МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

ГАПОУ «КАЗАНСКИЙ РАДИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УР

\_\_\_\_\_\_\_\_\_Н.А. Коклюгина

«\_\_\_\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_г.

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

Тема проекта: Разработка электрической схемы и создание действующего макета «Перчатка с обратной тактильной связью»

Выполнил

студент специальности

11.02.14 «Электронные приборы и устройства»

гр. № 460 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ М.А. Шамсиев .

(подпись) (И.О. Фамилия)

Руководитель

ВКР \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Р.М. Загидуллин .

(подпись) (И.О. Фамилия)

Консультант

графической части \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Э.Ф. Галиуллин .

(подпись) (И.О. Фамилия)

Консультант

экономической части \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Л.И. Ишметова .

(подпись) (И.О. Фамилия)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Л.И. Ишметова .

(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А. Р. Насыбулин .

(подпись) (И.О. Фамилия)

Казань, 2024 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

ГАПОУ «КАЗАНСКИЙ РАДИОМЕХАНИЧЕСКИЙ КОЛЛЕДЖ

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по УР

\_\_\_\_\_\_\_\_\_Н.А. Коклюгина

«\_\_\_\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_20\_\_г.

**Задание**

на выпускную квалификационную работу

по специальности 11.02.14 Электронные приборы и устройства

студенту Суркову Виталию Валерьевичу группы 446 .

(Ф.И.О.) (номер группы)

Тема проекта: Разработка электрической схемы и создание действующего макета «Перчатка с обратной тактильной связью»

В ПРОЕКТЕ РЕАЛИЗОВАТЬ

1. Описать схему электрическую принципиальную.

2. Объяснить цели и задачи испытаний РЭА, пояснить виды испытаний.

3. Разобрать задачи и порядок проведения периодических испытаний (сроки проведения испытаний, виды испытаний: климатические (тепло, холод, влага), механические (вибрация, удар, транспортирование), специальные (морской туман, грибки, пылезащита, шумы), на надежность).

Содержание расчетно-пояснительной записки.

1. Общий раздел.

2. Описательный технический раздел.

3. Технологический раздел.

4. Расчетный раздел.

5. Экономический раздел.

6. Экологическая часть.

7. Охрана труда и ТБ.

Графическая часть.

1.Схема электрическая принципиальная изделия (Э3) - формат-А1.

2.Чертеж общего вида изделия формат (СБ – сборочный чертеж) формат-А1.

3.Сборочный чертеж изделия (печатной платы) – формат-А1.

4.Чертеж печатной платы (трассировка) – формат-А1.

Комплект технологической документации технологический процесс сборки и монтажа определенного узла.

Дата выдачи задания «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_г.

Руководитель Загидуллин Рамиль Маратович \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество) (подпись)

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(дата) (подпись студента)

Рассмотрено на заседании предметно-цикловой комиссии «Дисциплин профессионального цикла радиотехнического отделения»

Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2022 г.

Председатель ПЦК ~~Соколов Владислав Сергеевич~~ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(фамилия, имя, отчество) (подпись)

**АННОТАЦИЯ**

В дипломной работе разработана перчатка, позволяющая устанавливать тактильную связь удаленным роботом или аватаром в виртуальной реальности.

В общем разделе приводится описание темы задания, принципа работы заданного изделия, электрические характеристики на вход и выход устройства.

В описательном техническом разделе проводится выбор и обоснование электрической принципиальной схемы устройства.

В конструкторском разделе приведено описание конструкции. Выбор элементной базы (габариты и вес). Расчет функционального узла печатной платы.

В технологическом разделе расчет технологичности функционального узла.

В экономической части работы приводится общие положения себестоимости продукции и расчет себестоимости прибора.

В разделе охрана труда и техника безопасности описываются мероприятия необходимые при производстве заданного изделия для обеспечения работающим условия труда в соответствии с требованиями санитарных норм.

В экологическом разделе приводится задачи для выявления потенциального ущерба окружающей среде, наносимого проектом на всех его стадиях, а также меры, необходимых для предотвращения этого ущерба.

Графическая часть дипломной работы включает в себя: принципиальную электрическую схему устройства, трассировку печатной платы, сборочный чертеж функционального узла, сборочный чертеж корпуса основного блока и деталировка корпуса основного блока.

В процессе проектирования были использованы средства вычислительной техники в объеме: «Word», а также компьютерные программы «Altium Designer», «КОМПАС 3D», «Visual Studio Code» «Unity».

Представленная выпускная дипломная работа выполнена в полном объеме и в соответствии с требованиями задания на проектирование, положениями ЕСКД и ЕСТД к документам подобного вида.

**СОДЕРЖАНИЕ**

# ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии в области робототехники и виртуальной реальности продолжают продвигаться вперед, и каждый день мы сталкиваемся с новыми способами улучшения нашего взаимодействия с этими системами. Однако, актуальной проблемой является тот факт, что до сих пор не было представлено полноценного способа передачи тактильного отклика от управляемого объекта в потребительском сегменте.

Для решения этой проблемы, в этом проекте представлена перчатка с обратной тактильной связью. Эта перчатка позволяет пользователям ощущать и контролировать физические прикосновения при работе с роботами и в виртуальной среде.

Основная идея проекта заключается в использования модифицированных сервоприводов и датчиков силы, благодаря которым можно воспроизводить различные физические ощущения, такие как сопротивление или упругость, текстуру объекта и отдачу.

Цель дипломной работы – реализация перчатки который значительно улучшает качество взаимодействия между человеком и управляемым объектом.

# ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЧЕЛОВЕКА С РОБОТОМ ИЛИ АВАТАРОМ

Устройства управления роботами, как правило, делят на три типа, которые будут представлены ниже. Они же, в свою очередь, делятся еще на 3 подгруппы каждая. И каждая из них имеет своё предназначение, свои отличия, свои достоинства и недостатки, компромиссом между которыми и достигается наилучшее функционирование конкретной мехатронной системы при конкретных условиях и наличии тех или иных специалистов и материальных средств.

Современные темпы развития антропоморфных робототехнических систем обусловлены тенденцией замены человека при выполнении потенциально опасного труда. Перед исследователями стоит ряд задач, решение которых позволит заменить человека в различных отраслях деятельности, включая аварийно-спасательные работы, космические миссии, работы в условиях радиации, во время пожаров, военных действий, природных катаклизмов. Одной из таких задач является задача управления роботом с высокой степенью точности выполнения целевых операций в недетерминированной среде.

Управление роботом осуществляется при помощи устройства управления, которое конструируется в зависимости от целей, задач и условий работы мехатронной системы. Существующие системы управления можно поделить на три основныхкласса, в зависимости от степени участия оператора

в процессе работы машины (Рисунок 1).

Рисунок 1 – Системы управления робототехническими комплексами 

Разрабатываемый в данной работе прототип представляет собой специальное устройство, который считывает положение пальцев оператора и сравнивает с управляемым роботом, при возникновении препятствий для выполнений команд оператора, он должен прочувствовать этот фактор благодаря воспроизведении сопротивления встроенными сервоприводами.

Данное устройство относится к категории копирующие биотехнические системы управления.

Это категория, в которой манипулятор робота в точности копирует движение руки оператора. Это довольно удобно, так как человек-оператор может находиться на достаточно большом расстоянии от зоны выполнения работ, где ему может угрожать как опасность самых низких уровней (обольёт водой), так и средних (попадет в глаза раствором), так и высокой, и смертельной (из-за аварии упадет какой-либо тяжелый агрегат). Также удобным фактором является то, что задачи можно выполнять с масштабированием (например, сантиметровое смещение руки оператора равно 5 см смещения манипулятора).

# 2 Описательно технический раздел

Принципиальная электрическая схема показана на рисунке 2.1. Устройство состоит из следующих функциональных частей:

* Датчики усилия, микровибро-мотор, сервоприводы, управляемые напрямую микроконтроллером (на данной схеме не указан, считается внешним элементом),
* Управляющего микроконтроллера DD2 ESP32-WROOM32E,
* Преобразователя интерфейса USB в UART DD4.
* Стабилизирующие цепи на стабилизаторах AMS1117 и LM7805
* Модуль зарядки на микросхеме DD1 TP5100 и цепь питания

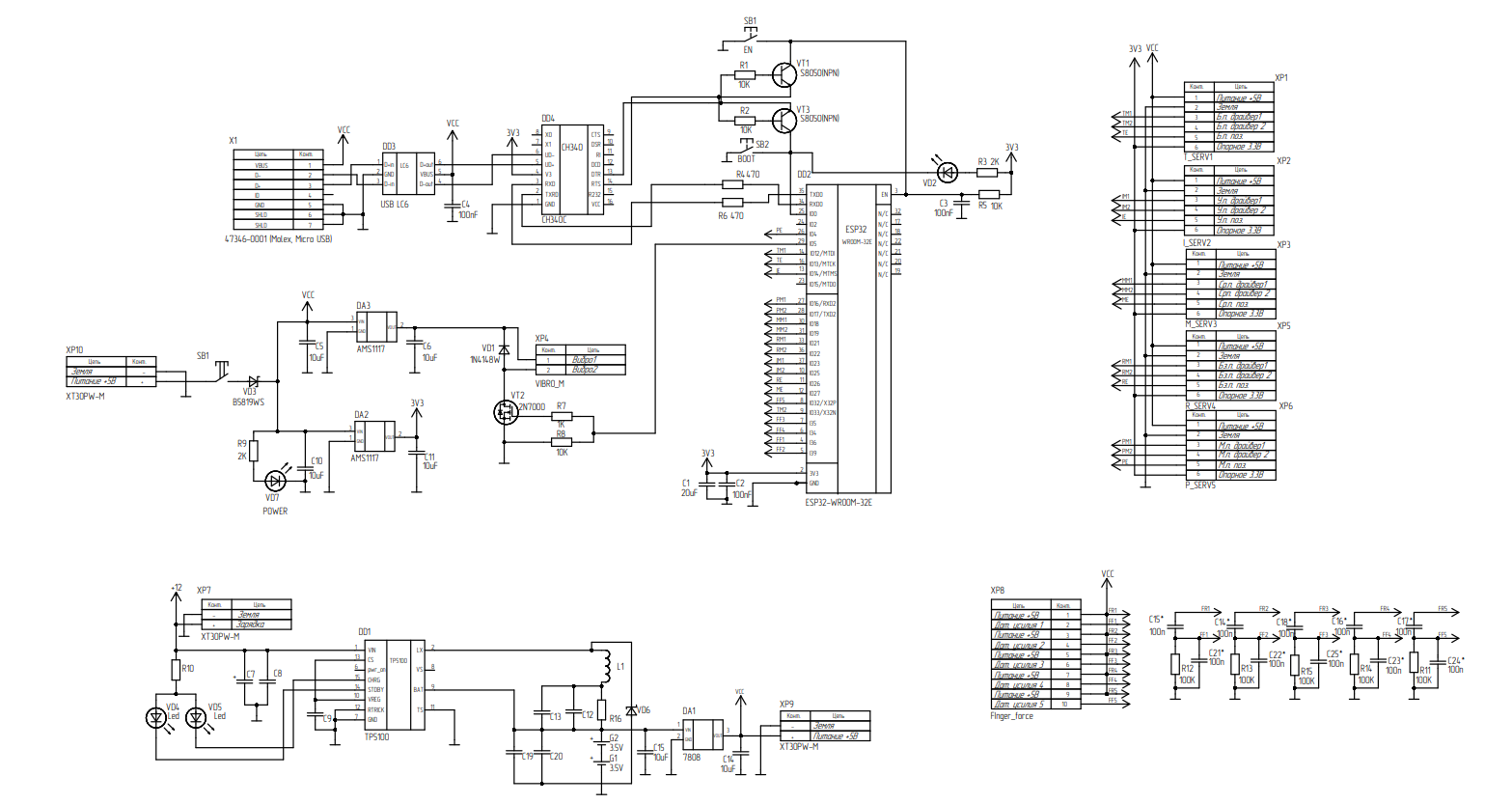


Рисунок 2.1 - Принципиальная перчатки с обратной тактильной связью

Датчики усилия выведены на проводах через разъем XP8 представляют из себя тензорезистор включенный в цепь делителя напряжения через резисторы R11-R15 и для стабилизации данных датчика добавлены керамические конденсаторы С14-С18 и С21-С25 они монтируются в плату по необходимости

Основой вибромодуля является плоский микровибро-мотор, подключаемый в цепь через провод разъёмом XP4. Мотор работает от напряжения 3.3В и под него выделена отдельная цепь питания который рассмотрим позднее. Параллельно мотору подключен защитный диод VD1.

Для управление вибрацией микроконтроллером мы используем н-канальный MOSFET транзистор VT2 который работает в режиме ключа. Для обеспечения работы транзистора используем токоограничивающий резистор R7 и для разрядки затвора транзистора резистор R8.

Основой данного проекта являются переработанные сервоприводы sg90. Они подключены через шлейф разъемами XP1-XP6. Они были пронумерованы индексами T, I, M, R, P в соответствии с английскими наименованиями пальцев, далее в описании выводов будет справедливо отнести их каждому из индексов символом «\*»

У них была выпаяна управляющая микросхема, таким образом мы подключаемся к драйверу мотора напрямую получая выводы \*M1 и \*M2.

Потенциометр сервопривода был изолирован из управляющей платы и получила выводы 3.3В и \*E.

Питание пальцевые сервоприводы получают с выводов VCC и GND

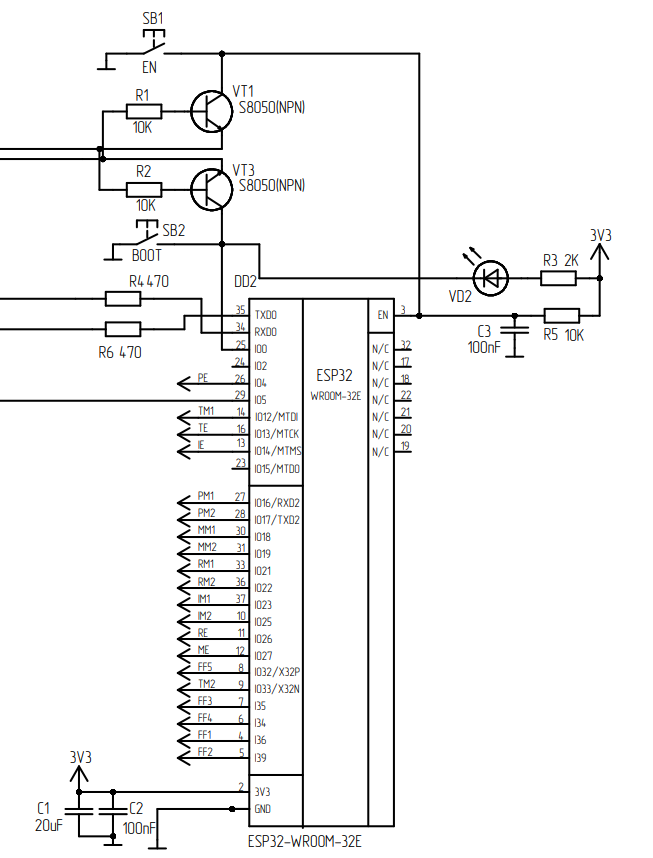


Рисунок 2.2 – принципиальная схема управляющего микроконтроллера

За логику работы и реализации функционала устройства отвечает центральный микроконтроллер DD2 ESP 32 - WROOM32E.

ESP32 представляет собой серию недорогих, маломощных [микроконтроллеров](https://en.wikipedia.org/wiki/System_on_a_chip) со встроенным [Wi-Fi](https://en.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi) и двухрежимным [Bluetooth](https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth).

В серии ESP32 используется либо микропроцессор [Tensilica](https://en.wikipedia.org/wiki/Tensilica" \o "Тензилика) Xtensa LX6 как в двухъядерном, так и в [одноядерном](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-core) исполнении, двухъядерный микропроцессор Xtensa LX7, либо [одноядерный](https://en.wikipedia.org/wiki/Single-core) [RISC-V](https://en.wikipedia.org/wiki/RISC-V) и включает встроенные антенные переключатели, [радиочастотный](https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_frequency) [балун](https://en.wikipedia.org/wiki/Balun), усилитель мощности, малошумящий приемный усилитель, фильтры и модули управления питанием. ESP32 создан [Espressif Systems](https://en.wikipedia.org/wiki/Espressif_Systems" \o "Эспрессирующие системы), китайской компанией, базирующейся в Шанхае, и производится [TSMC](https://en.wikipedia.org/wiki/TSMC) по их 40-нм технологическому процессу.

Характеристики

* Процессоры:
  + Процессор: двухъядерный (или одноядерный) 32-разрядный микропроцессор Xtensa LX6, работающий на частоте 160 или 240 МГц и производящий до 600 [DMIPS](https://en.wikipedia.org/wiki/Dhrystone)
  + Сопроцессор со сверхнизким энергопотреблением (ULP)
* Оперативная память: 520 Кб ОЗУ, 448 КБ ПЗУ
* Беспроводное подключение:
  + Wi-Fi: [802.11](https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11) b / g / n
  + Bluetooth: версии 4,2 с поддержкой EDR и BLE (совместно использует радио с Wi-Fi)

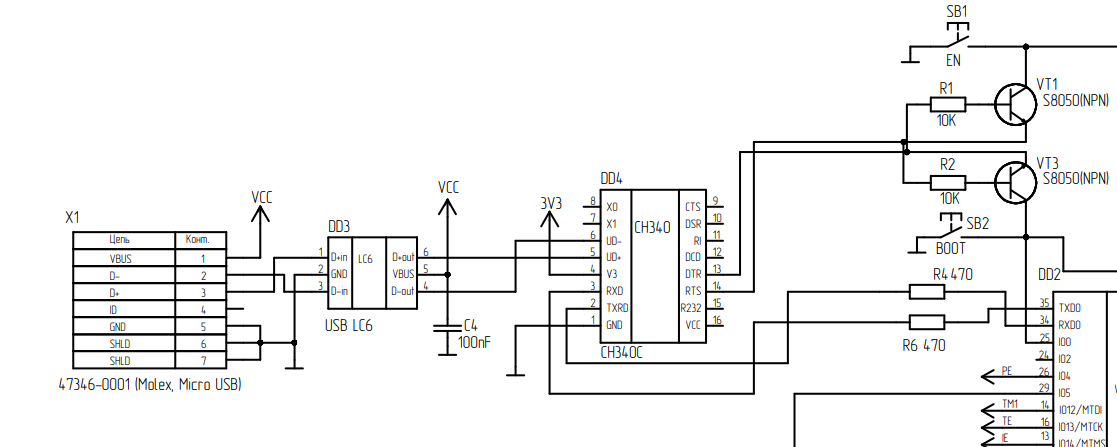
Питание микроконтроллера обеспечивается стабилизированным напряжением 3.3В. Для защиты от низкочастотных высокочастотных используем конденсаторы C1 и C2.

В качестве токоограничивающих резисторов на выводах последовательного интерфейса используем резистор R4 и R6.

Светодиод VD2 используется для индикации режима сброса, R3 в качестве токоограничения светодиода

Для ввода микроконтроллера в режим прошивки подтягиваем вывод IO0 к земле через тактовую кнопку SB2, для сброса микроконтроллера подтягиваем вывод EN к земле через кнопку SB1.

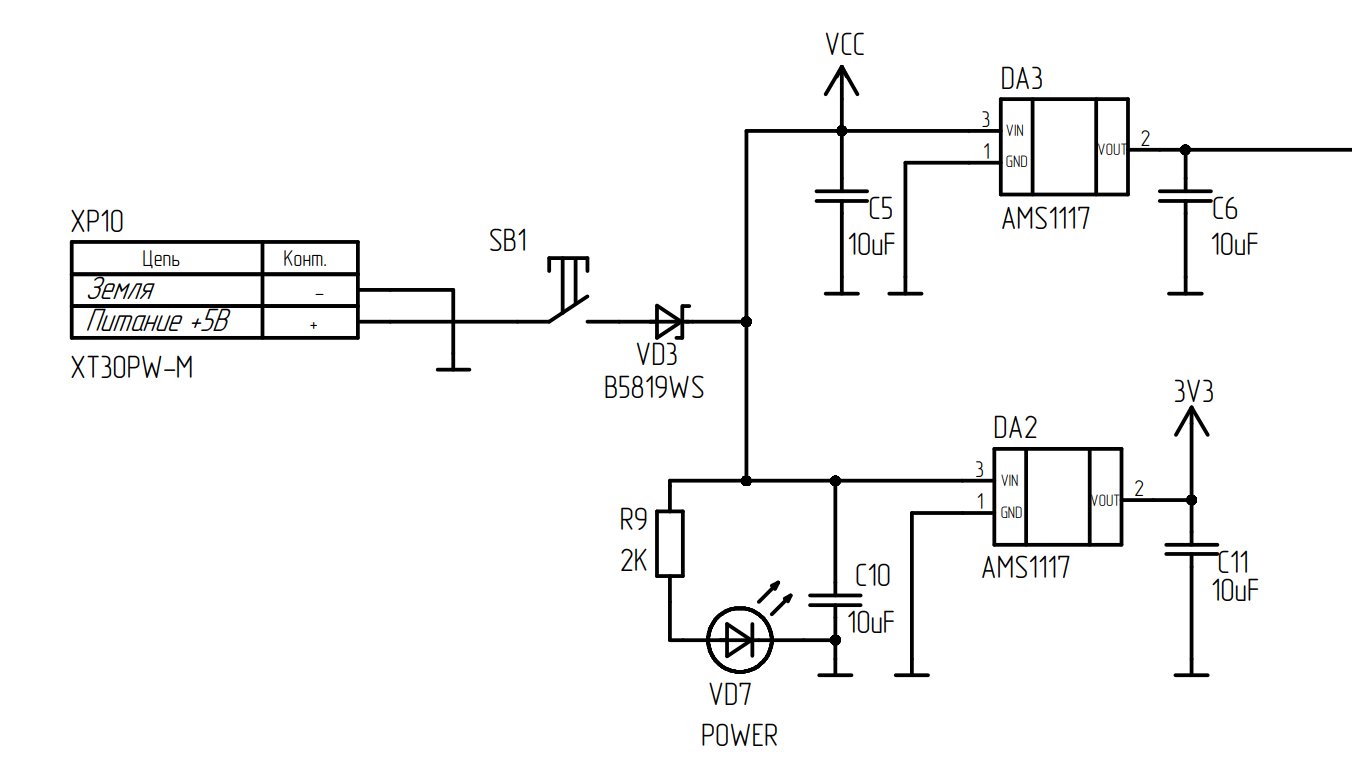
R5 и C3 для стабилизации работы процесса сброса

Рисунок 2.3 - Принципиальная схема преобразователя USB интерфейса в UART

DD4 CH340C - это микросхема-преобразователь шины USB, которая преобразует USB в последовательный порт или порт принтера. В режиме UART CH340 обеспечивает стандартные модемные сигналы, используемые для расширения последовательного порта для компьютеров или перехода непосредственно с обычного последовательного устройства на шину USB.

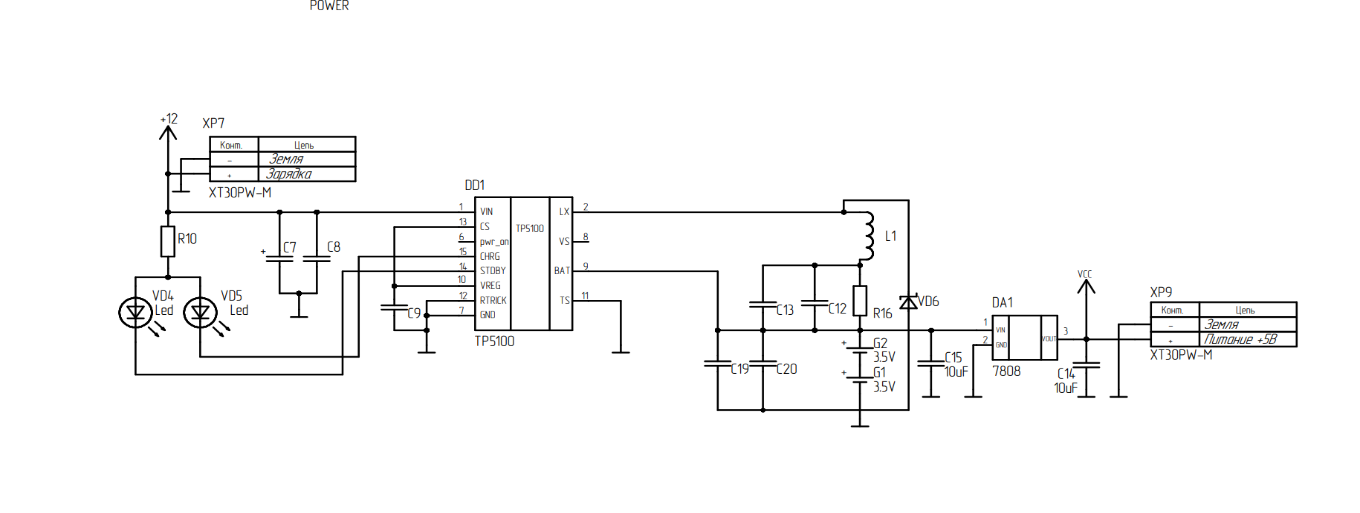
Цепь из транзисторов VT1 и VT3 служат для инициализации микросхемы DD4 с микроконтроллером. Резисторы R1 и R2 подключены к базам транзисторов для ограничения тока.

Для удобной прошивки устройства и связи с компьютером мы используем разъем Х1 micro USB. Для защиты прибора от воздействия статического электричества сигналы с разъема Х1 проходят через микросхему DD3 USB LC6 и конденсатор С4 для стабилизации.

Рисунок 2.4 - Принципиальная схема стабилизирующих цепей на стабилизаторах AMS1117

Питание 5В поступает на плату через разъем XP10. Для контроля мы используем кнопку SB1, он не монтируется на плате, а выведен за пределы корпуса проводами для легкого доступа. Диод шоттки VD3 B5819WS выполняет роль защиты от переполюсовки. Для индикации напряжения питания светодиод красного цвета VD7 и резистор R9 для его работы.

Стабилизаторы напряжения DA3 и DA2 представлены по класической схеме стабилизации от частотных помех с использованием конденсаторов C5 C6 C10 C11.

Рисунок 2.5 - Принципиальная схема цепи питания с модулем зарядки

Питание устройства обеспечивают два последовательно подключенных li-ion батареи G2 и G1

Характеристики

* Напряжение 3.5 В
* Емкость 3000 мАч
* Формфактор 18650

Батареи при последовательном соединении обеспечивают напряжение 8В, для преобразования этого значения до стабильных 5В используется стабилизатор DA1 LM7805

Для зарядки аккумуляторов был построен на базе микросхемы DD1 TP5100 - одна из наиболее широко используемых микросхем контроллера зарядки аккумулятора / BMS. Это простая и экономичная микросхема, предназначенная для портативных электронных устройств большой мощности. Одним из основных преимуществ микросхемы TP5100 является ее компактная и простая внешняя схема, для функционирования которой требуется всего несколько основных дополнительных компонентов.

Он имеет несколько функций безопасности для защиты аккумулятора и зарядного устройства от повреждений.

Обвязка микросхемы был выполнен согласно требованиям документации микросхемы TP5100

# 3 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

Последнее время очень широкого распространения получили полевые транзисторы. Основным достоинством полевого транзистора есть высокое входное сопротивление, которое может быть таким же, как и у электронных ламп, и даже больше.

В данной дипломной работе были рассчитаны основные электрические параметры полевого транзистора (сопротивление полностью открытого канала, напряжение отсечки, ёмкость затвора) и определена передаточная характеристика и связанные с нею параметры (начальный ток стока, напряжение насыщения).

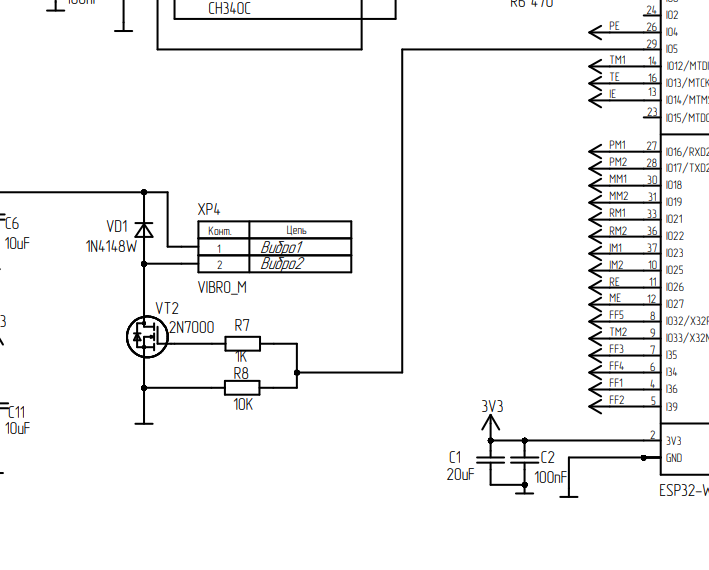


Рисунок 3.1 - Принципиальная электрическая схема участка цепи

## 3.1 Расчёт параметров полевого транзистора с управляющим р-n переходом (рисунок 3.1.).

Задание на расчёт

ДАНО

1. Структура: полевой транзистор с управляющим *р – п* переходом на основе кремния с каналом п *-*типа электропроводности и двумя затворами (рисунок 3.2).

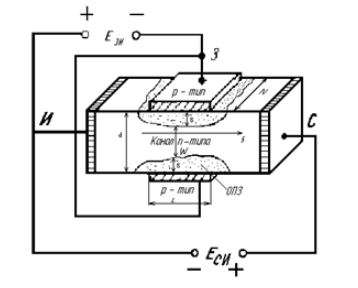




Рисунок 3.2 - Принципиальная электрическая схема участка цепи

2. Геометрические размеры канала: толщина *d*=1 мкм, ширина *Z*=500 мкм, длина *L*= 25 мкм.

3. Электрические параметры: концентрация донорной примеси в канале *NД*= 6•1015 см-3, концентрация акцепторной примеси в р - областях затворов *Na*=1•1018см-3.

ОПРЕДЕЛИТЬ

1. Основные электрические параметры: сопротивление полностью открытого канала RCИ отк, напряжение отсечки UЗИ отс, емкость затвора CЗИ, максимальную частоту роботы fmax.

2. Передаточную характеристику и связанные с нею параметры: начальный ток стока *I*Cнач, напряжение насыщения UCИнас, крутизну характеристики передачи.

Порядок расчёта

1. Определяем основные электрические параметры.

(1)



2. Сопротивление полностью открытого канала при UЗИ = 0 и UСИ = 0 Находим, используя выражение удельное сопротивление исходного материала находим по заданной концентрации донорной примеси в канале с помощью графика (рисунок 3.3).

(2)

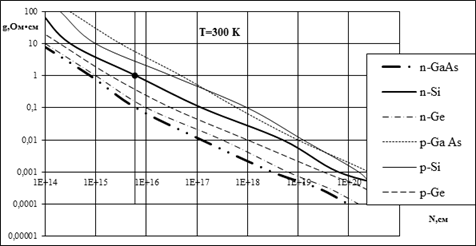


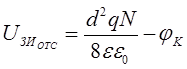
Рисунок 3.3. - Концентрации донорной примеси в канале силового P-канального транзистора SI2301DS

(3)



Напряжение отсечки определяем по формуле

(4)



где

(5)



(6)



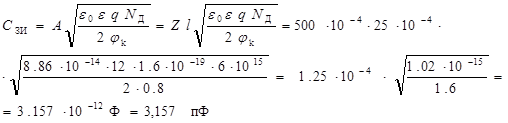
- собственная концентрация носителей заряда. В кремнии собственная концентрация носителей заряда равна. - постоянная Больцмана1,38 • 10-23 Дж •К-1= 300 *К*- заряд електрона, = 1,6•10-19 Кл. Тогда будет равно



Диэлектрическая проницаемость кремния =12

Ёмкость затвора рассчитаем, как барьерную ёмкость *р-п*перехода при напряжении на затворе Uзи= 0 для резкого перехода, что справедливо в случае неглубокой диффузии, когда градиент концентрации примеси в *р-п* переходе велик, или в случае сплавной технологии образования затвора, получаем

(6)



Максимальную (рабочую) частоту можно найти по формуле

(7)

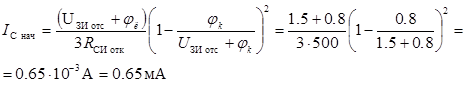


## 3.2 Расчёт передаточной характеристики начинают с определения начального тока стока с помощью соотношения

(8)

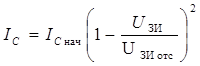


(9)



Передаточная характеристика на участке насыщения рассчитывается согласно выражению

(10)



Задавая значения *UЗИ* найдём значения *IC*

Таблица 3.1 Результаты 1

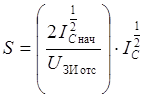
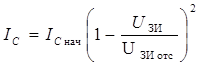
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UЗИ, В | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1 | 0,9 | 0,8 |
| IC, мА | 0,000000 | 0,000003 | 0,000012 | 0,000026 | 0,000046 | 0,000072 | 0,000104 | 0,000142 |
| UЗИ, В | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |  |
| IC, мА | 0,000185 | 0,000234 | 0,000289 | 0,000350 | 0,000416 | 0,000488 | 0,000566 |  |

(11)



Крутизну передаточной характеристики находим, подставив в выражение формулу

(12)



На участке насыщения в зависимости от тока стока получаем

Таблица 3.2 Результаты 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| IC, мА | 0 | 0,02 | 0,05 | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,25 | 0,3 |
| S, мА/В | 0 | 0,152019 | 0,240362 | 0,339924 | 0,41632 | 0,480725 | 0,537467 | 0,588765 |
| IC, мА | 0,35 | 0,4 | 0,45 | 0,5 | 0,55 | 0,6 | 0,65 | 0,7 |
| S, мА/В | 0,635939 | 0,679848 | 0,721087 | 0,760093 | 0,797192 | 0,83264 | 0,866639 | 0,899354 |

Задаваясь напряжением на затворе, находим напряжение насыщения между стоком и стоком с помощью выражения

(13)



Таблица 3.3 Результаты 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| UЗИ, В | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,1 | 1 | 0,9 | 0,8 |
| UСИ нас  В | 0 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 |
| UЗИ, В | 0,7 | 0,6 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | 0,2 | 0,1 | 0,7 |
| UСИ нас  В | 0,8 | 0,9 | 1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 0,8 |

## 3.3 Вывод по разделу

В результате проведённых расчетов основных электрических параметров полевого транзистора были получены следующие результаты:



Сопротивление полностью открытого канала RСИ отк, Напряжение отсечки UЗИ отс, емкость затвора СЗИ, максимальную частоту работы полевого транзистора, определена передаточная характеристика и связанные с нею параметры: начальный ток стока *I*Cнач, напряжение насыщения UCИнас, крутизна характеристики передачи, нарисованы диаграммы.

# 4 КОНСТРУКТОРСКАЯ ЧАСТЬ

## 4.1 Описание конструкции

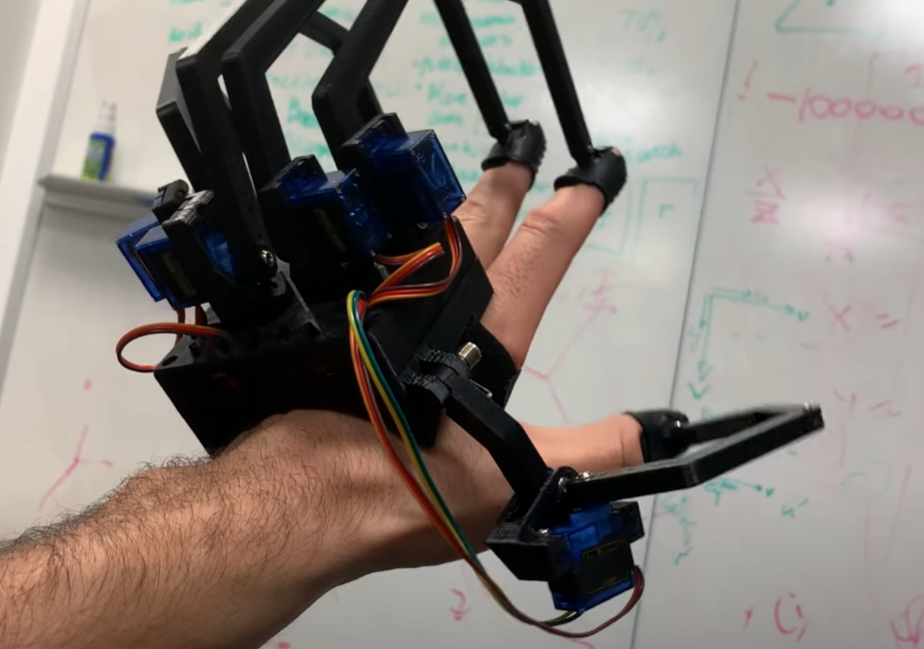
Устройство выполнено в виде отдельного конструктивного блока РЭА на рисунке 4.1

Рисунок 4.1 – внешний вид перчатки

При разборе заводских аналогов была выявлена самая главная проблема.

Средняя стоимость решений от компаний составляет от 250тыс рублей.

Наша задача, не теряя основной идеи подобного устройства разработать решение дешевле 20тыс рублей.

Требование к конструкции прототипа:

* Автономная работа
* Малый удельный вес устройства
* Беспроводная связь

## 4.2 Автономность

Одним из ключевых элементов, обеспечивающих автономность устройства, является отсутствие необходимости подключения к стационарным источникам питания через провода. Это особенно важно в нашем случае, поскольку наше устройство будет использоваться для виртуальных симуляций, где для достижения максимальной погруженности желательно избежать любых препятствий или ограничений для пользователя.

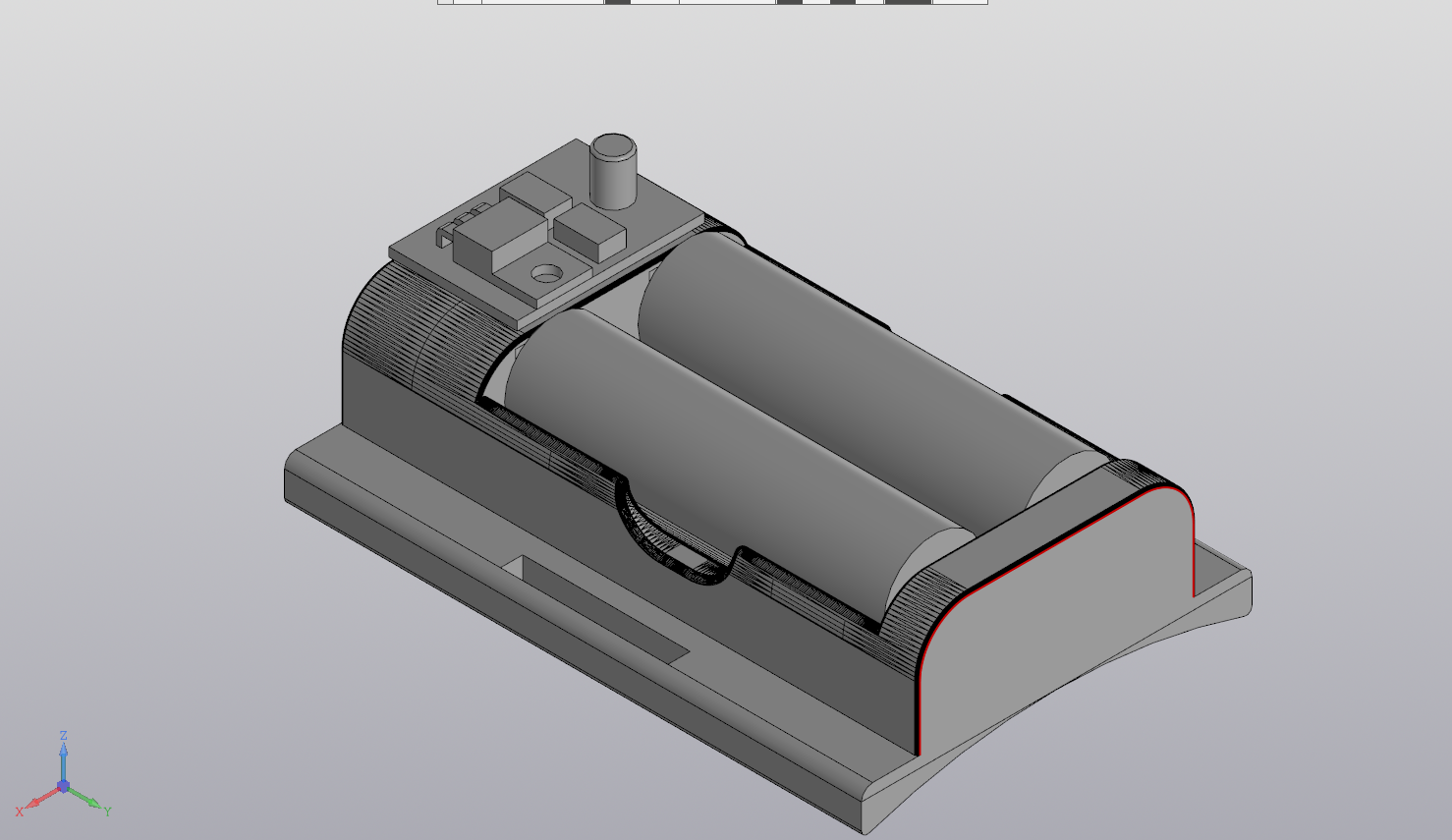
Исходя из вышеуказанных причин, мы приняли решение оснастить устройство аккумуляторной сборкой, состоящей из аккумуляторов 18650. Выбранные аккумуляторы имеют емкость 3000мАч, что позволяет обеспечить устройству достаточную энергию для продолжительной работы без необходимости подключения к сети электропитания. (Рисунок4.2)

Рисунок 4.2 – 3Д модель блока питания

## 4.3 Эргономика и развесовка

При использовании устройства необходимо обеспечить комфортное ощущение пользователю даже при длительной работе с ним. В процессе разработки перчатки особое внимание было уделено анатомическим особенностям среднего человека, чтобы создать корпус, который обеспечивает оптимальный уровень комфорта при использовании. Детально продуманная эргономика корпуса позволяет снизить вероятность возникновения дискомфорта или усталости при взаимодействии с устройством на протяжении длительного времени. (Рисунок4.3)

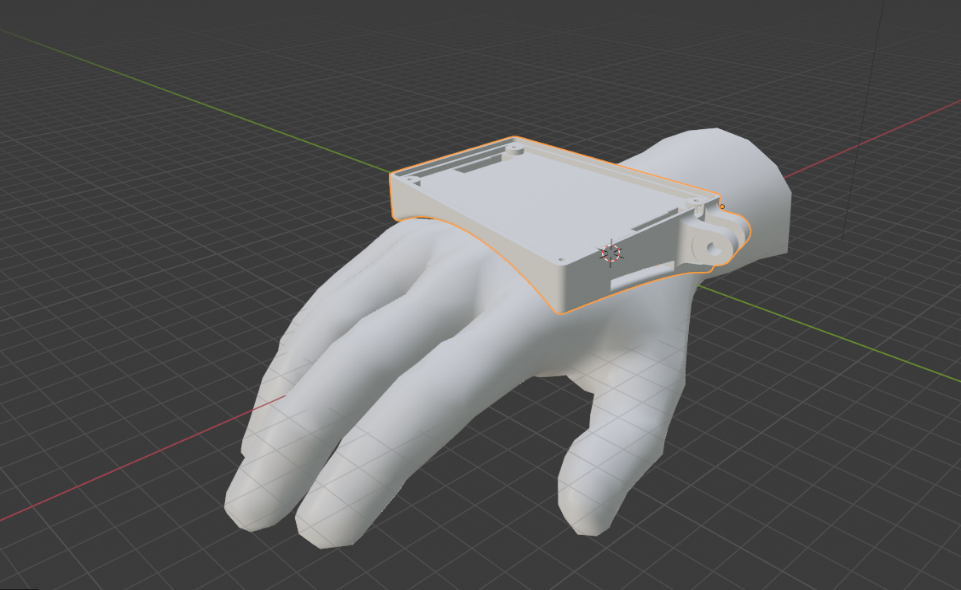


Рисунок 4.3 – Разработка эргономики корпуса

Одним из важнейших аспектов эргономики являются габаритные и весовые характеристики устройства. Эти параметры ограничивают возможности автономности устройства. Поскольку было принято решение использовать аккумуляторную сборку для питания, размещение ее в корпусе оказалось невозможным.

Во-первых, устройство стало бы слишком громоздким при таких габаритах. Во-вторых, вес блока питания составляет 260 грамм, а с учетом массы других компонентов и корпуса общий вес составляет 430 грамм. Такой вес может вызвать значительный дискомфорт уже после 15 минут активного использования, поскольку запястье будет нести на себе значительную часть нагрузки.

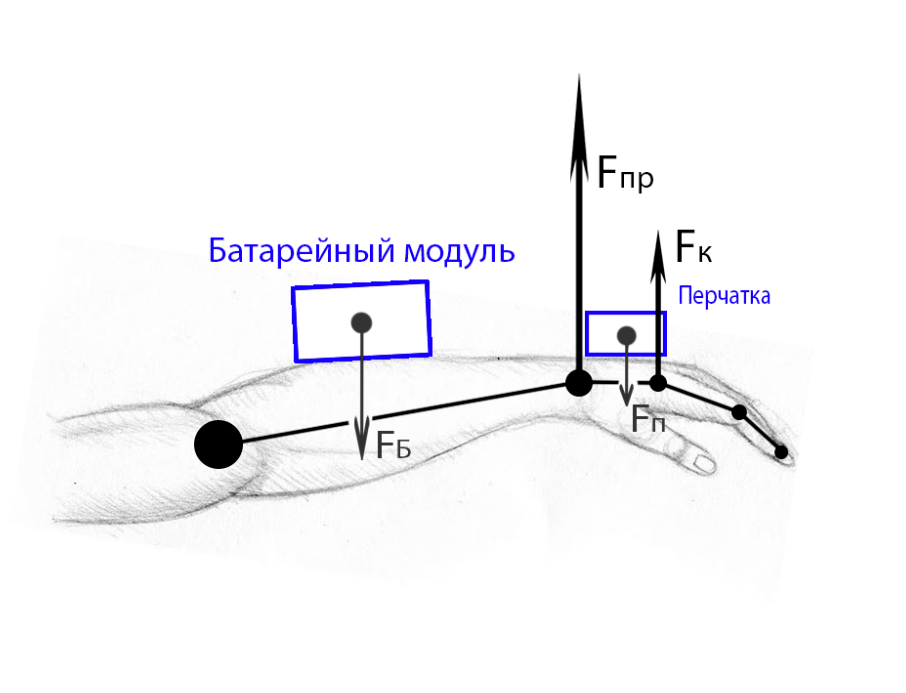
Исходя из вышеупомянутых причин, было принято решение вынести блок питания за пределы корпуса устройства. Детали конструкции блока питания представлены на рисунке 4.3. Однако использование длинного провода также может быть неудобным, поэтому сборка аккумуляторов будет крепиться к предплечью пользователя. Это не только решит проблему с весом, но и позволит равномерно распределить нагрузку по всей руке (Рисунок 4.4).

Рисунок 4.4 – Распределение нагрузки

## 4.4 Беспроводная связь

В целях обеспечения полной автономности перчатки, необходимо, помимо использования переносного источника энергии, также организовать беспроводную связь с внешними устройствами. С этой целью был выбран ESP32 в качестве микроконтроллера, который обладает встроенными функциями Wi-Fi и Bluetooth, что обеспечивает возможность установки беспроводной связи между перчаткой и другими устройствами. Кроме того, ESP32 имеет контакты для аналого-цифровых преобразователей (АЦП) и цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП).

Технология BLE (Bluetooth Low Energy), как следует из ее названия, потребляет значительно меньше энергии чем классический (classic) Bluetooth. Это достигается при помощи передачи данных по требованию с заранее определенными периодическими обновлениями. Но в отличие от классического Bluetooth технология BLE не используется для передачи файлов или музыки. Наверное, вы были неоднократно удивлены тем, что когда вы подключаете к вашему смартфону какой-нибудь фитнес браслет или умные часы, то вы в своем смартфоне можете посмотреть и уровень заряда батареи подключенного устройства – этот функционал становится доступен благодаря использованию технологии BLE. Данная технология работает вместе с версией Bluetooth V4.0 и может использоваться в серверных или клиентских устройствах, что делает ее чрезвычайно удобной для применения в умных часах, фитнес браслетах и т.д.

Классический Bluetooth, в то же время, достаточно удобен для передачи файлов и других данных. Практически все BLE устройства поддерживают и функционал классического Bluetooth.

Bluetooth, который используется в модулях подобных HC-05, является версией классического Bluetooth и называется Bluetooth SSP (Serial Port Protocol – протокол последовательного порта), что означает то, что в данном случае Bluetooth использует стандартный последовательный протокол.

В данной статье мы будем использовать функционал Serial Bluetooth (последовательного) в модуле ESP32 для его соединения со смартфоном, на котором запущено приложение Bluetooth Terminal. Из данного приложения мы будем передавать команды, с помощью которых мы будем включать/выключать встроенный светодиод модуля ESP32.

## 4.2 Расчет функционального узла печатной платы

В данной дипломной работе электрическая схема задается, чтобы произвести разработку конструкции и решение других конструкторских задач. Данная схема не имеет перечня элементов, а их название и номиналы указываются непосредственно на схеме. В связи с этим, ознакомившись со схемой, возникает необходимость в дополнении и уточнении элементной базы и произвести разработку трассировки печатной платы. Для решения этих задач об элементной базе нужно знать:

1. Габаритные (установочные) размеры, XU\*YU\*ZU.

2. Массу, ME.

3. Рабочие напряжение и мощность.

Трудность выбора элементной базы заключается в том, что на данный момент большое многообразие элементов с разными характеристиками и конструкциями. Также вызывает затруднение выбор подходящих коммутационных изделий.

Результаты анализа и выбора элементной базы представлены в таблице 4.1

Таблица 4.1 Результаты анализа и выбора элементной базы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Название | Тип | Рисунок с размерами | Масса, г | Место установки | | |
| ПП | ЛП | ЗП |
| микроконторллер Wi-Fi ESP WROOM 32 |  | Picture background | 2,18 | + |  |  |
| CH340C, Преобразователь интерфейса USB в UART [ | SOP-16 | Picture background | 0.4 | + |  |  |

Продолжение таблицы 4.1 Результаты анализа и выбора элементной базы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| USBLC6-2SC6 | SOT-23-6 | Picture background | 0,1 | + |  |  |
| AMS1117-3,3 | SOT-223 | Picture background | 0,39 | + |  |  |
| 2N7000 | TO-92 | Picture background | 0,3 | + |  |  |
| 1N4148W, | SOD-123 | Picture background | 0,05 | + |  |  |
| B5819WS, | SOD-323 | Picture background | 0,1 | + |  |  |

Продолжение таблицы 4.1 Результаты анализа и выбора элементной базы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| GNL-0805SR | 0805 | Picture background | 0,1 | + |  |  |
| GNL-0805GC | 0805 | Picture background | 0,1 | + |  |  |
| S8050 | SOT-23-3 | Picture background | 0,05 | + |  |  |
| 0,1мкф X7R 100в 10% | 0805 | Picture background | 0,01 | + |  |  |
| 10 мкФ X5R 16В 10% | 08085 | Picture background | 0,01 | + |  |  |

Продолжение таблицы 4.1 Результаты анализа и выбора элементной базы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 100кОм +0.1% | 0805 | Picture background | 0,01 | + |  |  |
| 2кОм ±5% 0.125Вт | 0805 | Picture background | 0,01 | + |  |  |
| 470 Ом, 1% | 0805 | Picture background | 0,01 | + |  |  |
| XT30PW-M, |  |  | 1 |  |  |  |
| 47346-0001 |  | Picture background | 0,25 |  |  |  |

Продолжение таблицы 4.1 Результаты анализа и выбора элементной базы

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1437566-3 (FSMSM) |  |  | 0,13 |  |  |  |

Предпочтительная форма печатной платы. Она определяется XP, YP, h и коэффициентом формы CF=XP/YP,

ХР> YP; X1, X2, Y1, Y2-краевые поля, необходимые для удобства изготовления и закрепления платы.

XF\*YF=SF - размеры и площадь функциональной области, где размещаются элементы электрической схемы и соединительные пробойники.

Площадь, занимаемая элементами на плате.

Вычисляется по формуле (14) и равняется:

(14)

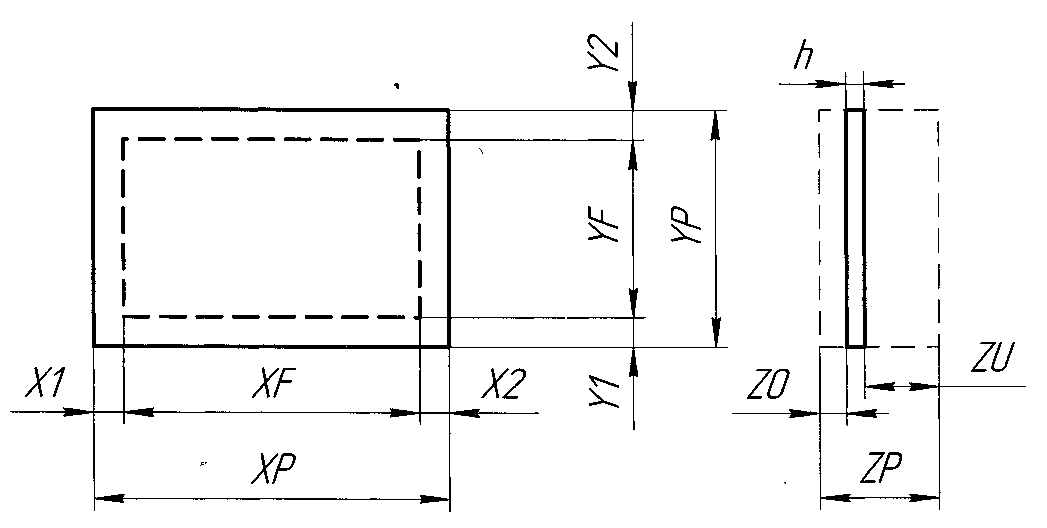


Рисунок 4.5 - Размеры печатной платы

Согласно рисунка 4.5 размеры печатной платы - определяются размерными цепочками:

(15a)

(5б)

Размеры печатного узла по третьей координате-

(16)

(h-толщина материала печатной платы)

h=0,5мм

CZ-коэффициент заполнения по площади.

При равенстве CZ(X)=CZ(Y)=√CZ,

CZ-статическая Величина и составляет CZ=0,304

С учётом зазоров между элементами, площадь функциональной поверхности платы найдётся по формуле (4) как

(17)

Ширина краевых полей выбирается кратной шагу координатной сетки X1,X2,Y1,Y2 = 2,5

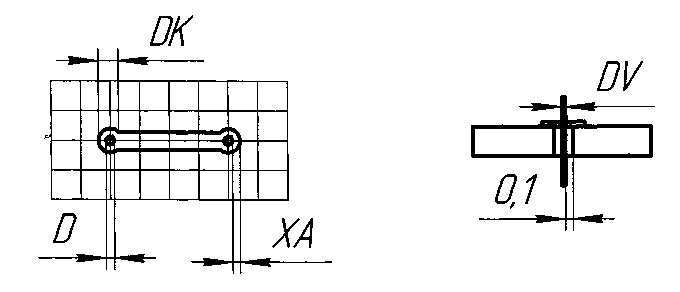
Коэффициент формы платы CF=XF/YF=XP/YP,

согласно ГОСТ 10716-81 1≤CF≤3;

CF=1,6

Диаметр контактной площадки согласно рис 4.6 а, находится как DK=2xXA+D=2 0,7+0,8=2,2 мм

где ХА - ширина проводника, D-диаметр отверстия в плате для установки вывода элемента DV, рис 4.6 б.



а б

Рисунок 4.6 (а, б) - Размер контактной площадки

Для каждой толщины подсчитаем значение диаметра контактной площадки

D1=DV1+0,2=0,5+0,2=0,7 мм

D2=DV2+0,2=0,6+0,2=0,8 мм

Выбираем D1=D2=0,8 мм

В данном случае целесообразно использовать следующие размеры печатной платы

XP=X1+XF+X2=2,5+75+2,5=80 мм

YP=Y1+YF+Y2=2,5+45+2,5=50 мм

Получен коэффициент прямоугольности 1,6

Размеры плоты XP XYP=80\*50 мм

Функциональные узлы, использующие интегральные схемы, работают на токах, не превышающие 10-2...10-4А через проводники сигнальных цепей.

В данном устройстве токи не могут превышать 1СГ3А. Ширину проводника ХА возьмём равной 0,3мм. Удельная плотность тока через печатного проводника равный - 25 А/мм2.

Подсчитаем значение толщины фольги по формуле (5):

*(18)*

В результате расчётов получилось толщина фольги 14 мкм, возьмём стандартную толщину фольги 18 мкм.

Полученные габаритные размеры функционального узла - 80х50х0,5мм подходящей материал для изготовления печатной платы - стеклотекстолит, фольгированный гальваностойкий СФ-2-18-Г.

# 6. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

6.1 Общие положения

Задачей экономической части дипломной является расчёт затрат на изготовление изделия «Перчатка с обратной тактильной связью» при серийном производстве на предприятии.

Расходы предприятия - это расходы, связанные с изготовлением и продажей продукции, приобретением и перепродажей товаров, выполнением работ или оказанием услуг. Совокупность всех расходов предприятия, возникающих в процессе переработки материально-производственных запасов для целей производства продукции и её продажи.

- материальные затраты;

- затраты на оплату труда;

- отчисления на социальные нужды;

- амортизация основных фондов;

При этом по элементу «Материальные затраты» отражается стоимость покупных основных и вспомогательных материалов, изделий, топлива, энергии, услуг производственного характера сторонних организаций. Их стоимость формируется исходя из цен приобретения (без учёта НДС), включая наценку (надбавку), комиссионное вознаграждение, оплату брокерских и иных посреднических услуг. Оплата труда и отчисления на социальные нужды отражаются только применительно к персоналу основной деятельности.

Элемент «Амортизация основных фондов» учитывает величину амортизационных отчислений на полное восстановление основных производственных фондов, сумма которых, определяется на основании их балансовой стоимости и действующих норм амортизации. В элемент

«Прочие затраты» включаются некоторые виды сборов и платежей, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ и другие.

В процессе анализа учитывается удельный вес каждого элемента затрат в общей сумме себестоимости, исходя из особенностей тех или иных отраслей. Затраты, формирующие себестоимость продукции, составляют подавляющую часть расходов предприятия. Поэтому их величина напрямую влияет на размер прибыли, получаемой предприятием.

Расчет затрат на элементную базу

Для расчета затрат на элементную базу необходимо составить перечень необходимых элементов и рассчитать их стоимость. В таблице 6.2 перечислены элементы, необходимые для создания прототипа прерчатки:

(19)

Где: Цэ - цена элементов (руб.);

∑э – количество элементов;

Р – цена одного элемента (руб.)

Таблица 6.2 Список деталей

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Название | Цена за партию с НДС 20% (руб) | Количество деталей в партии (Ед) | Цена за деталь  (руб) | Количество деталей на единицу изделия | Цена на еденицу изделия  (руб) |
| 1 | печатная плата jlcpcb 5шт | 1 789,2 | 5 | 357.8 | 1 | 357.8 |
|
| 2 | Датчик давления FSR400 | 187,2 ₽ | 1 | 187,2 ₽ | 5 | 936.0 |
|
| 3 | Сервопривод sg90 5шт | 1 208,4 ₽ | 5 | 240 | 5 | 1 208,4 |
|
| 4 | Шлейф 1.2мм 9жил 2м | 223.2 | 2 | 111.6 | 1.5 | 167.4 |
|
| 5 | Винт с шестигранной головкой ISO7380 М2,5х16 | 181,2 | 50 | 3.6 | 5 | 18.1 |
|
| 6 | Винт с шестигранной головкой ISO7380 М2х10 | 141,6 | 50 | 2.8 | 5 | 14.2 |
|
| 7 | 3x4x6 Низкопрофильный прецизионный плечевой винт из нержавеющей стали 18-8 | 343,1 | 1 | 343,1 | 1 | 343,1 |
|
| 8 | 3x4x4 Низкопрофильный прецизионный плечевой винт из нержавеющей стали 18-8 | 274,1 | 1 | 274,1 | 4 | 1096.3 |
|
| 9 | 3x4x16 Низкопрофильный прецизионный плечевой винт из нержавеющей стали 18-8 | 343,1 | 1 | 343,1 | 1 | 343,1 |
|
| 10 | Плоский вибромотор BVM 1027 10мм 3В для Arduino проектов CT Retail | 180,0 | 1 | 180,0 | 1 | 180,0 |
|
| 11 | микроконторллер Wi-Fi ESP WROOM 32 | 312,0 | 1 | 312,0 | 1 | 312,0 |
|
| 12 | CH340C, Преобразователь интерфейса USB в UART [SOP-16] | 118,8 | 1 | 118,8 | 1 | 118,8 |
|
| 13 | USBLC6-2SC6, Защита интерфейса USB от электростатических разрядов [SOT-23-6] | 30,0 | 1 | 30,0 | 1 | 30,0 |
|
| 14 | LM7805Стабилизатор напряжения, линейный,нерегулируемый, 5В, 2,2А | 240,0 | 1 | 240,0 | 1 | 240,0 |
|

Продолжение Таблицы 6.2 Список деталей

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 15 | AMS1117-3,3, Линейный регулятор с малым падением напряжения, 1А, 3,3В [SOT-223] | 10,8 | 1 | 10,8 | 2 | 21,6 |
|
|
| 16 | 2N7000, Транзистор, N-канал, 60В, 0.2А [TO-92] | 8,4 | 1 | 8,4 | 1 | 8,4 |
| 17 | 1N4148W, Диод 100В 0.15А [SOD-123] | 3,6 | 1 | 3,6 | 1 | 3,6 |
| 18 | B5819WS, Диод Шоттки 40В 1А [SOD-323] | 4,8 | 1 | 4,8 | 1 | 4,8 |
| 19 | GNL-0805SRC, Светодиод красный SMD 0603 9-15мКд 120° 660нМ | 14,4 | 1 | 14,4 | 1 | 14,4 |
| 20 | GNL-0805GC, Светодиод зеленый SMD 0603 7-12мКд 120° 567нМ | 14,4 | 1 | 14,4 | 1 | 14,4 |
| 21 | S8050, Транзистор NPN 25В 0.5А HFE=120…400 0.3Вт [SOT-23-3] | 4,8 | 1 | 4,8 | 2 | 9,6 |
| 22 | Конденсатор керамический smd 10 мкФ X5R 16В 10% 0805 | 8,4 | 1 | 8,4 | 7 | 58,8 |
| 23 | 0,1мкф X7R 100в 10% (0805) Чип керам,конденсатор TCC0805X7R104K101FT | 2,4 | 1 | 2,4 | 13 | 31,2 |
| 24 | RT0805BRD07100KL, (чип 0805 100К 0.1% +25ppm/°C), Тонкопленочный ЧИП-резистор 0805 100кОм +0.1% 0.125Вт -55°С...+155°С | 7,2 | 1 | 7,2 | 5 | 36,0 |
| 25 | RS-05K202JT, ЧИП-резистор 0805 2кОм ±5% 0.125Вт -55°C...+155°C | 3,6 | 1 | 3,6 | 2 | 7,2 |
| 26 | Резистор постоянный SMD 0805 10K 0.5% / RT0805DRE0710KL | 2,4 | 1 | 2,4 | 4 | 9,6 |
| 27 | 0.125Вт 0805 470 Ом, 1%, Чип резистор (SMD) | 4,8 | 1 | 4,8 | 2 | 9,6 |
| 29 | 47346-0001, Разъем micro USB-B | 168,0 | 1 | 168,0 | 1 | 168,0 |
| 30 | XT30PW-M, Разъем питания штекер на плату угловой 2pin | 216,0 | 1 | 216,0 | 1 | 216,0 |
| 31 | XT30U-F, Вилка питания DC XT30 "мама" провод под пайку Цвет желтый | 168,0 | 1 | 168,0 | 1 | 168,0 |
| 32 | Плата модуля питания TP5100 для управления зарядкой | 51,6 | 1 | 51,6 | 1 | 51,6 |
| 33 | Аккумулятор li-ion, 3000 мАч, 5 шт | 1 184,4 | 5 | 1 184,4 | 2 | 473,8 |
| 34 | Батарейный отсек для аккумуляторов 2 x 18650 Li-ion с проводами | 159,6 | 1 | 159,6 | 1 | 159,6 |
| 35 | Стяжки на липучке, ремешок фиксатор 5шт. | 552,0 | 5 | 552,0 | 2 | 220,8 |
| 36 | Защитные накладки на кончики пальцев для гитары 10 шт | 430,8 | 10 | 430,8 | 5 | 215,4 |

₽

## 6.2 Расчет стоимости материалов

Основные материалы, используемые на единицу изделия и расчет затрат на них приведен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 Список материалов

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Наименование материалов | Еди  ницыизме- рения | Коли-  чество  единиц  mi | Цена за единицу изделия  Цi , руб | Стои-  мость  в руб.  mi \* Цi |
| 1 | Спирто-нефрасовая смесь 1։1= | л | 0,07 | 38 | 2,66 |
| 2 | Припой Прв КР2 ПОС – 61= | кг | 0,03 | 283 | 8,49 |
| 3 | Флюс ФКС 40%= | кг | 0,02 | 6 | 0,12 |
| 4 | Лак УР – 231. Т2.4= | л | 0,02 | 370 | 7,4 |
| 6 | Сплав Розе= | кг | 0,001 | 420 | 0,42 |
| 7 | Канифоль сосновая | кг | 0,16 | 300 | 48 |
| 8 | Краска МКЭ черная | л | 6,0 | 10 | 60 |
| 9 | Клей ВК - 9 | кг | 0,008 | 56 | 0,448 |
| 10 | Пластик для 3D принтера PLA Geekfilament 1.75мм, | кг | 0,2 | 257 | 51,4 |
|  | Итого |  |  |  | 178,94 |

## 6.3 Стоимость сырья и материалов на единицу проектируемого изделия

Стоимость сырья и материалов на единицу проектируемого изделия, необходимых для изготовления, рассчитывается по формуле:

 = 178,94руб.

где: - количество материалов

 - цена за единицу материала, руб.

m –количество, наименований материалов.

Расчет стоимости оборудования

Производим расчёт оборудования, необходимого для организации работы:

Таблица 6.4 Список оборудования

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Название | Цена в том числе с НДС, руб. |
| 1 | Стол радиомонтажника VikingКомплект Классик СР-2 | 26 330 |
| 2 | Термовоздушная паяльная станция МЕГЕОН 00550 к0000020550 | 13 566,0 |
| 3 | Лампа для местного освещения | 2 500 |
| 4 | Лупа 5Х на струбцине с подсветкойRexant 31 - 0532 | 5 300 |
| 5 | Верстак с тумбой 1200x685x850 Gigant ВТ G-ВТ-1.2 | 16 769 |
| 6 | Сверлильный станок (9 скоростей, 400Вт, D13мм) Zitrek DP-82 067-4010 | 7 369 |
| 7 | Угловая шлифмашина Bosch GWS 660 0.601.375.08N | 2 726 |
| 8 | Ноутбук Honor MagicBook 14 5301AFLS, 14", IPS, AMD Ryzen 5 5500U 2.1ГГц, 6-ядерный, | 43 990,0 |
| 9 | 3D-принтер Flying Bear Ghost 5, | 21 863,3 |
| 10 | Прямошлифовальная машинка Ryobi EHT150V 5133000754 | 5 554,0 |
| 11 | Набор отверток из стали S2 КВТ Мастер НО-06-S 78622 | 729,0 |
| 12 | JIMI JM-GNT80 80 в 1 прецизионные отвертки многофункциональные | 3 398,0 |
| 13 | Автоматический цифровой мультиметр Вымпел VC835 5228 | 2 231,0 |
| 14 | Набор шарнирно-губцевого инструмента Tactix Ergo 204025, 5 предм. | 3 623,0 |
| 15 | Источник питания VERDO PP1106 60 В, 10А, 300 Вт PP110600 | 21 650,0 |
|  | Итого | 177598 |

## 6.4 Расчет стоимости программного обеспечения (ПО)

Производим расчёт стоимости программного обеспечения, необходимого для организации работы:

Таблица 6.5 Список ПО

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Название | Цена в том числе с НДС, руб. |
| 1 | КОМПАС-3D v19 | 169 000 |
| 2 | Altiumdisigner | 600 000 |
| 3 | Visual Studio Code | 0 |
|  | Итого | 769 000 |

## 6.5 Расчет фонда заработной платы

Для расчета основной заработной платы производственных рабочих, занимающихся сборкой и монтажом проектированного изделия, данные представлены в таблице 6.6.

Таблица 6.6 Фонд оплаты труда

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Профессия и разряд рабочего | Количество часов  за смену | Часовая  тарифная ставка | Основная заработная плата за смену ЗПо |
| Радиомонтажник  VI разряда | 8 | 350 | 2800 |
| Инженер программист | 8 | 500 | 4000 |
| Регулировщик  VI разряда | 8 | 450 | 3600 |
| Сборщик VI разряда | 8 | 250 | 2000 |

Для расчета дополнительной заработной платы производственных рабочих, занимающихся сборкой и монтажом проектированного изделия, данные представлены в таблице 6.7.

Таблица 6.7 Дополнительная оплата труда

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Профессия и разряд рабочего | Основная заработная плата  за смену | Процент дополнительной заработной платы | Дополнительная заработная плата  за смену ЗПд |
| Радиомонтажник  VI разряда | 2800 | 30% | 840 |
| Инженер программист | 4000 | 30% | 1200 |
| Регулировщик  VI разряда | 3600 | 30% | 1080 |
| Сборщик VI разряда | 2000 | 30% | 600 |

Суммарная заработная плата (основная и дополнительная) производственных рабочих, данные представлены в таблице 6.8.

Таблица 6.8 Итоговый фонд оплаты труда

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Профессия и разряд рабочего | Основная заработная плата  за смену | Дополнительная заработная плата  за смену | Суммарная заработная плата  за смену |
| Радиомонтажник  VI разряда | 2800 | 840 | 3640 |
| Инженер программист | 4000 | 1200 | 5200 |
| Регулировщик  VI разряда | 3600 | 1080 | 4680 |
| Сборщик VI разряда | 2000 | 600 | 2600 |

Чтобы рассчитать страховую часть с заработной платы, прежде всего необходимо определить вид страхования и выплату по ним, данные представлены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 название

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Профессия и разряд рабочего | ПФР (обязательное пенсионное страхование)  22% | ФФОМС (обязательное медицинское страхование)  5,1% | ФСС  (обязательное социальное страхование в связи с временной нетрудоспособностью и материнством)  2,9% | ОСС НС и ПЗ  (обязательное социальное страхование от несчастного случая и профессиональных заболеваний)  2,1% |
| Радиомонтажник VI разряда | 800,8 | 185,64 | 105,56 | 76,44 |
| Инженер программист | 1144 | 265,2 | 150,8 | 109,2 |
| Регулировщик  VI разряда | 1029,6 | 238,68 | 135,72 | 98,28 |
| Сборщик VI разряда | 572 | 132,6 | 75,4 | 54,6 |

Данные для расчёта НДФЛ представлены в таблице 6.10.

Таблица 6.10 Налогообложение

|  |  |
| --- | --- |
| Профессия и разряд рабочего | НДФЛ  13% |
| Радиомонтажник VI разряда | 473,2 |
| Инженер программист | 676 |
| Регулировщик VI разряда | 608,4 |
| Сборщик VI разряда | 338 |

Определяем фонд оплаты труда за смену по каждому работнику, чтобы в дальнейшем определить затраты по заработной плате на единицу изделия:



Таблица 6.11 Оплата труда за смену

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Профессия и разряд рабочего | Кол-во  изделия в смену | ФОТ | ФОТ  на единицу изделия |
| Радиомонтажник VI разряда | 1 шт. | 5281,64 | 5281,64 |
| Инженер программист | 1 шт. | 7545,2 | 7545,2 |
| Регулировщик VI разряда | 1 шт. | 6790,68 | 6790,68 |
| СборщикVI разряда | 1 шт. | 3772,6 | 3772,6 |
| Всего ФОТ по всем работникам на ед.изделия | 1 шт. | 23390,12 | 23390,12 |

## 6.6 Расчёт амортизации основных фондов

Амортизация – есть денежное выражение износа.

Норма амортизации в месяц:

На = (1 / t) \* 100%

На = (1 / 5\*12) \* 100% = 1,67%

Сумма амортизации в месяц:

А = (Фп \* На) / 100%

Сумма амортизации на единицу изделия:

Аед.из = А/Кр.д

где: Кр.д. – количество рабочих дней в месяц.

Таблица 6.12 Амортизация

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Название | Цена в том числе с НДС,  руб.  Фп | Срок использования оборудования  мес. | Сумма амортизации в месяц. | Сумма амортизации в день | Сумма амортизации на единицу продукци |
| 1 | Стол радиомонтажника VikingКомплект Классик СР-2 | 26 330 | 60 | 438,8 | 14,6 | 14,6 |
| 2 | Термовоздушная паяльная станция МЕГЕОН 00550 к0000020550 | 13 566,0 | 40 | 339,2 | 11,3 | 11,3 |
| 3 | Лампа для местного освещения | 2 500 | 60 | 41,7 | 1,4 | 1,4 |
| 4 | Лупа 5Х на струбцине с подсветкойRexant 31 - 0532 | 5 300 | 60 | 88,3 | 2,9 | 2,9 |
| 5 | Верстак с тумбой 1200x685x850 Gigant ВТ G-ВТ-1.2 | 16 769 | 60 | 279,5 | 9,3 | 9,3 |
| 6 | Сверлильный станок (9 скоростей, 400Вт, D13мм) Zitrek DP-82 067-4010 | 7 369 | 60 | 122,8 | 4,1 | 4,1 |
| 7 | Угловая шлифмашина Bosch GWS 660 0.601.375.08N | 2 726 | 60 | 45,4 | 1,5 | 1,5 |
| 8 | Ноутбук Honor MagicBook 14 5301AFLS, 14", IPS, AMD Ryzen 5 5500U 2.1ГГц, 6-ядерный, | 43 990,0 | 24 | 1832,9 | 61,1 | 61,1 |
| 9 | 3D-принтер Flying Bear Ghost 5, | 21 863,3 | 24 | 911,0 | 30,4 | 30,4 |
| 10 | Прямошлифовальная машинка Ryobi EHT150V 5133000754 | 5 554,0 | 60 | 92,6 | 3,1 | 3,1 |
| 11 | Набор отверток из стали S2 КВТ Мастер НО-06-S 78622 | 729,0 | 80 | 9,1 | 0,3 | 0,3 |

Продолжение Таблицы 6.12 Амортизация

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 12 | JIMI JM-GNT80 80 в 1 прецизионные отвертки многофункциональные | 3 398,0 | 60 | 56,6 | 1,9 | 1,9 |
| 13 | Автоматический цифровой мультиметр Вымпел VC835 5228 | 2 231,0 | 40 | 55,8 | 1,9 | 1,9 |
| 14 | Набор шарнирно-губцевого инструмента Tactix Ergo 204025, 5 предм. | 3 623,0 | 80 | 45,3 | 1,5 | 1,5 |
| 15 | Источник питания VERDO PP1106 60 В, 10А, 300 Вт PP110600 | 21 650,0 | 40 | 541,3 | 18,0 | 18,0 |
|  | **Итого:** | **177 598** |  | **4900,2** | **163,3** | **163,3** |

6.7 Расчёт постоянных затрат

Затраты на оплату силовой электроэнергии, потребляемой оборудованием.

Зс.эл.= к \*  Роб \* n \* Тсм \* СкВт-ч (руб.)

где: к – коэффициент, учитывающий неравномерность использования оборудования, к = 0,65;

Роб– суммарная мощность оборудования, кВт;

n – число смен работы в сутки;

Тсм – продолжительность смены, час.;

СкВт-ч – стоимость одного кВт электроэнергии, руб. (4,79руб.)

Таблица 6.1 Затраты на электроэнергию

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Название | Мощность оборудования  кВт | Силовая электроэнергия  (за смену)  Зс.эл. | Силовая электроэнергия  (за ед.изделия)  Зс.эл. |
| 1 | Стол радиомонтажника VikingКомплект Классик СР-2 | 0,054 | 1,35 | 1,35 |
| 2 | Станция паяльная термовоздушная + паялникLUKEY - 868 | 0,75 | 18,68 | 18,68 |
| 3 | Лампа для местного освещения | 0,1 | 2,49 | 2,49 |
| 4 | Лупа 5Х на струбцине с подсветкойRexant 31 - 0532 | 0,011 | 0,27 | 0,27 |
| 5 | Верстак с тумбой 1200x685x850 Gigant ВТ G-ВТ-1.2 | 0,054 | 1,35 | 1,35 |
| 6 | Сверлильный станок (9 скоростей, 400Вт, D13мм) Zitrek DP-82 067-4010 | 0,4 | 9,96 | 9,96 |
| 7 | Угловая шлифмашина Bosch GWS 660 0.601.375.08N | 0,66 | 16,44 | 16,44 |
| 8 | Ноутбук Honor MagicBook 14 5301AFLS, 14", IPS, AMD Ryzen 5 5500U 2.1ГГц, 6-ядерный, | 0,065 | 1,62 | 1,62 |
| 9 | 3D-принтер Flying Bear Ghost 5, | 0,3 | 7,47 | 7,47 |
| 10 | Прямошлифовальная машинка Ryobi EHT150V 5133000754 | 0,15 | 3,74 | 3,74 |
| 11 | Источник питания VERDO PP1106 60 В, 10А, 300 Вт PP110600 | 0,3 | 7,47 | 7,47 |
|  | **Итого:** |  | **70,84** | **70,84** |

6.7 Расчёт себестоимости изделия

Составляем калькуляцию себестоимости на единицу изделия (таблица 6.14):

Таблица 6.14 Итоговая стоимость

|  |  |
| --- | --- |
| Статьи затрат на единицу изделия | Затраты на единицу изделия |
| Стоимость материалов | 178,94 |
| Затраты на элементную базу | 7 633,2 |
| Фонд оплаты труда | 23390,12 |
| Амортизация оборудования | 163 |
| Затраты на электроэнергии | 70,84 |
| Всего: | 31436,1 |

6.8 Вывод по разделу

Благодаря проведённым расчётам мы можем увидеть, что именно влияет на стоимость готового изделия, реализуемого на рынке, а также в какой степени.

В нашем случае, более всего на себестоимость влияют такие статьи расходов, как:

* Материальные расходы;
* Оплата труда;

Материальные расходы, что в процентном соотношении от общей себестоимости готового изделия, составляют 71% и оплата труда, составляющую 23%. В сумме, дают 94% от себестоимости. Это говорит нам о том, что для уменьшения себестоимости изделия, в первую очередь необходимо рассматривать именно эти две статьи.

В случае с материальными расходами, большую часть от суммы этой статьи берут расходы на детали. А если быть более точными, то 98,99%. Уменьшить расходы по этой статье можно путём изменения конструкции и геометрических размеров деталей или выбором более дешёвых материалов, без потерь в качестве и прочности самих деталей, а также их функциональности.

В результате проведённой работе нам стало понятно, что именно необходимо скорректировать в затратах на наше изделие, для его наилучшего позиционирования на рынке.