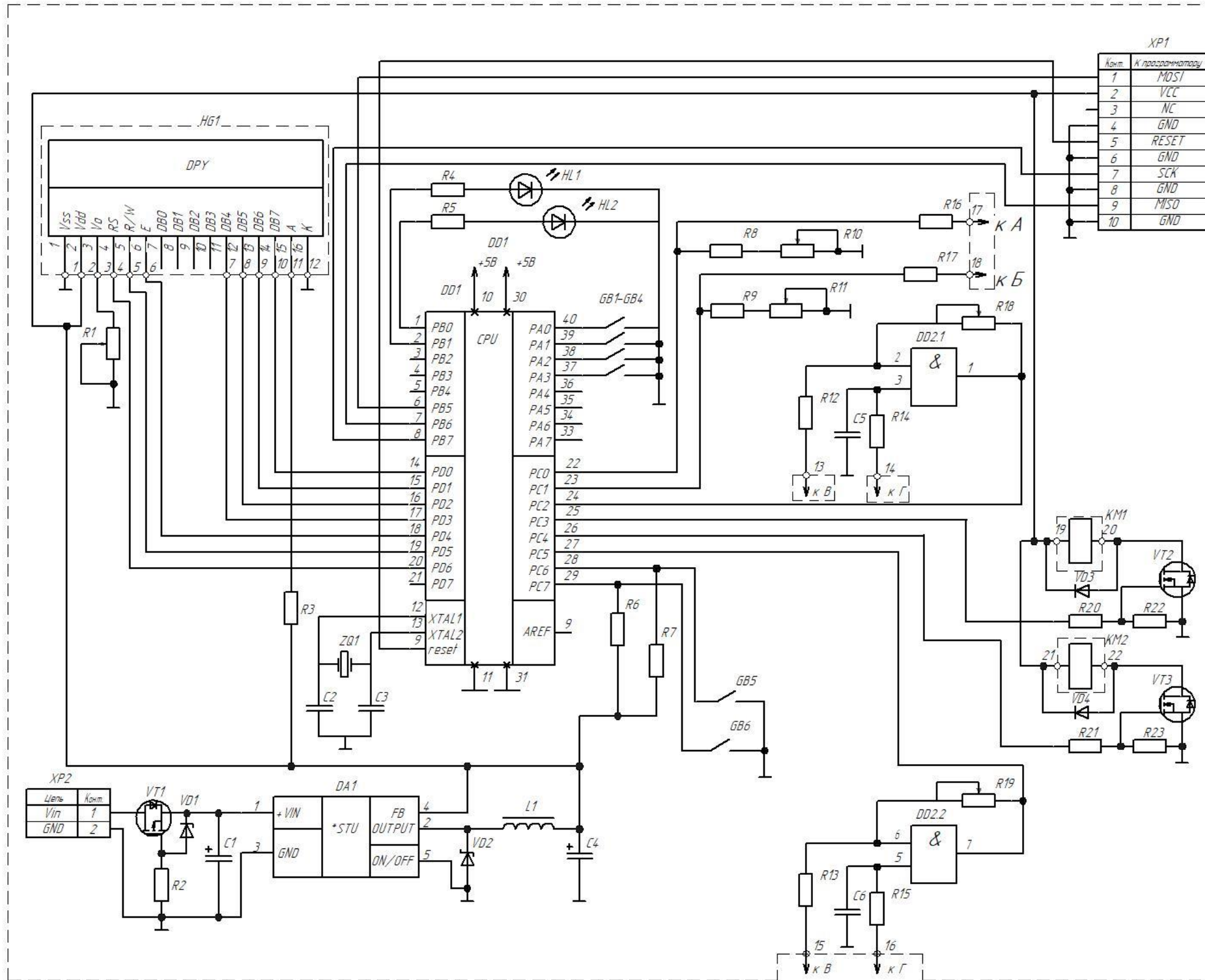
Студент группы гр. Б 10-071-13


Шадрин Е.Г.


Владыкин Е.Б.

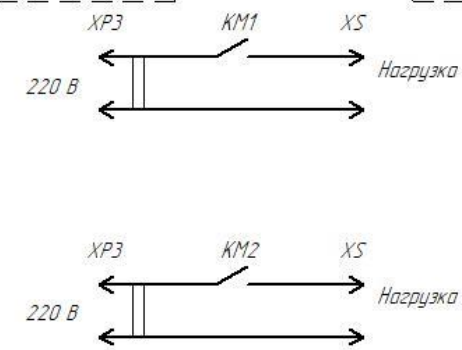
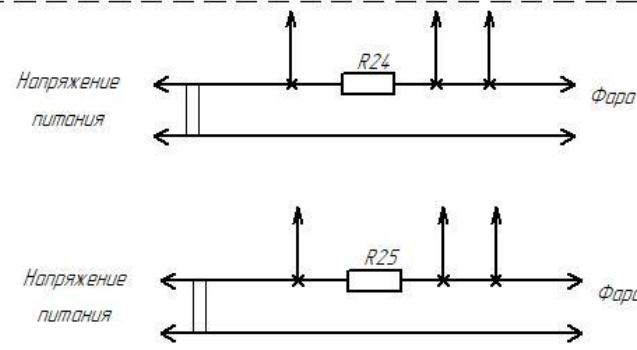
СПТИ.654456.001.33

Лист № 1
Стор. № 1
Взам. инв. №
Подп. и дата

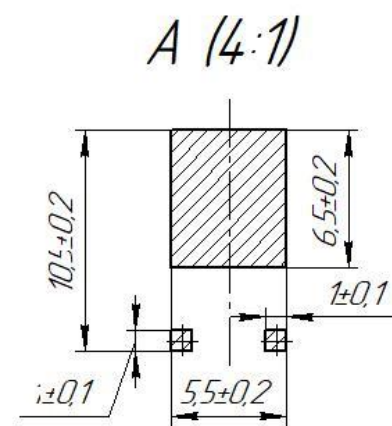
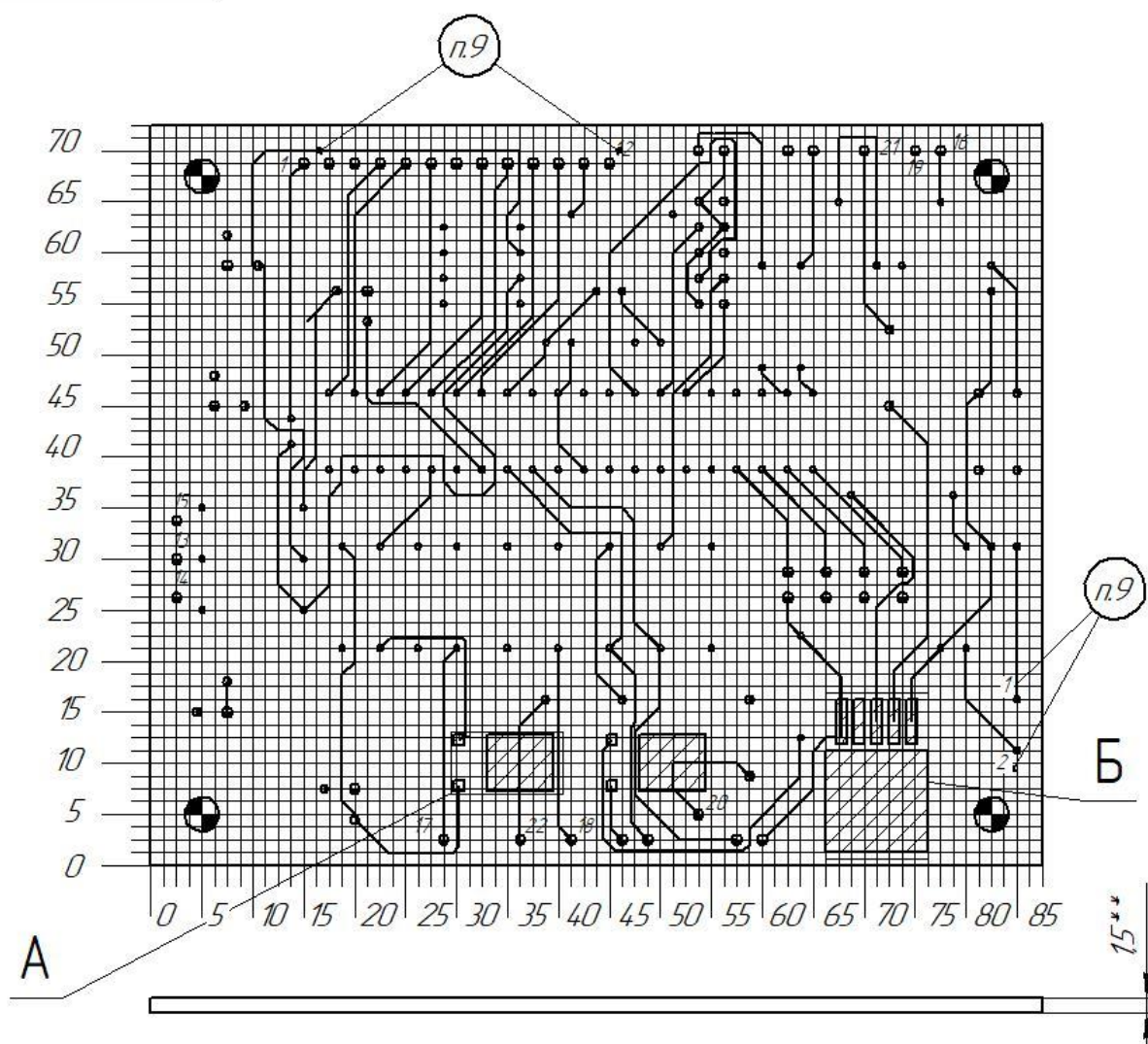


Конт.	К программированию
1	MOSI
2	VCC
3	NC
4	GND
5	RESET
6	GND
7	SCK
8	GND
9	MISO
10	GND

Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Конденсаторы			
K10-178 ОЖО.460.172 ТУ			
K52-11 ОЖО.464.234 ТУ			
C1	K52-11-63 В-100 мкФ±20% В	1	
C2,C3	K10-178-М4 7-15 пФ±10%-1-В	2	
C4	K52-11-25 В-330 мкФ±20% В	1	
C5, C6	K10-178-М4 7-2,2 пФ±10%-1-В	2	
DA1	LM2575S-5.0/NOPB Texas Instruments	1	Корпус ТО-263-5
DD1	Atmega32 Atmega	1	Корпус DIP
DD2	LM358N ST Microelectronics	1	Корпус DIP-8
HL1, HL2	А/В076М аА0.336.076ТЧ/04	2	
HG1	Жидкокристаллический индикатор МТ-16S20 МЭ/ИТ	1	
KM1, KM2	Реле SRD-05VDS SONGLE	2	
L1	Катушка индуктивности В824-77Г4-334М Еpcas	1	SMD, 330 мкГн, 0.95 А
Резисторы			
СПБ-16ВБ ОЖО.468.552 ТУ			
С2-33Н ОЖО.467.173 ТУ			
R1	СПБ-16ВБ-0,25 Вт-10 кОм±5%	1	
R2	С2-33Н-0,25-10 кОм±10%	1	
R3	С2-33Н-0,25-330 Ом±10%	1	
R4 - R7	С2-33Н-0,25-1 кОм±10%	4	
R8, R9	С2-33Н-0,25-10 кОм±10%	2	
R10, R11	СПБ-16ВБ-0,25 Вт-1,5 кОм±5%	2	
R12 - R15	С2-33Н-0,25-1 кОм±10%	4	
R16, R17	С2-33Н-0,25-200 кОм±10%	2	
R18, R19	СПБ-16ВБ-0,25 Вт-33 кОм±5%	2	
R20, R21	С2-33Н-0,25-200 Ом±10%	2	
R22, R23	С2-33Н-0,25-22 кОм±10%	2	
R24, R25	Шунт 75WСУ3-20-0,5 ТУ 25-04-3104-76	2	
SB1 - SB6	Кнопка тактовая	6	2 pin
VD1	Стабилитрон КС510А1 аА0.336.002 ТУ	1	
VD2	Диод Шоттки 1N5819 Fairchild Semiconductor	1	
VD3, VD4	Диод КД243Б аА0.336.800 ТУ	2	
VT1	Транзистор IRL9530n International Rectifier	1	
VT2, VT3	Транзистор IRLR024N International Rectifier	2	
XP1	DC3-10P	1	Для подключения к программатору
XP2	Вилка ОНП-3Г-52-2-В-А3 ИЩО.364.072 ТУ	1	
X1	СЧЦ23	2	
X2	СЧЦ23	2	
ZQ1	Кварцевый резонатор РК169 ОД0.338.017 ТУ	1	



					СПТИ.654456.001 33					
					Пульт управления стендом для проверки авиационных фар Схема электрическая принципиальная			Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						
Разраб.	Владыкин			22.06.20						
Проб.	Падкин			22.06.20						
Т.контр.										
								Лит	Листов	1
Н.контр.								гр.Б 10-071-1з		
Утв.										
					Копировал			Формат А2		



Б (4:1)

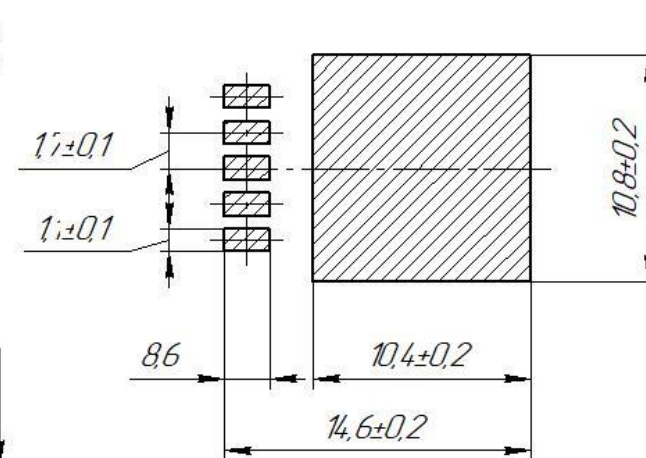


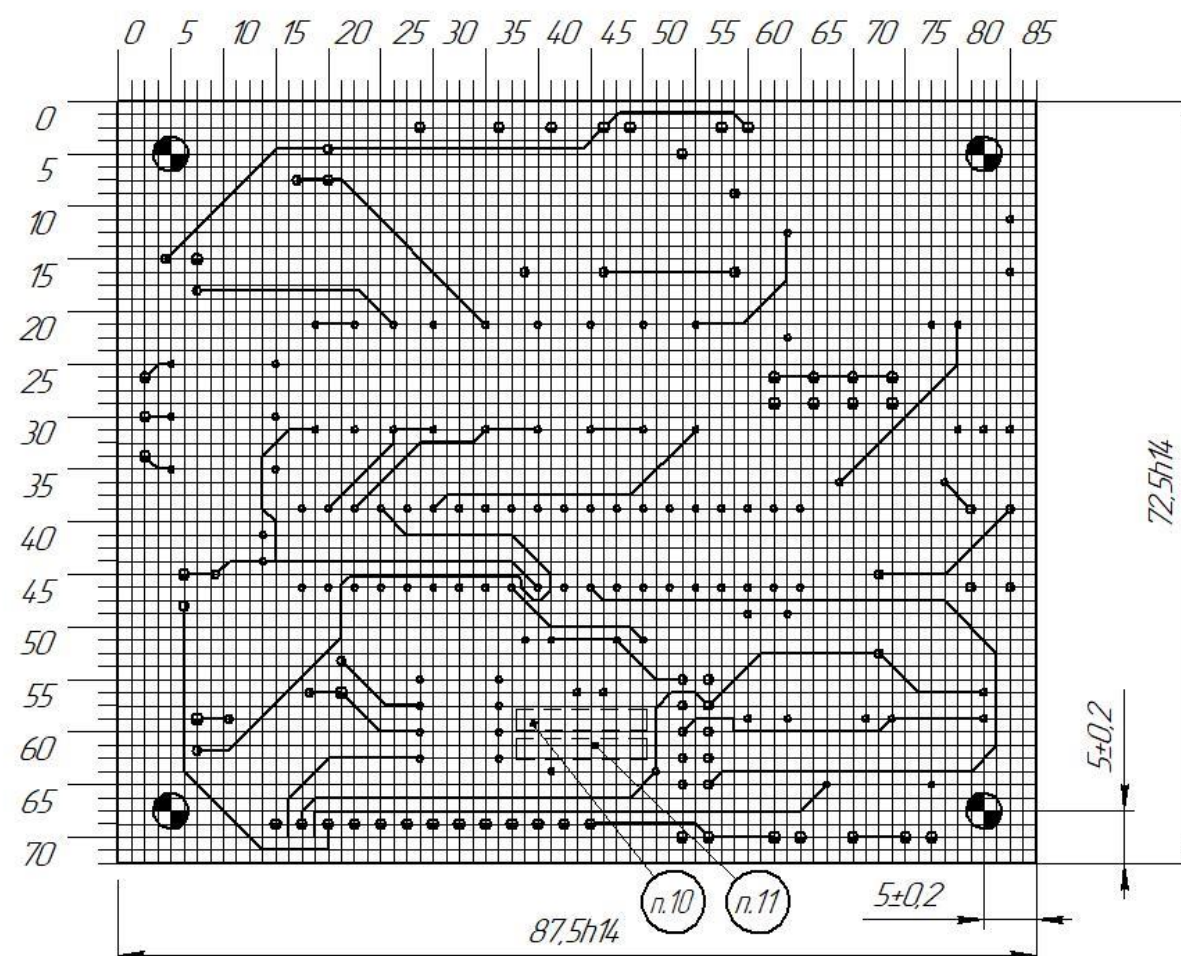
Таблица 1

Обозначение	Диаметр*** отверстий, мм	Наличие металлизации	Количество отверстий
+	0,6 _{-0,8}	есть	103
-	0,8 _{-0,8}	есть	30
•	1 _{-0,1} -0,1	есть	44
⊙	3,4 _{-0,1} -0,1	нет	4

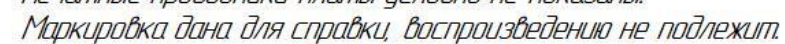
Таблица 2

Номер изменения проводящего рисунка									

- Плату изготовить комбинированным позитивным методом.
- *Размер для справок.
- **Размеры после покрытия.
- Технические требования по ГОСТ 23752-79, группа жесткости-1.
- Шаг координатной сетки 1,25 мм.
- Значения размеров элементов конструкции печатной платы должны соответствовать 4 классу точности ГОСТ Р 53429-2009. Ширина проводника 0,8 мм.
- Покрытие О-С (60) 12-18 опл, допускается О-Ко 12-18 или Гар.ПОС61.
- Площадь металлизации отверстий 3,7 кв. см. Площадь металлизации платы 27,3 кв. см.
- Маркировка 3т шрифтом 1-2 ОСТ 1 00312-78. Допускается соединение с одной из контактных площадок.
- Маркировать травлением обозначение и порядковый номер изменения печатной платы, согласно таблице 2, шрифтом 1-2; 3-2 ОСТ 1 00312-78.
- Маркировать номер технологического паспорта, месяц и год краской МКЗ черная или МКЗ белая по ОСТ 107.94.003-96. Шрифт 1-2 ОСТ 1 00312-78.



					СПТИ.684456.001				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Плата печатная	Лист	Масса	Масштаб	
Разраб.	Владимир		22.06.20				12 г	2:1	
Проб.	Падкин		22.06.20						
Т.контр.						Лист	Листов 1		
						гр.Б 10-071-1з			
Н.контр.									
Утв.									



Перв. примен.	СПТИ.4.18112.001	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №		A2			СПТИ.464456.001 СБ	Сборочный чертеж		
						Документация		
						Детали		
		A1	1	СПТИ.684456.001	Плата печатная	1		
						Стандартные изделия		
			3		Лепесток 2-10-3-9-163-07			
					ГОСТ 16840-78	13		
Подп. и дата						Прочие изделия		
						Конденсаторы		
			4		K10-178-M4 7-22 пФ±10%-1-B			
					ОЖО.460.172 ТУ	2	С5, С6	
			5		K10-178-M4 7-15 пФ±10%-1-B			
					ОЖО.460.172 ТУ	2	С2, С3	
			6		K52-11-25 В-330 мкФ±20% В			
					ОЖО.464.234 ТУ	1	С4	
			7		K52-11-63 В-100 мкФ±20% В			
Подп. и дата						ОЖО.464.234 ТУ	1	С1
Инв. № подл.						СПТИ.464456.001		
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.	Владыкин		2206.20			
		Пров.	Подкин		2206.20			
Н.контр.								
								Утв.
				Плата				
				Лит.			Лист	Листов
							1	4
							зр.Б 10-071-1з	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
				Микросхемы				
		8		LM2575S-5.0/NOPB	1	DA1		
		9		LM358N	1	DA2		
		10		Atmega32	1	DD1		
		11		Катушка индуктивности B82477G4334M	1	L1		
		12		Реле SRD-05VDS	2	KM1, KM2		
				Резисторы				
				СП5-16ВБ ОЖ0.468.552 ТУ				
				С2-33Н ОЖ0.467.173 ТУ				
		13		С2-33Н-0,25-200 Ом±10%	2	R20, R21		
		14		С2-33Н-0,25-330 Ом±10%	1	R3		
		15		С2-33Н-0,25-1 кОм±10%	8	R4 – R7, R12 – R15		
		16		С2-33Н-0,25-10 кОм±10%	3	R2, R10, R11		
		17		СП5-16ВБ-0,25 Вт-15 кОм±5%	2	R8, R9		
		18		С2-33Н-0,25-22 кОм±10%	2	R22, R23		
		19		СП5-16ВБ-0,25 Вт-33 кОм±5%	2	R18, R19		
		20		С2-33Н-0,25-200 кОм±10%	2	R16, R17		
		21		СП5-16ВБ-0,25 Вт-10 кОм±5%	1	R1		
Инв. № подл.						Лист		
						2		
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.		
			СПТИ.464456.001			Дата		

[illegible]

