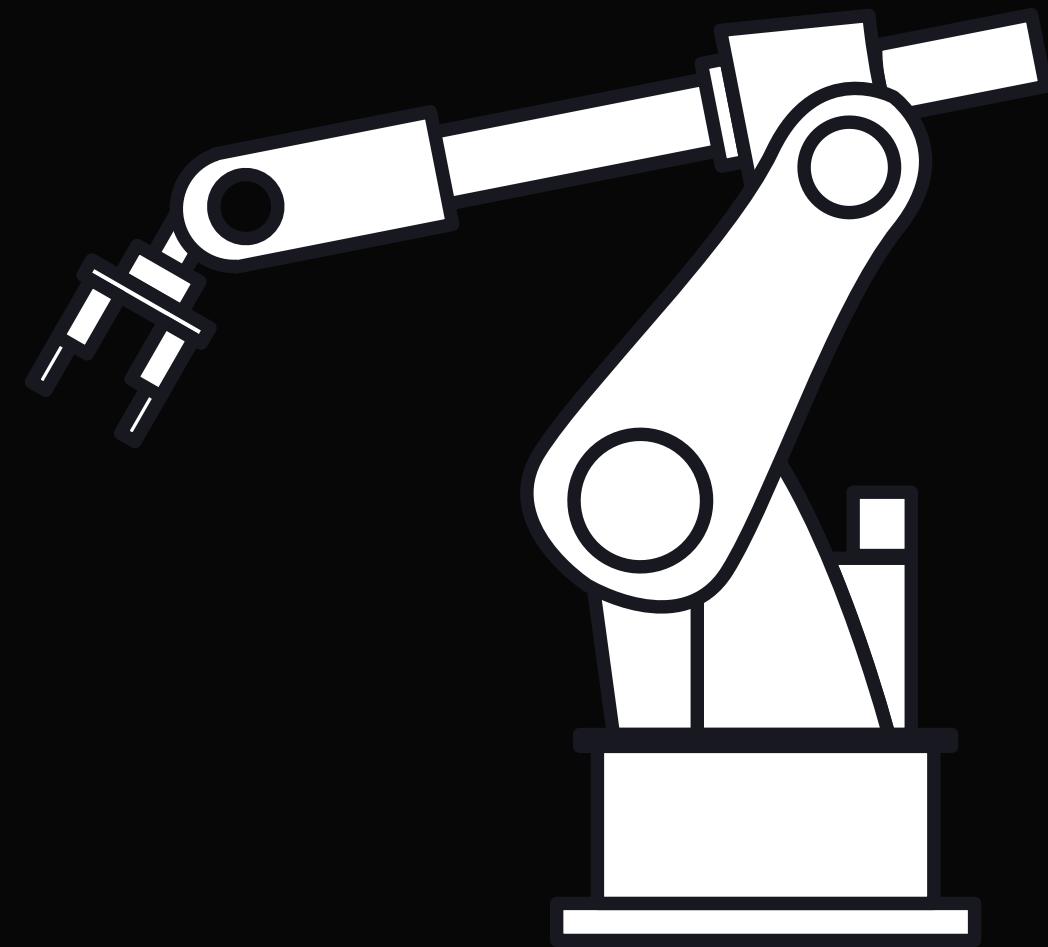


Выпускная квалификационная работа бакалавра

Биотехнический робот

**Универсальный
Манипулятор
Небольших
Объектов**



Ментор: Некрасов П.В.

Студент: Нормурадов С.Н.

Содержание

01 Введение

02

Цель

Задачи

Реализация

- Манипулятор
- Пульт управления

03 Заключение

2.1

- Обзор и Анализ
- Требования и Результаты

2.2 Конструкция

- Выбор концепции
- 3D-моделирование
- 3D-печать
- Тестирование

2.3 Аппаратное обеспечение

Выбор компонентов:

- Достоинства/Недостатки

Разработка платы:

- 3D-проектирование
- Изготовление:
 - Фотолитография
 - ЛУТ

2.4 Программное обеспечение

- Аппаратная платформа
- Функциональность
- Архитектура
- Апробация

01. Введение

Классификация

- Тип монтажа (стационарный, мобильный)
- Тип управления (автоматический, биотехнический, интерактивный)
- Функционал (транспортировка, сборка и др.)
- Полезная нагрузка

Манипулятор – исполнительное устройство в составе автоматической машины, имеющее несколько степеней подвижности и управляемое программным пакетом или оператором для выполнения двигательных и управляющих функций

Достоинства использования:

- Исключение вредных факторов на рабочий персонал
- Повышение производительности труда
- Уменьшение издержек производства
- Повышение точности изготовления продукции
- Рациональное использование производственных помещений
- Исключение влияния человеческого фактора при проведении монотонных работ

Восходящий тренд внедрения промышленных роботов в мире

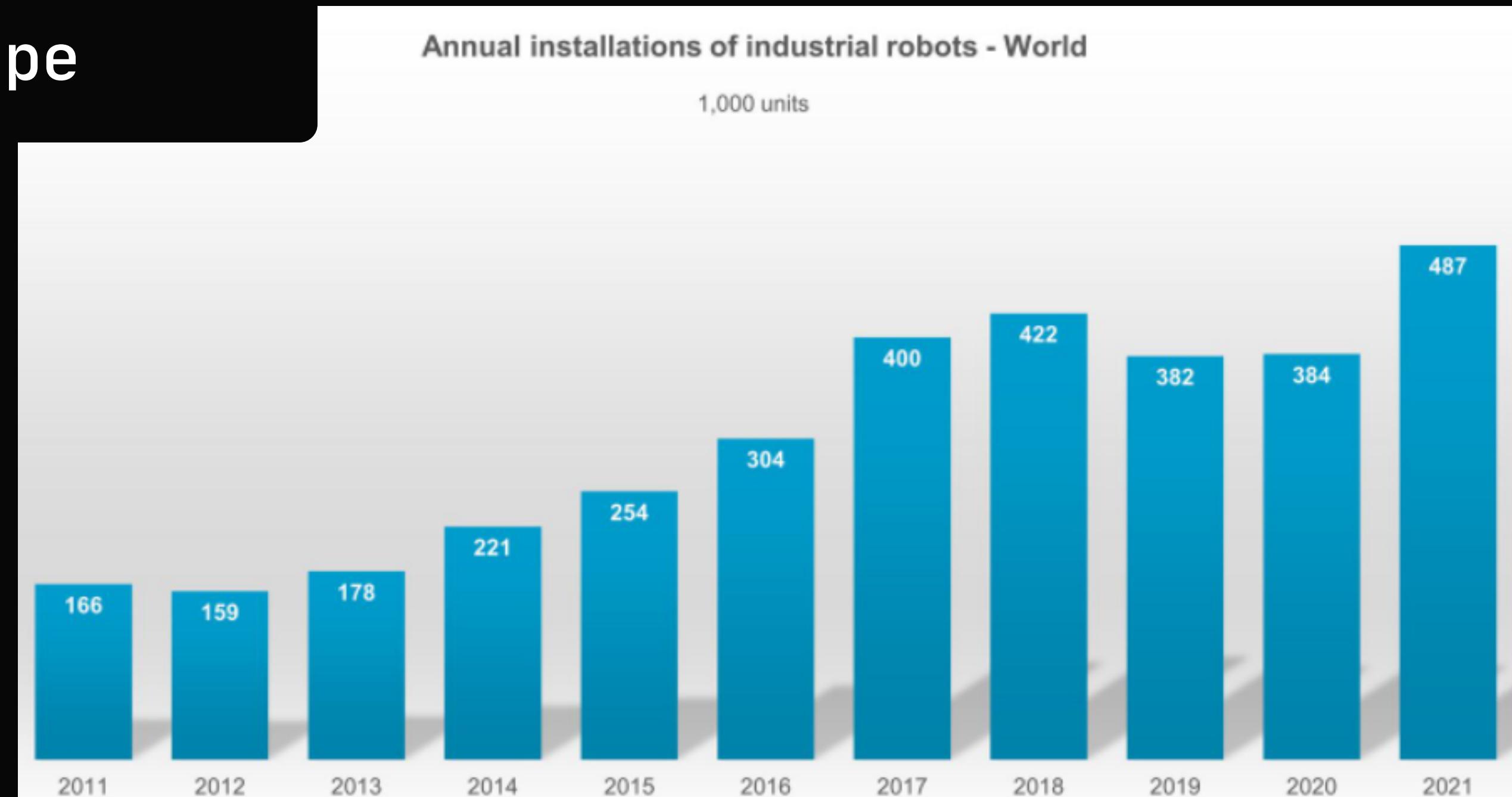
Виды трудовой деятельности
потенциально охватываемые
автоматизацией

- Предсказуемые
физические действия
- Обработка/сбор данных
- Непредсказуемые
физические действия

* Источник: US Bureau of Labor Statistics; McKinsey Global Institute analysis, январь 2017

Потенциальные для автоматизации сектора экономики*

- Гостиничное хозяйство и общественное питание, 73%
- Промышленность, 60%
- Сельское хозяйство, 58%



Источник: International Federation of Robotics,
предварительные данные на первую четверть 2022

02. Цель. Задачи. Реализация

Цель - разработать универсальный манипулятор захвата для управления пространственного положения небольших объектов твердой фазы и различной конфигурации (геометрия и степень свободы), дистанционно управляемый и функционирующий самостоятельно и/или в составе мобильной робототехнической платформы.

Задачи

01

Обзор/анализ существующих разработок
(Достоинства/Недостатки):

- Специализация
- Маневренность
- Полезная нагрузка
- Возможность модификации
- Габариты
- Стоимость

02

Разработка собственного решения:

- Конструкторское
- Аппаратное
- Программное

03

Тестирование готового устройства

2.1. Обзор и Анализ

Промышленные/Коллаборативные



KUKA LBR iiy 3 R760

- Универсальный, Коллаборативный
- Степени свободы: 6
- Полезная нагрузка: 3 кг
- Доступ к ПО: открытый (Java), режим обучения, графич. язык
- Масса: 22,8 кг
- Стоимость: от 1 673 001 руб.



FANUC LR Mate 200iD/4S

- Универсальный
- Степени свободы: 6
- Полезная нагрузка: 4 кг
- Доступ к ПО: режимом обучения
- Масса: 20,0 кг
- Стоимость: 2 499 687 руб.

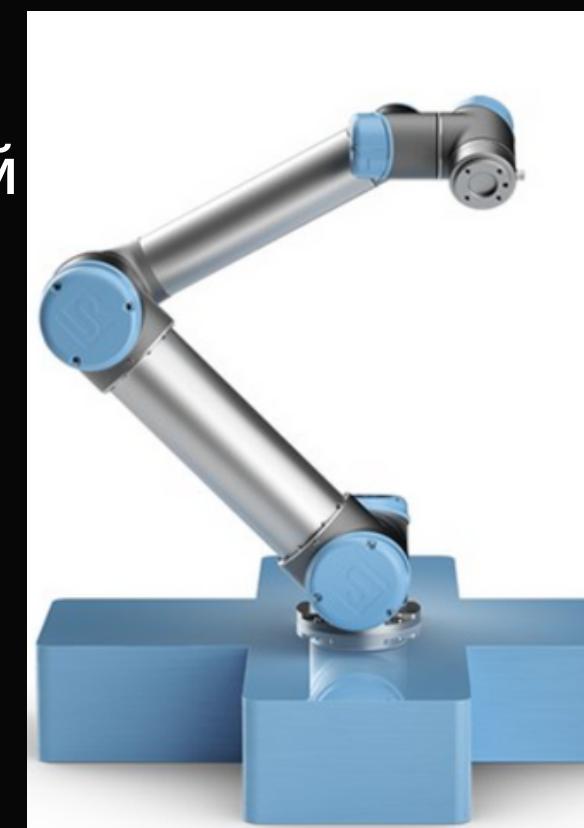
ABB Single-arm YuMi

- Универсальный, Коллаборативный
- Степени свободы: 7
- Полезная нагрузка: 0,5 кг
- Доступ к ПО: графический язык,
- Масса: 9.5 кг
- Стоимость: 2 124 712 руб.



Universal Robots UR3e

- Универсальный, Коллаборативный
- Степени свободы: 6
- Полезная нагрузка: 3 кг
- Доступ к ПО: 3D визуализация, режим обучения
- Масса: 11 кг
- Стоимость: 1 615 838 руб.



Вывод:

универсальный, наличие обратной связи, высокая подвижность, большая полезная нагрузка, удобный пользовательский доступ к ПО, высокая стоимость, большая масса и электрические потребления

2.1. Обзор и Анализ

Образовательные



DOBOT Magician

- Многофункциональный
- Полезная нагрузка: 500 г
- Доступ к ПО: 20 языков программирования
- Степени свободы: 4
- Масса: 3,4 кг
- Стоимость: 218 000 руб.



Hiwonder xArm ESP32

- Степени свободы: 5
- Доступ к ПО: C++, Mini Python
- Масса: ~ 1,0 кг
- Образовательный
- Полезная нагрузка: -
- Стоимость: 37 500 руб.



Учебный робот SD1-4-320

- Многофункциональный
- Полезная нагрузка: 250 г
- Доступ к ПО: Scratch, C
- Степени свободы: 4
- Масса: 3,4 кг
- Стоимость: 350 000 руб.



Образовательный набор - Робот "Манипулятор"

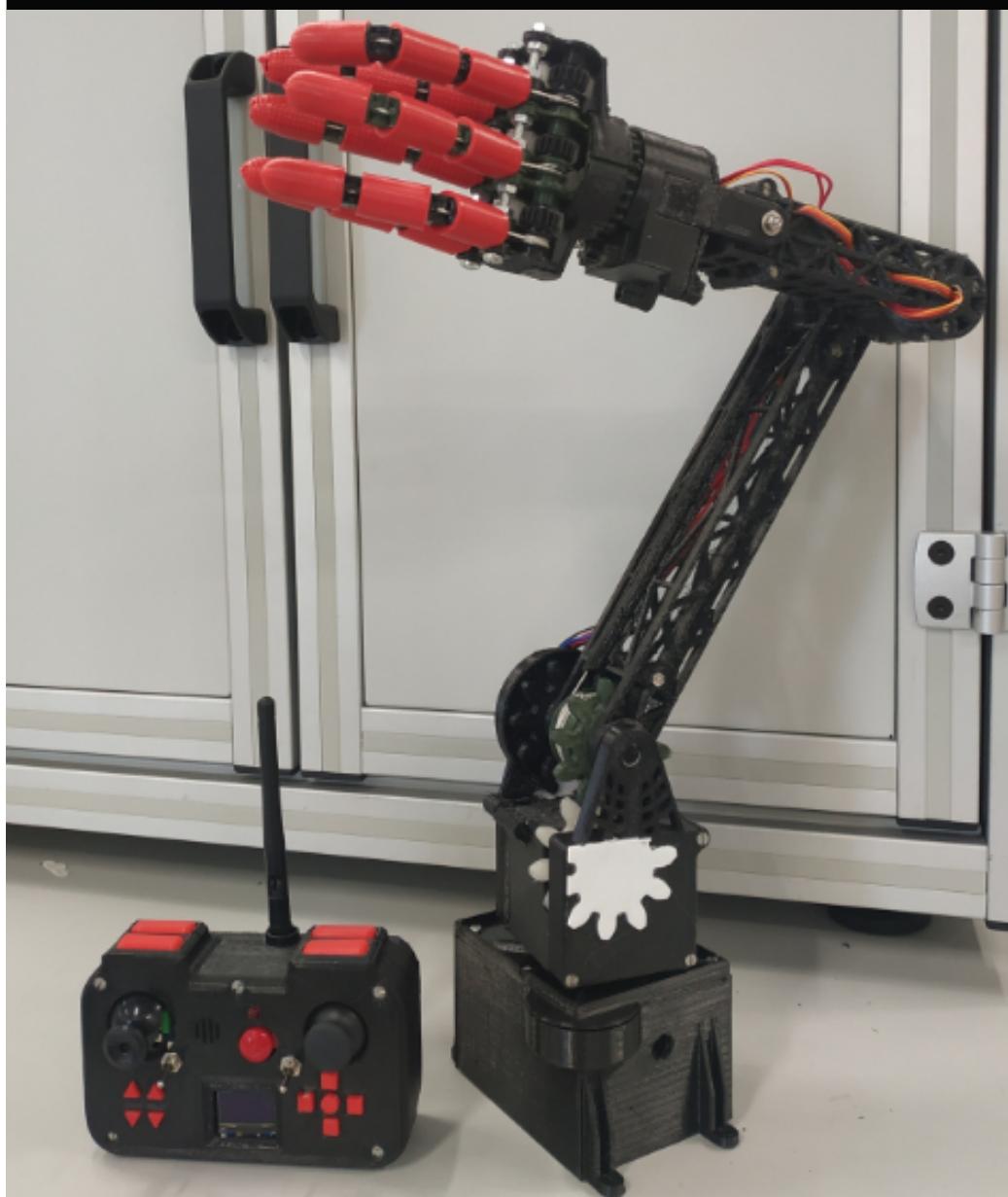
- Стоимость: 7 490 руб.
- Масса: -
- Образовательный
- Степени свободы: 4
- Полезная нагрузка: -
- Доступ к ПО: Arduino IDE

Вывод:

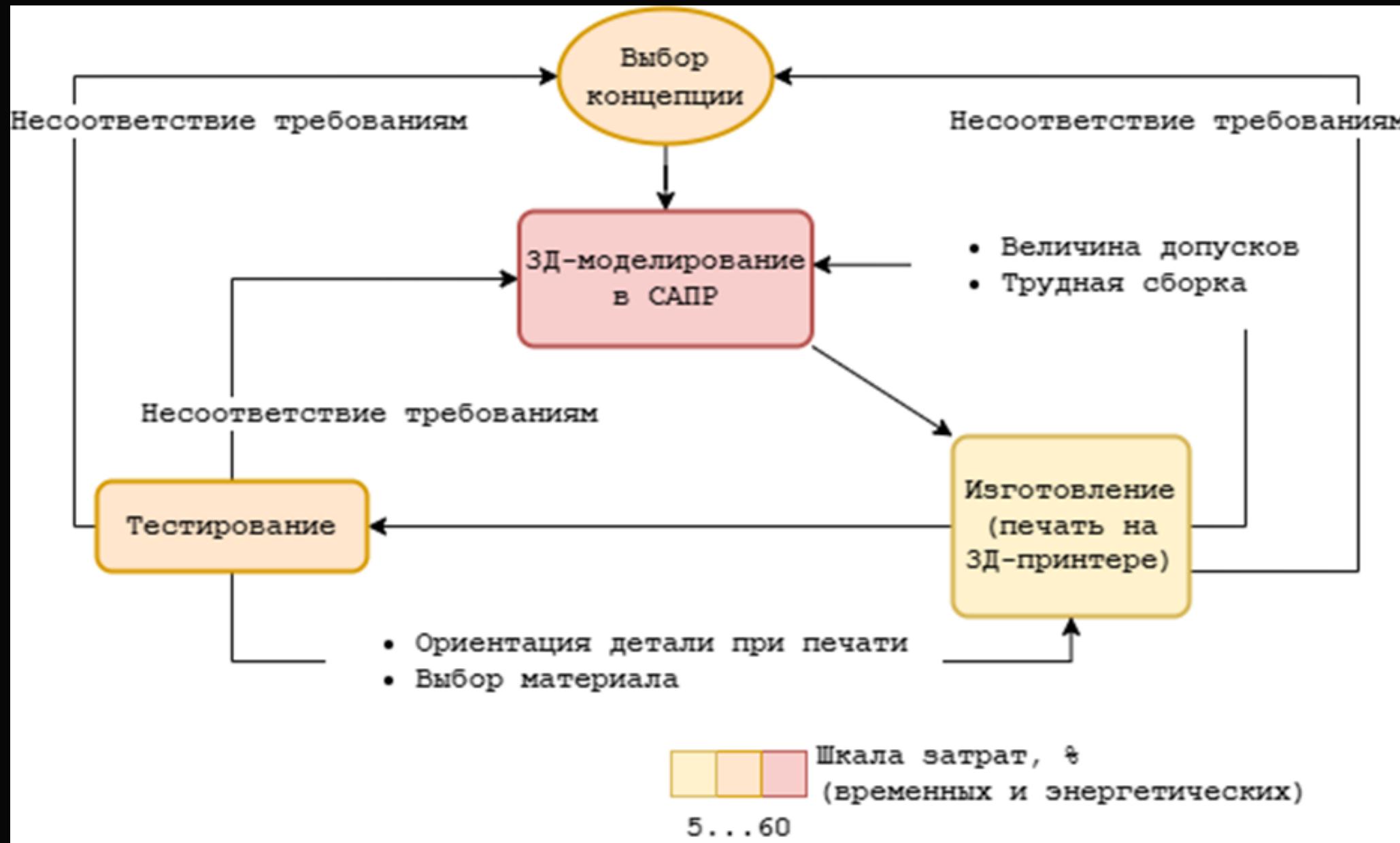
многофункциональность, полезная нагрузка, доступ к ПО - стоимость, масса, подвижность
стоимость, масса - полезная нагрузка, специализация, доступ к ПО

2.1. Требования и Результаты. УМНО 1.0, НИЯУ МИФИ

	Требование	Результат
Специализация	Универсальный Смена насадок	Захват +
Степени подвижности	≥ 5	5
Полезная нагрузка, г	≥ 150	170
Масса, кг	1,0 - 2,0	1,5
Доступ к ПО	Открытый, много языков программирования	+
Тип управления	Дистанционный п.у.	+
Себестоимость, руб		~ 5000
Портативность	Малые габариты (мм) потребление (В, А)	300x150x200 7-40В,



2.2. Конструкция

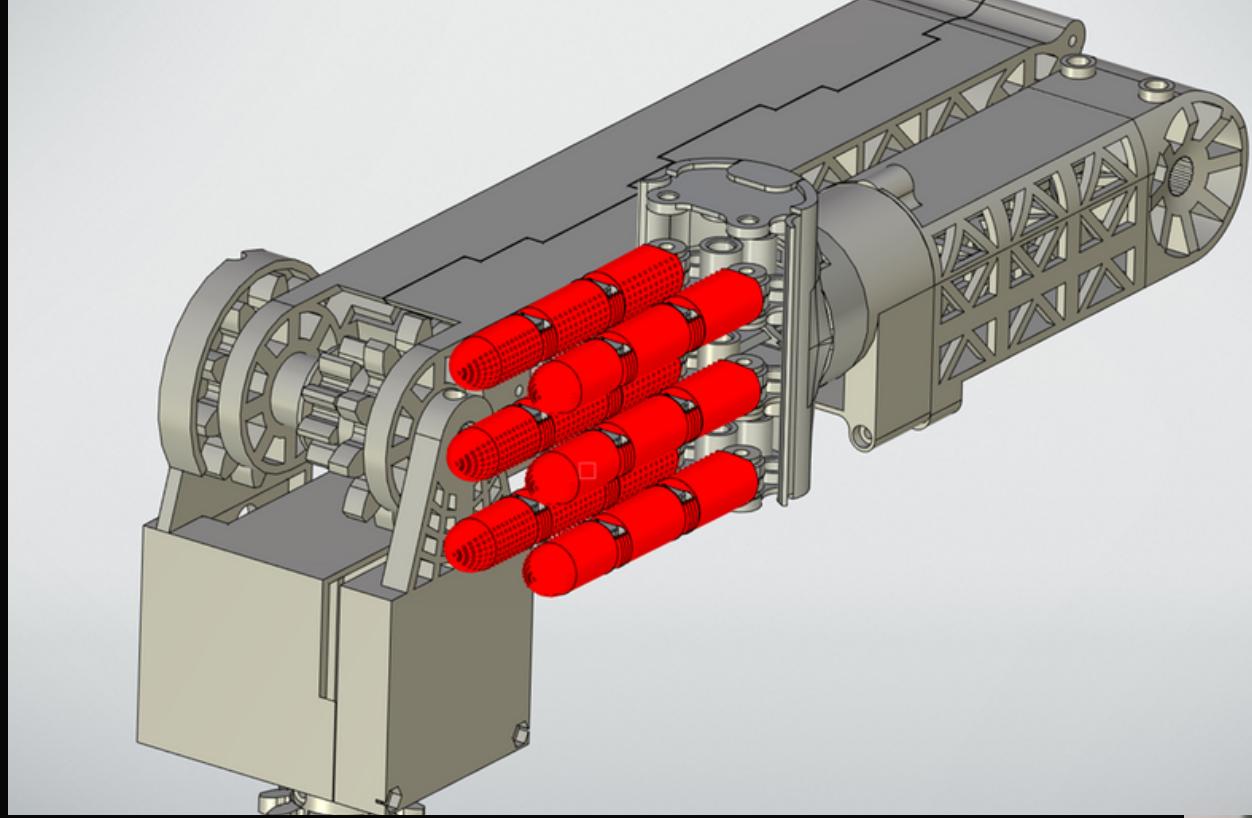
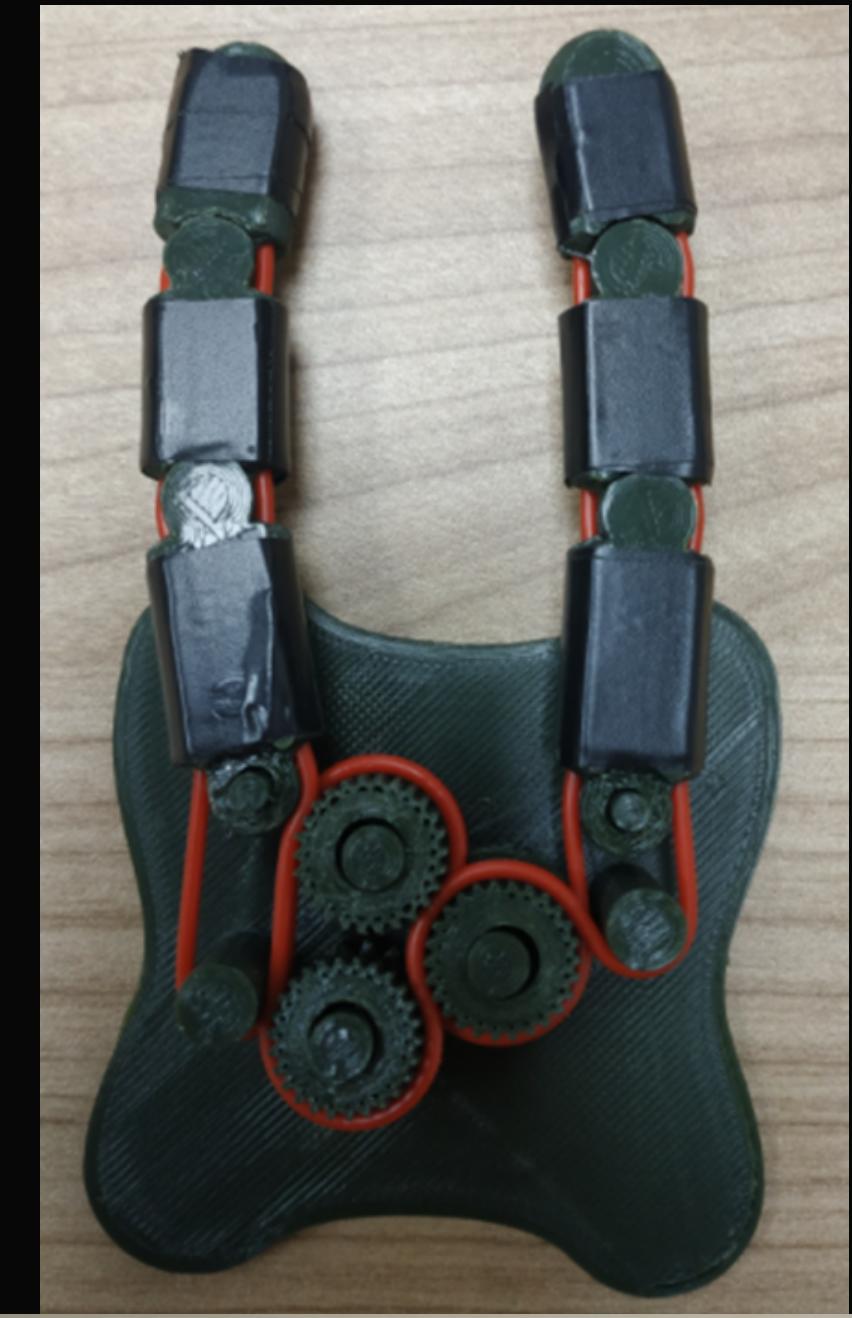
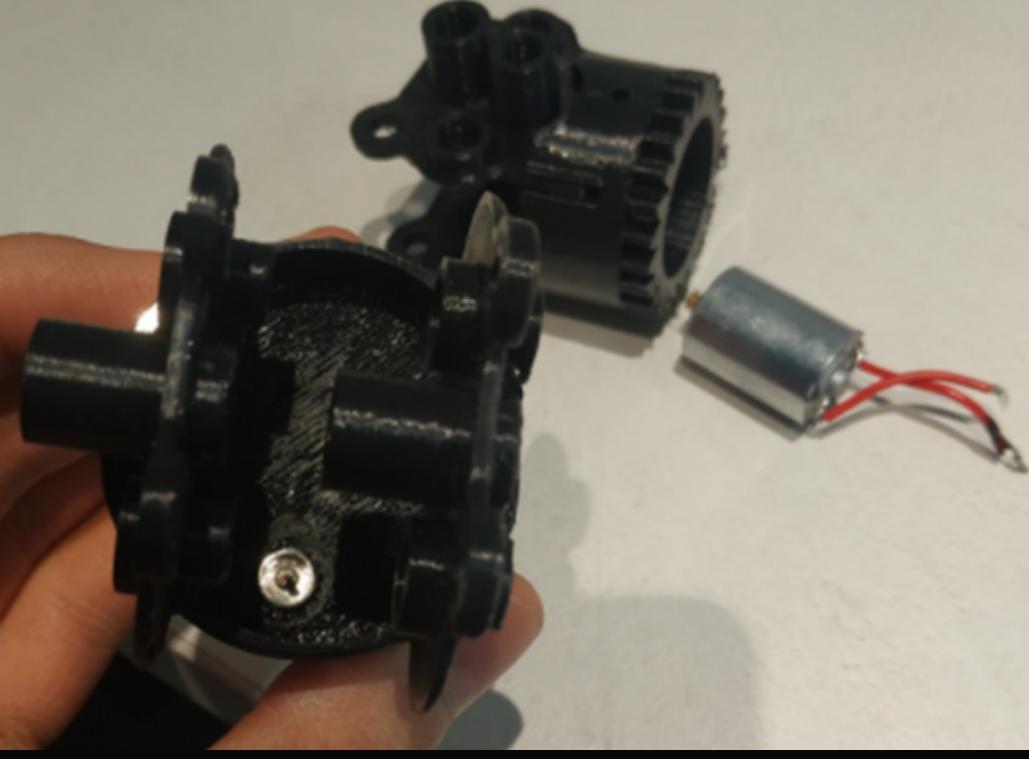


Моделирование:

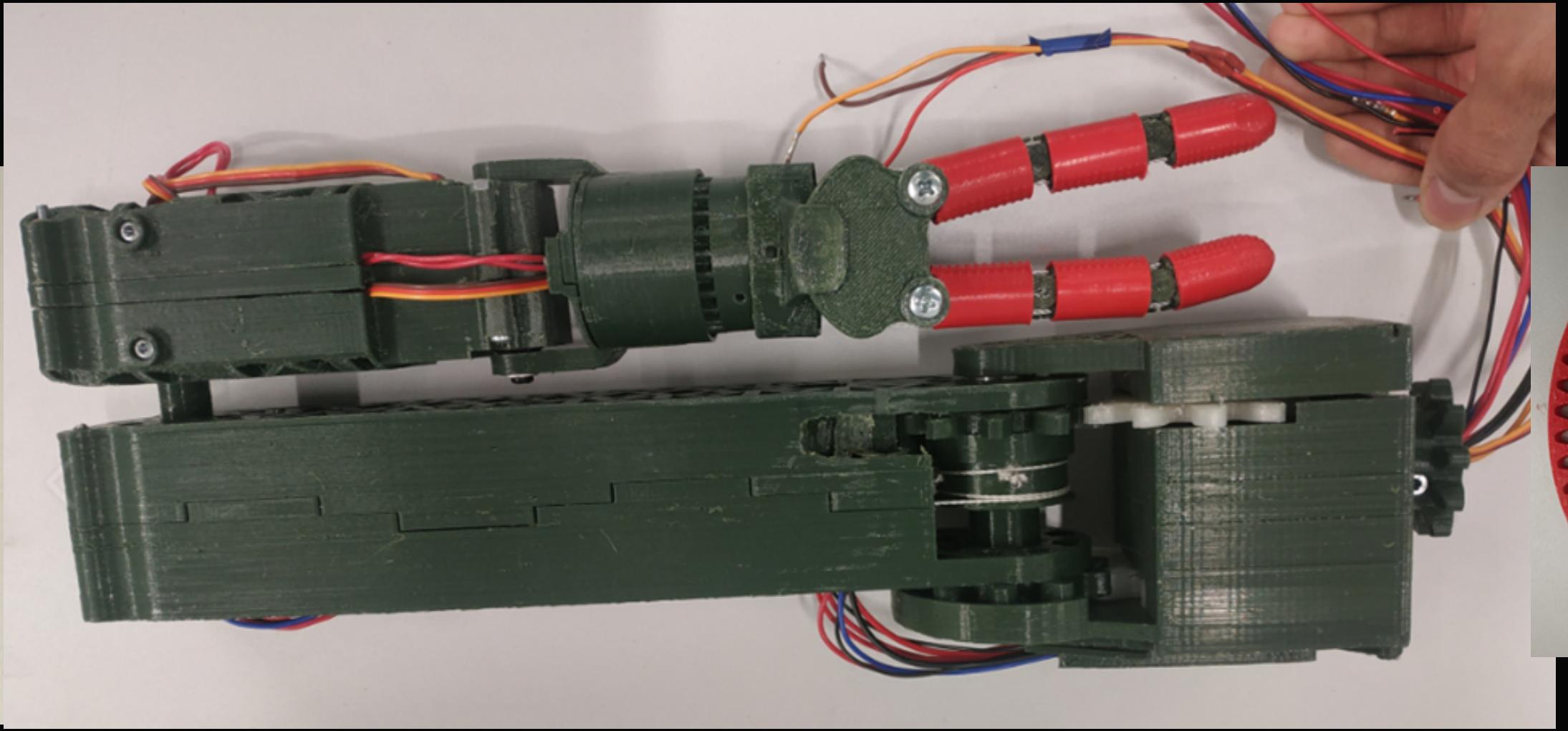
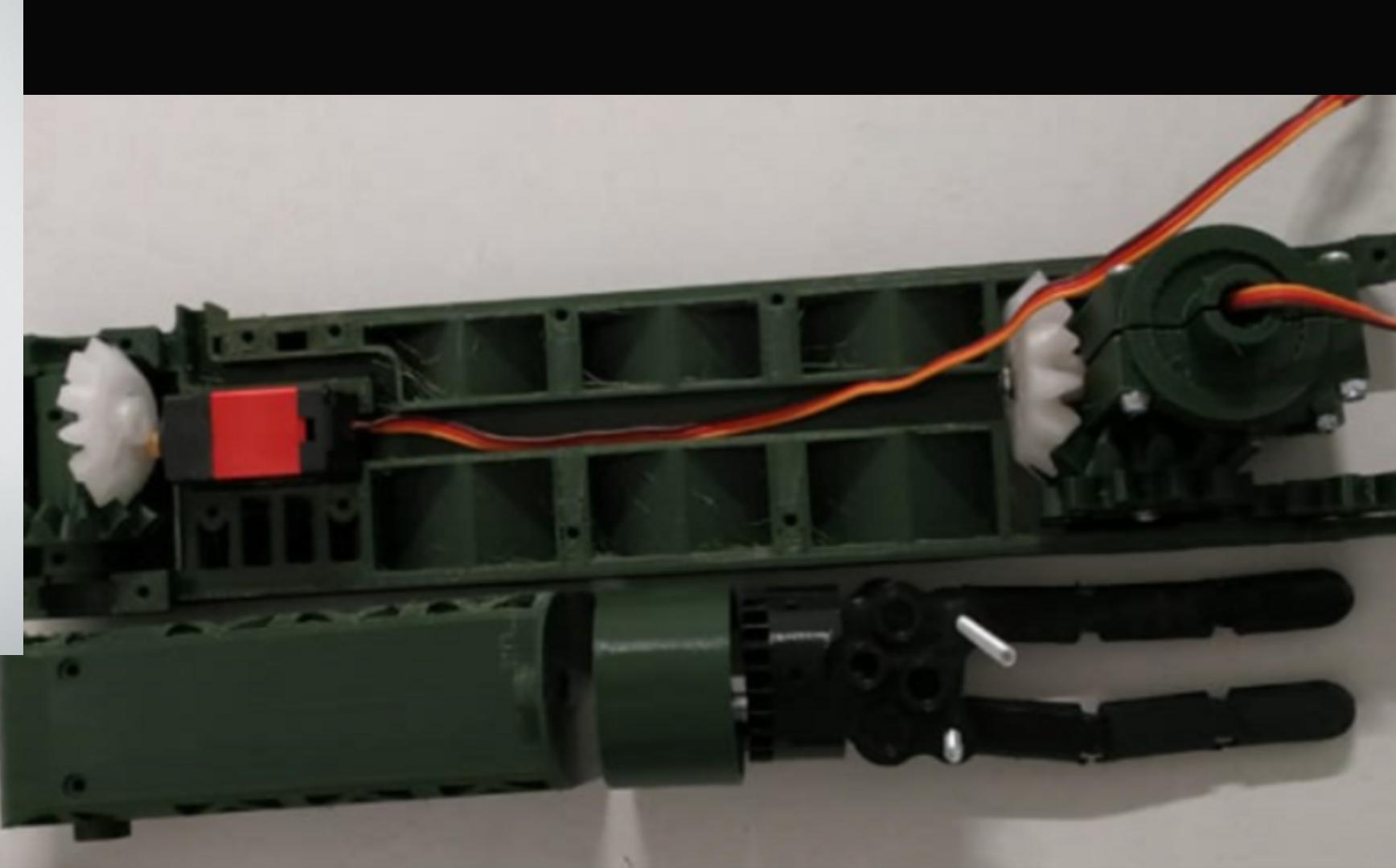
- САПР: T-Flex CAD
- Теоретические знания:
 - Кинематика вращательного движения
 - Механика твердого тела
 - Сопротивление материалов
 - Детали машин и основы конструирования приборов

Печать:

- 3D-принтер: Tevo Tornado/Flash
- Материал (виды пластика):
 - Корпус манипулятора:
 - PETG
 - Nylon (Шестерни)
 - TPU (Кожух на "пальцы")
 - PLA (Декорации)
 - Корпус пульта управления*:
 - PLA



Процесс оптимизации



2.3. Аппаратное обеспечение

Выбор компонентов

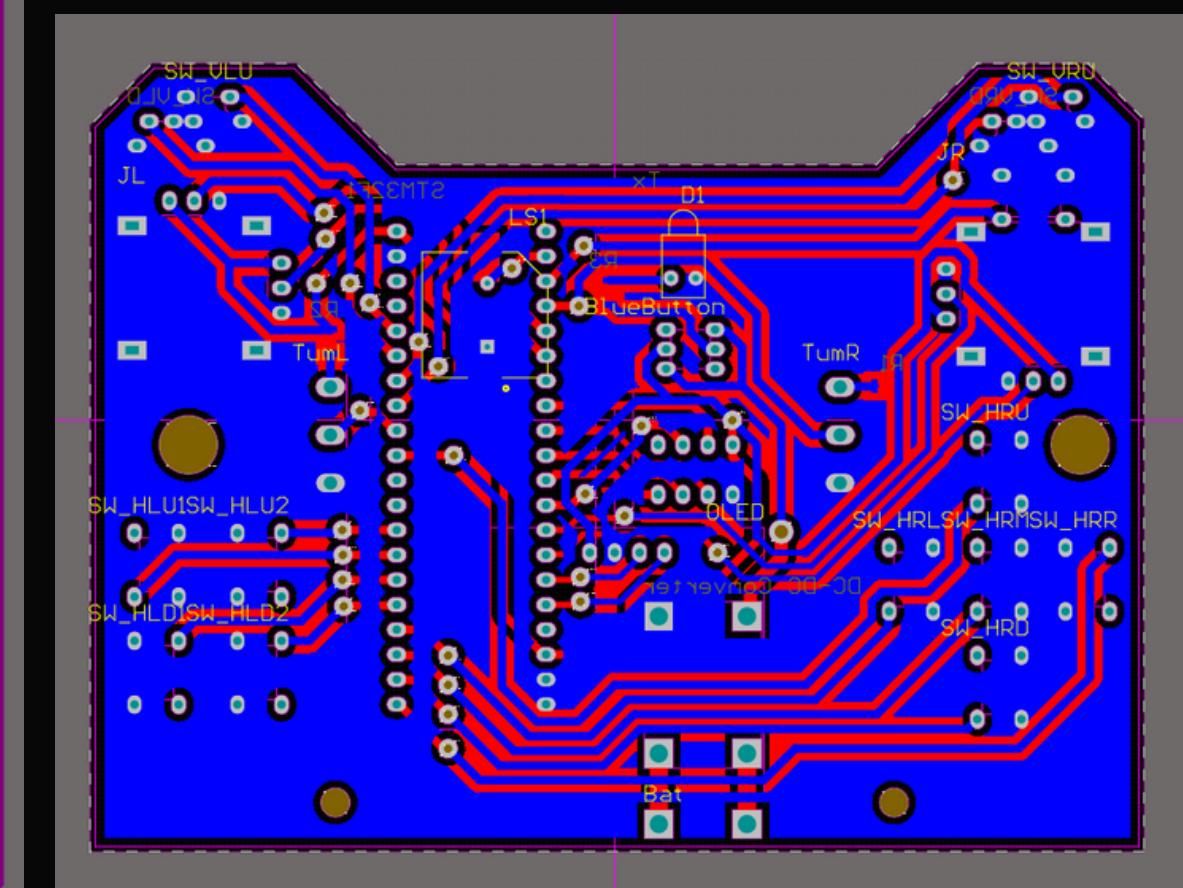
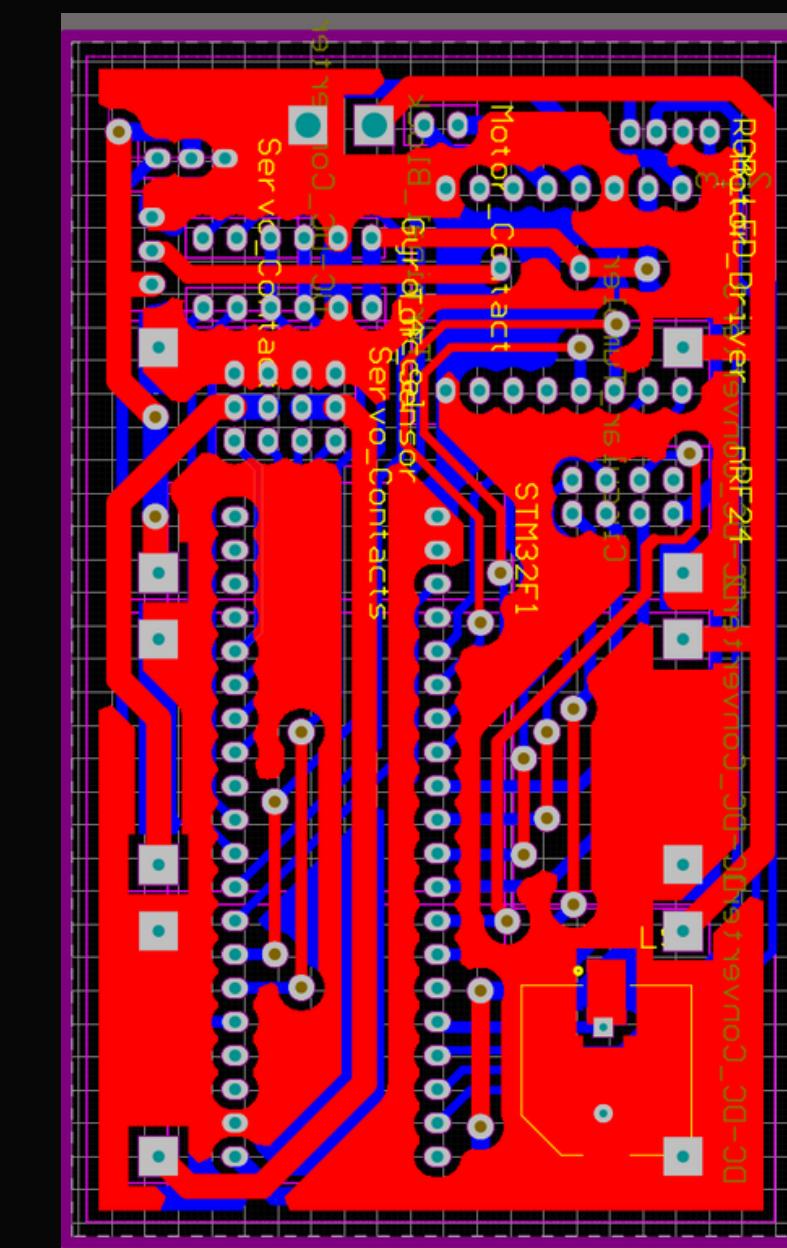
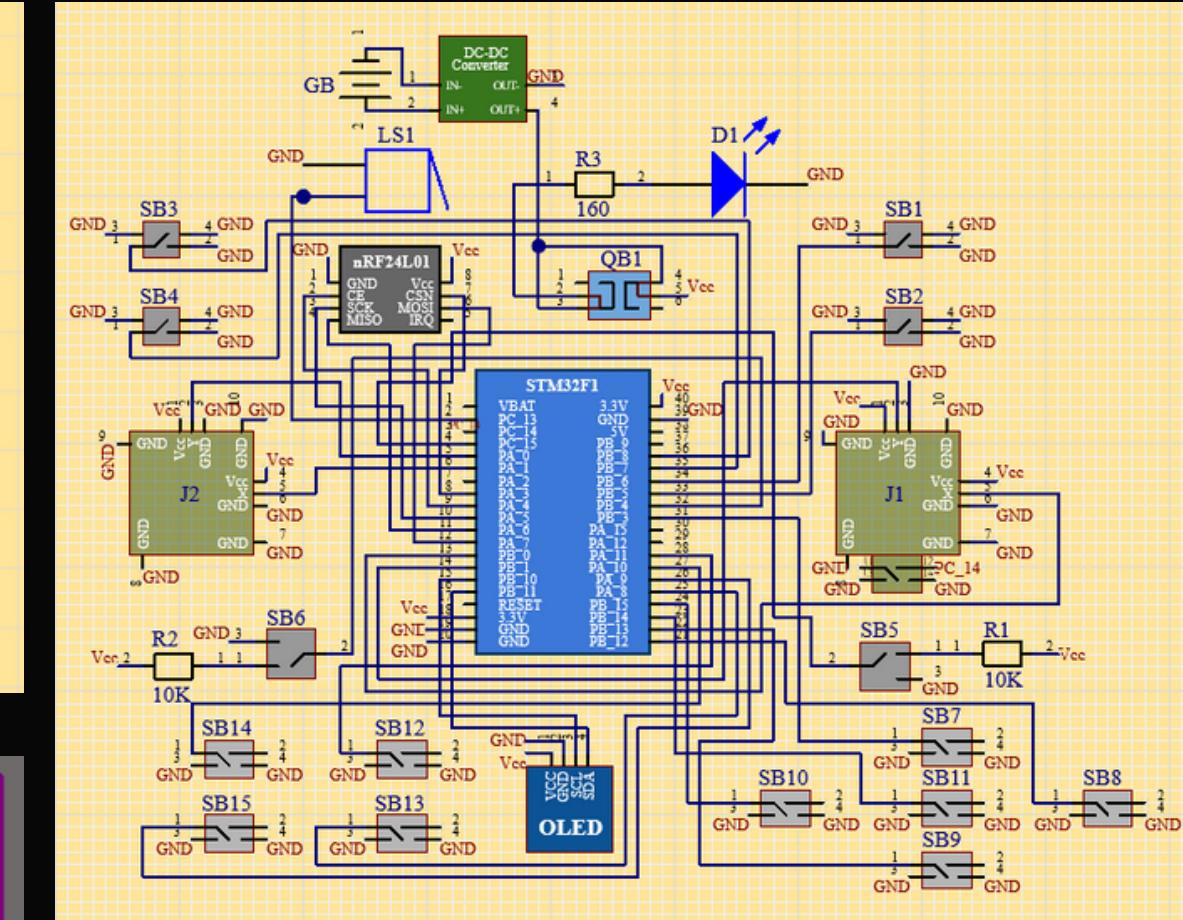
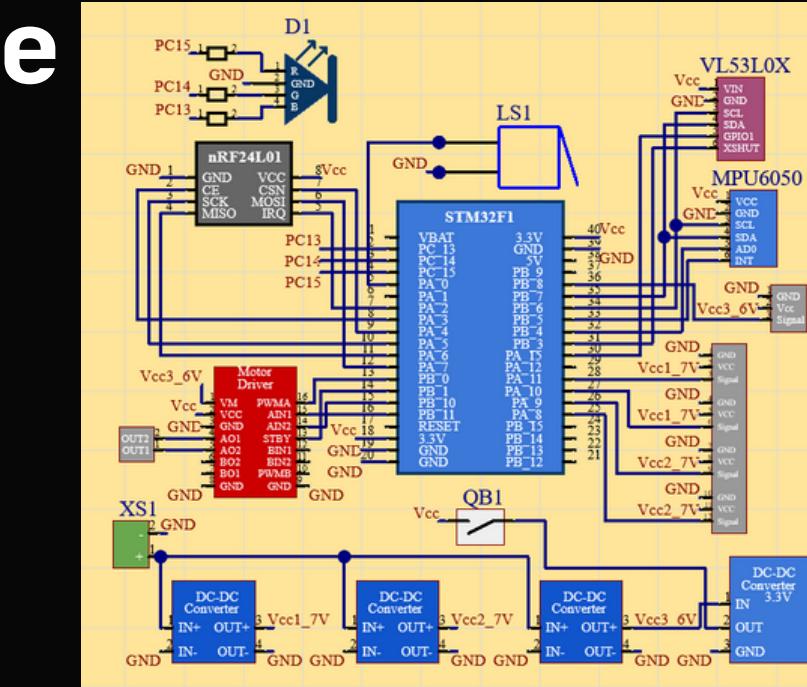
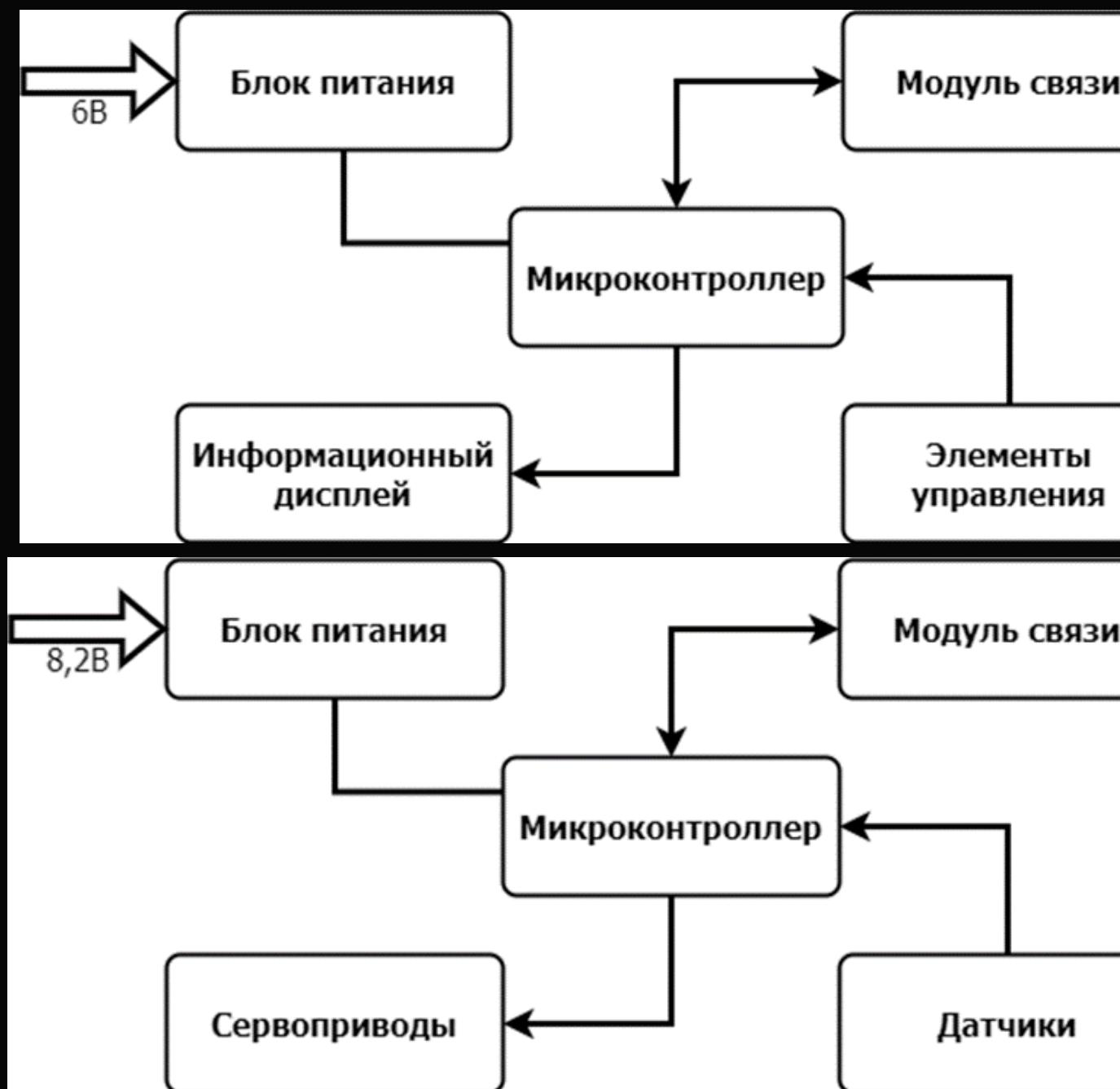
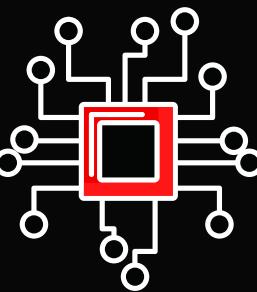
- Микроконтроллер (STM32F103C8T6):
 - Доступ на регистровом уровне
 - Разнообразие периферии: интерфейсы обмена данных, таймеры, порты ввода/вывода
 - Объем данных: 64КБ Flash, 20КБ SRAM
 - Частота: до 72 МГц
 - Габариты: 53 x 36 x 12 мм
 - Стоимость: от 103 руб.
- Дистанционный обмен данными (nRF24L01+PA+LNA):
 - Низкий ток потребления: 900нА Power Down, 26мкА Standby, 115мА/Tx 45мА/Rx
 - Большая дальность связи: до 1000 м
 - Каналов: 126
 - Максимальная скорость обмена данными: 2Мбит/с
 - Стоимость: от 100 руб.
- Информационный экран (OLED дисплей, 128x64, 0.96 дюймов): Габариты & Разрешение
- Сервоприводы (TD-8120MG x 4 / TowerPro MG90S):
 - Железная шестерня
 - Максимальный крутящий момент: 22.8 кг*см / 2.2 кг*см
- Механизм управления движением кинематическими звеньями (Джойстик): Удобство

2.3. Аппаратное обеспечение

Разработка платы

Моделирование:

- САПР: Altium Designer
- Создание собственной библиотеки компонентов



2.3. Аппаратное обеспечение Разработка платы. Изготовление

Устройство	Технология	Средства
Пульт управления	Лазерно-утюжная технология (ЛУТ)	<ul style="list-style-type: none">• 2х-сторонний текстолит• Лазерный принтер• Глянцевая фотобумага• Утюг• Раствор для травления:<ul style="list-style-type: none">◦ Пероксид водорода 3%, 150 мл◦ Лимонная кислота, 45 гр◦ Хлорид Натрия, 7.5 гр
Манипулятор	Фотолитография	<ul style="list-style-type: none">• 2х-сторонний текстолит, толщина 1 мм• Пленочный фоторезист водно-щелочного травления Ordyl ALPHA 350, ПФ-ВЩ-50• Ламинация• Фотополимерный принтер Anycubic Photon S• Водный раствор KOH 1.2% для проявления• Раствор для травления (см. выше)• Ацетон



OrdyL ALPHA 350

- Негативный, фототропный
- Толщина: 50 мкм
- Использование: тентинг, гальванические покрытия
медь-олово, олово/свинец, никель/золото
- Экспонирование: УФ 360-380 нм
- Проявление: Na₂CO₃ (0,8-1,2%), K₂CO₃ (0,6 - 1,0%)
- Удаление: KOH или NaOH (1,0 - 3,0%), 40 - 60°C,
80 - 150 сек

Anycubic Photon S

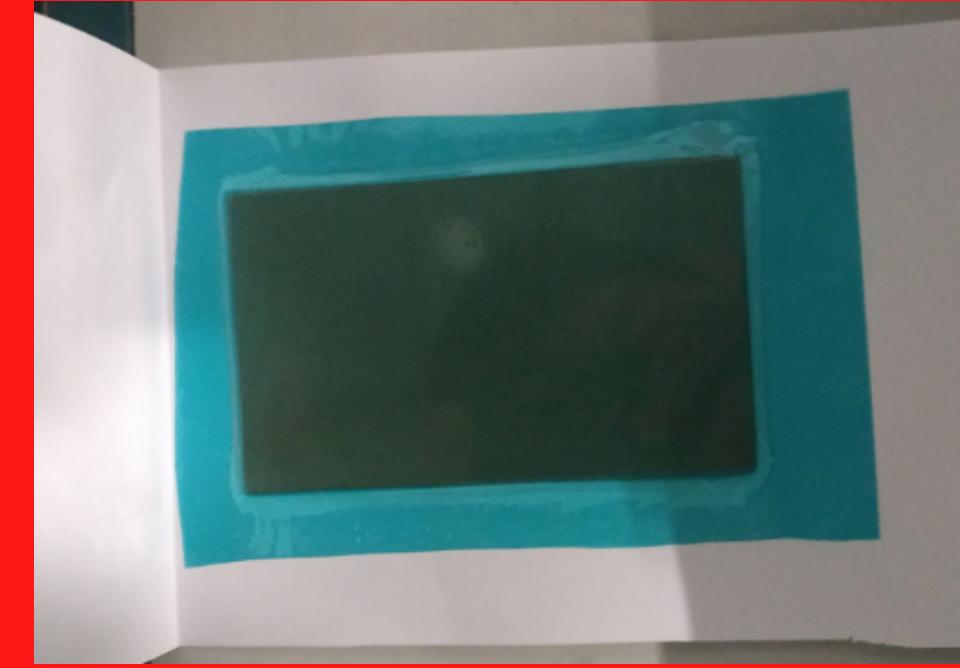
- LCD экран
 - Разрешение: 47мкм (2560x1440)
- Источник света: УФ 403 нм

ПФ-ВЩ-50

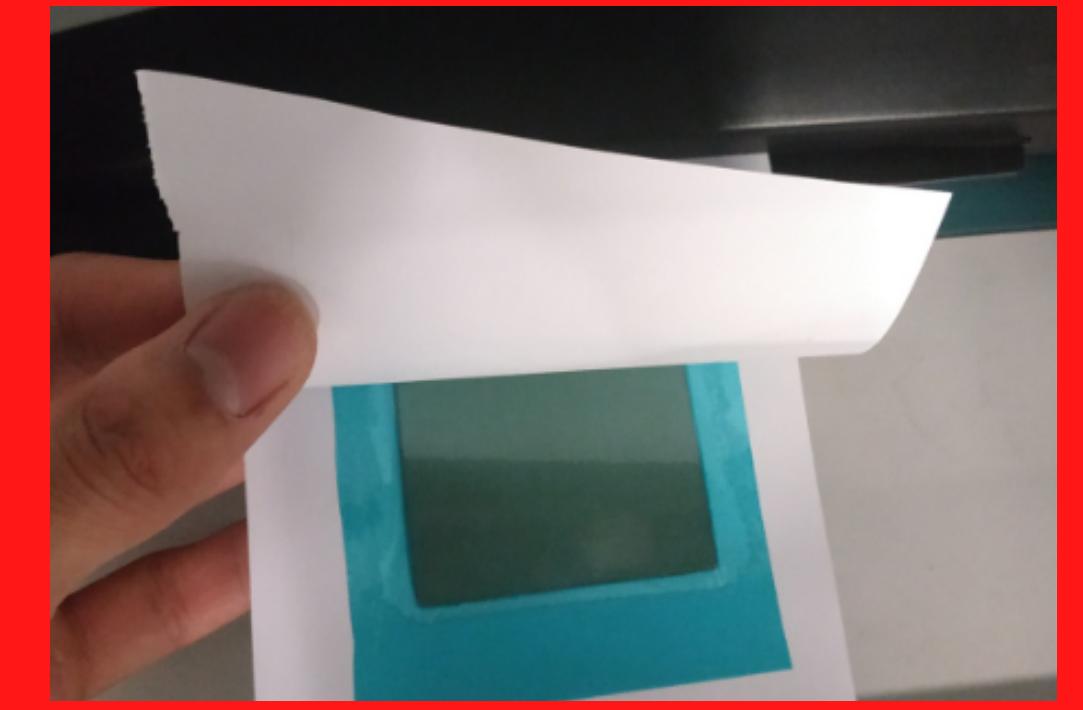
2.3. Аппаратное обеспечение. Разворотка платы. Изготовление.

Этапы фотолитографии

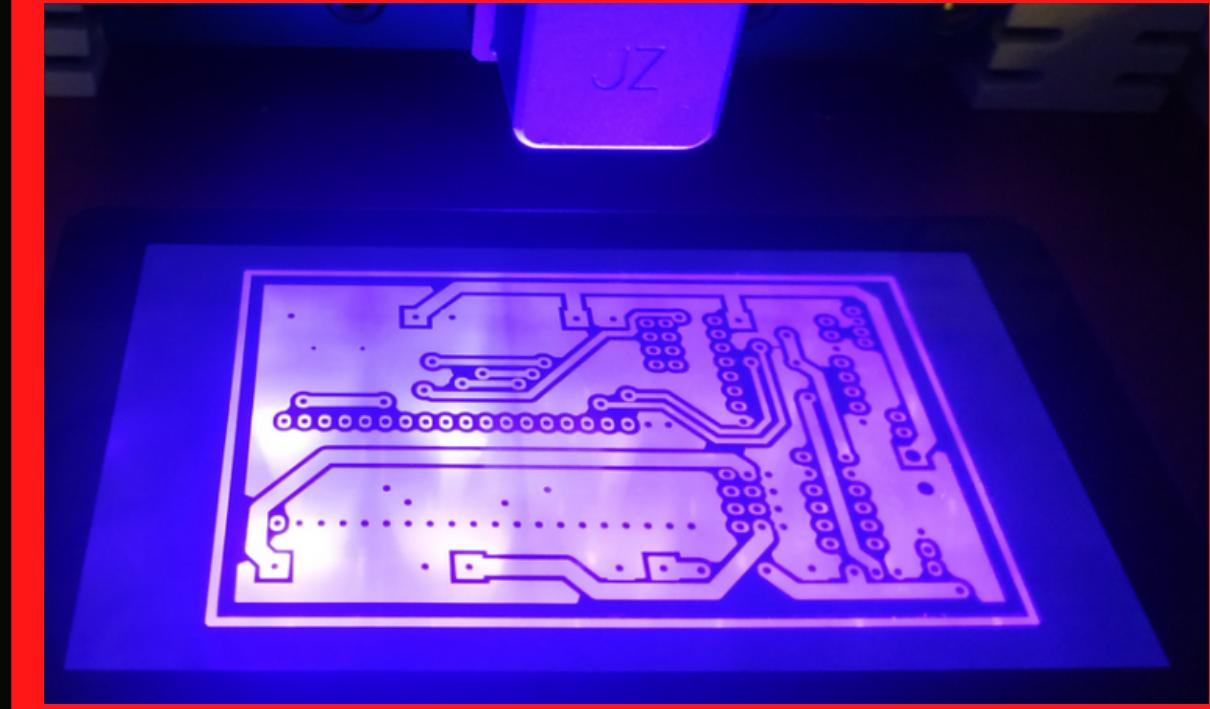
1. Нанесение фоторезиста



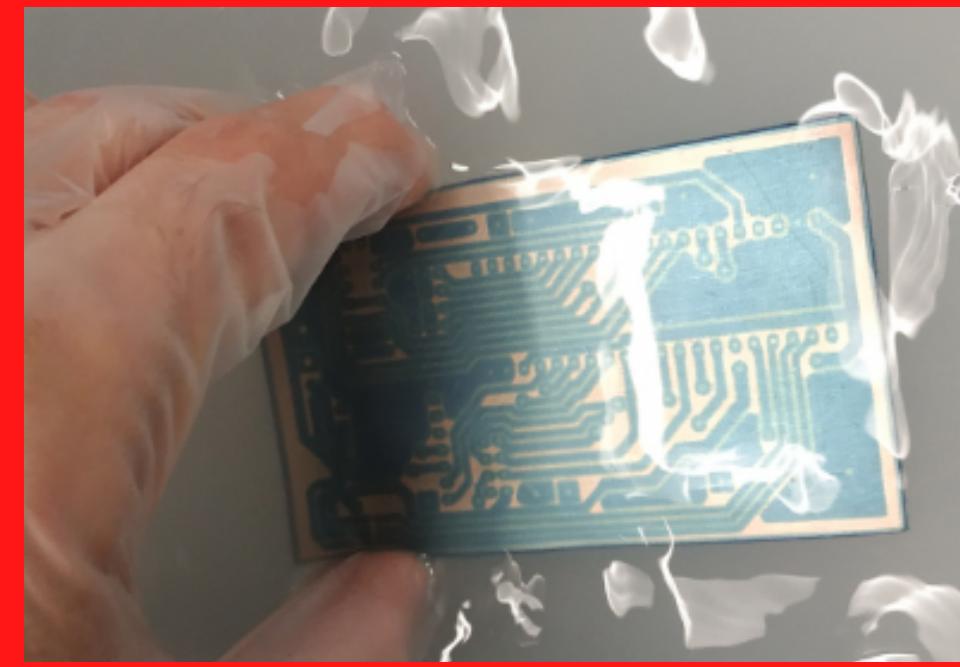
2. Сушка в ламинаторе (110°C)



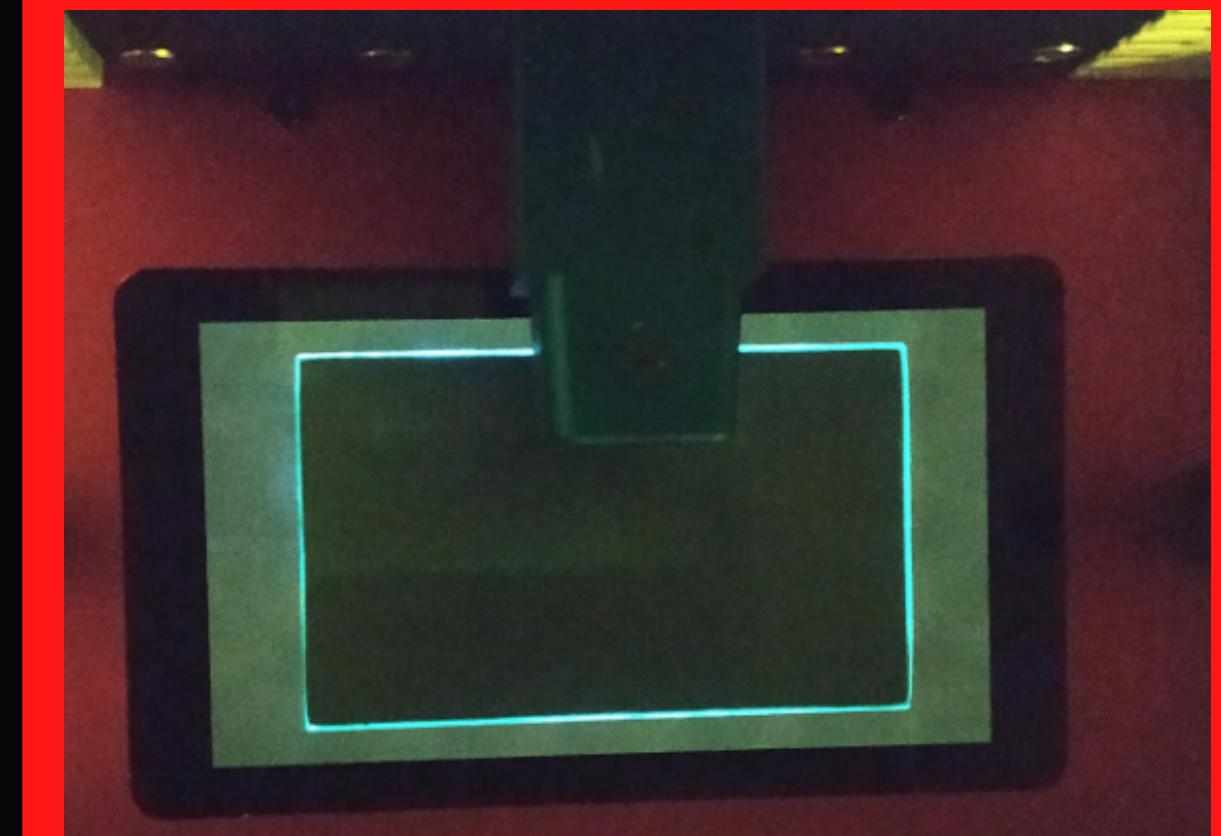
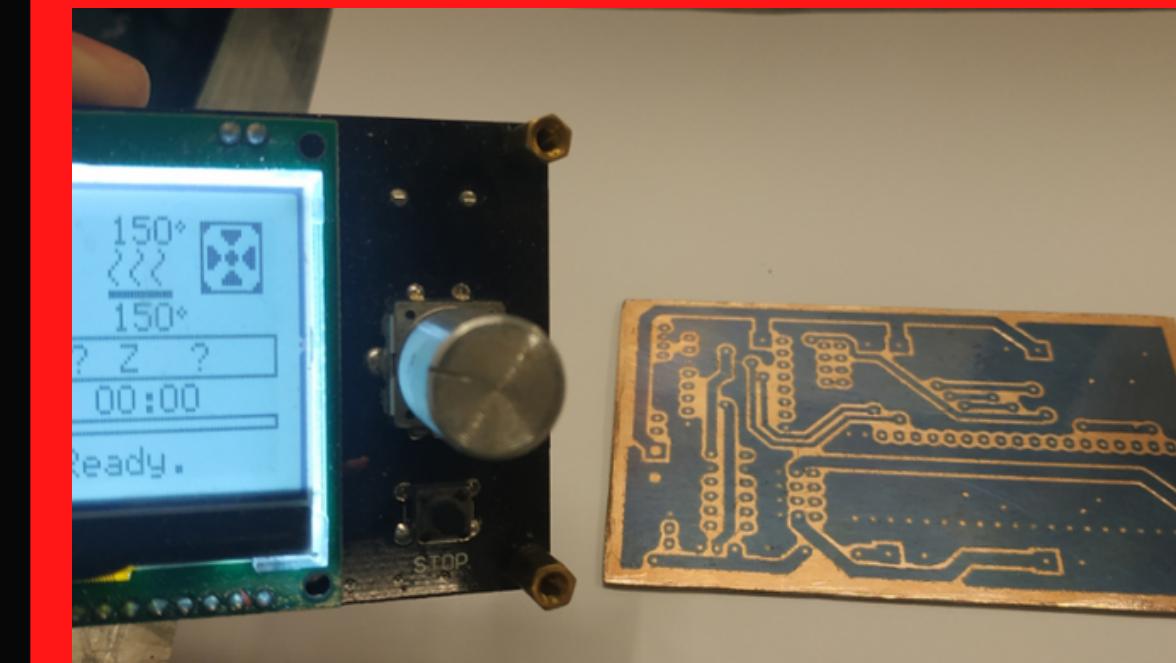
3. Совмещение и Экспонирование (110 с)



4. Проявление фоторезиста



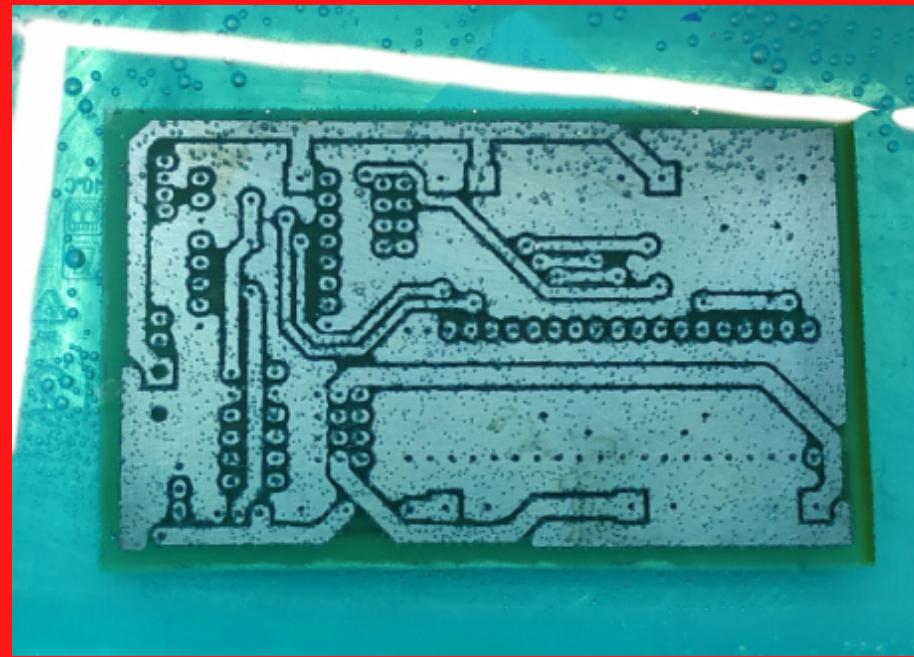
5. Задубливание (150°C , 2мин)



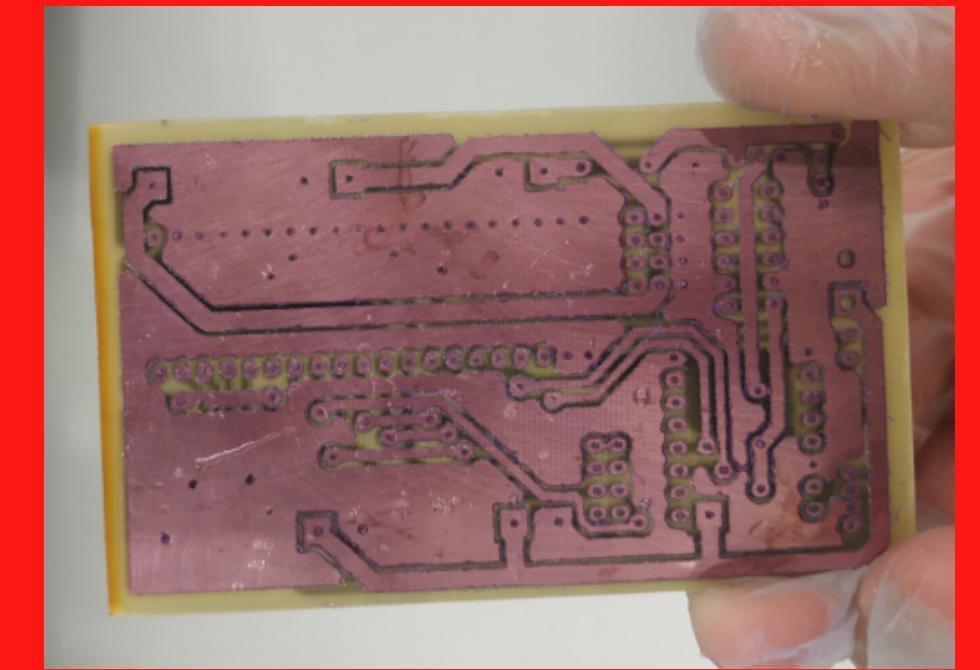
2.3. Аппаратное обеспечение. Разработка платы. Изготовление.

Этапы фотолитографии

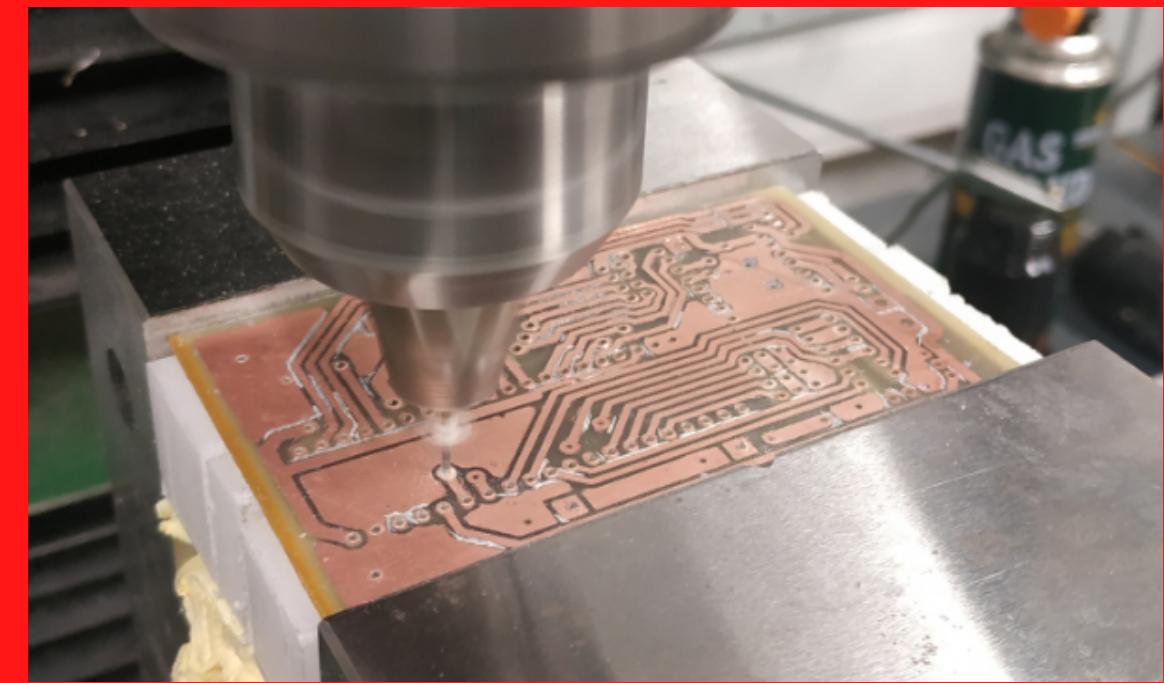
6. Травление фоторезиста



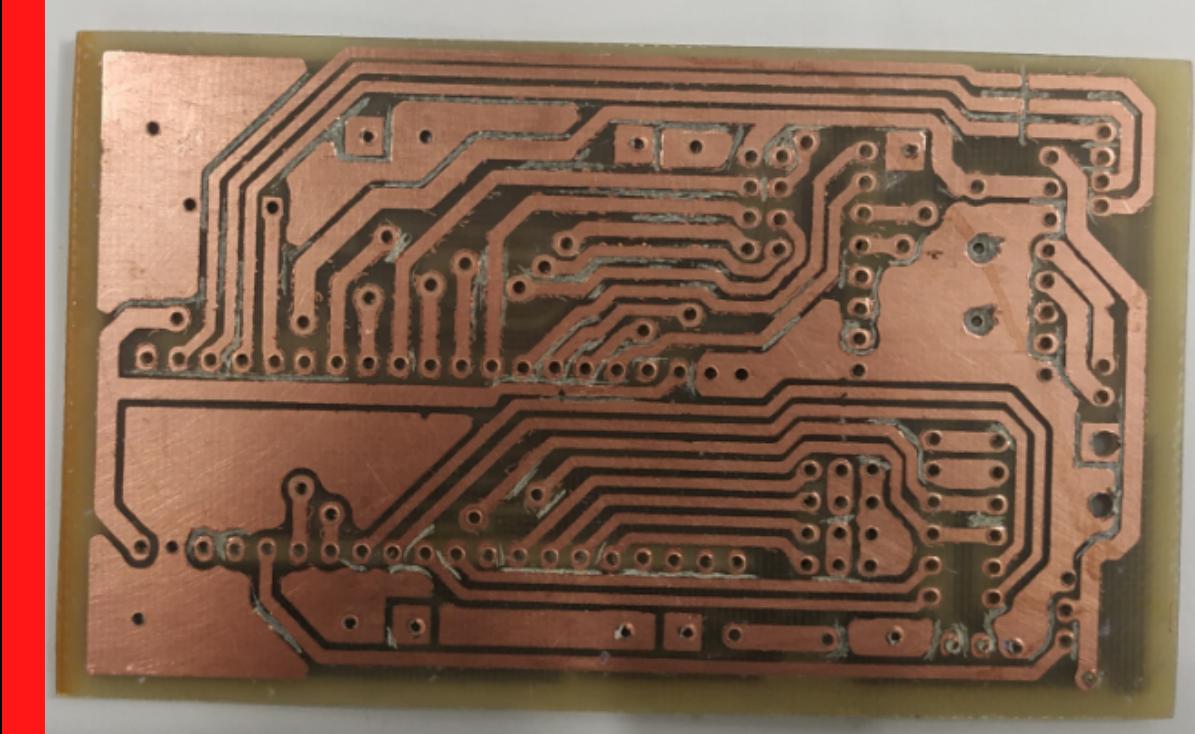
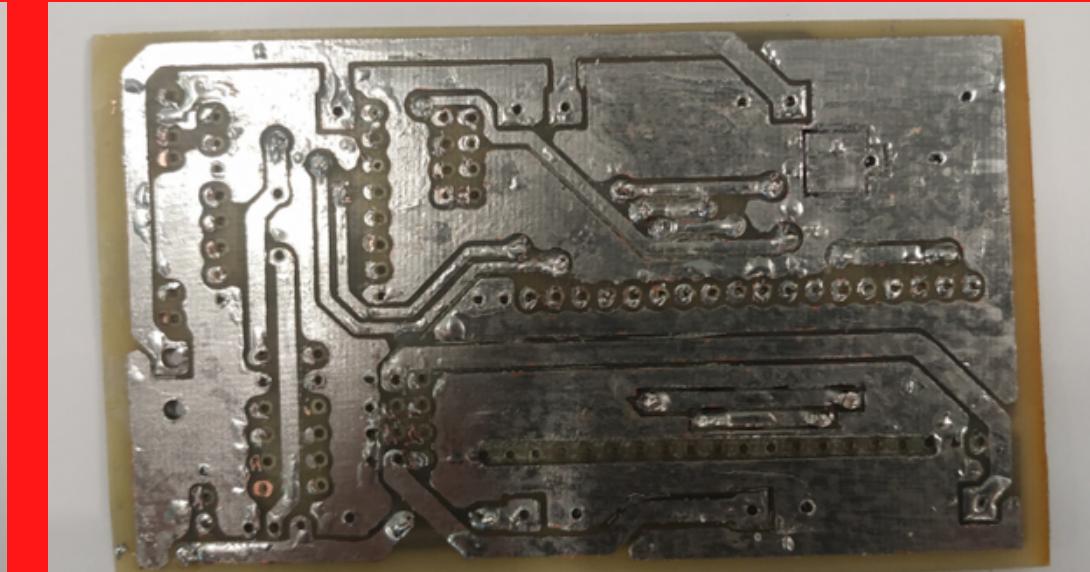
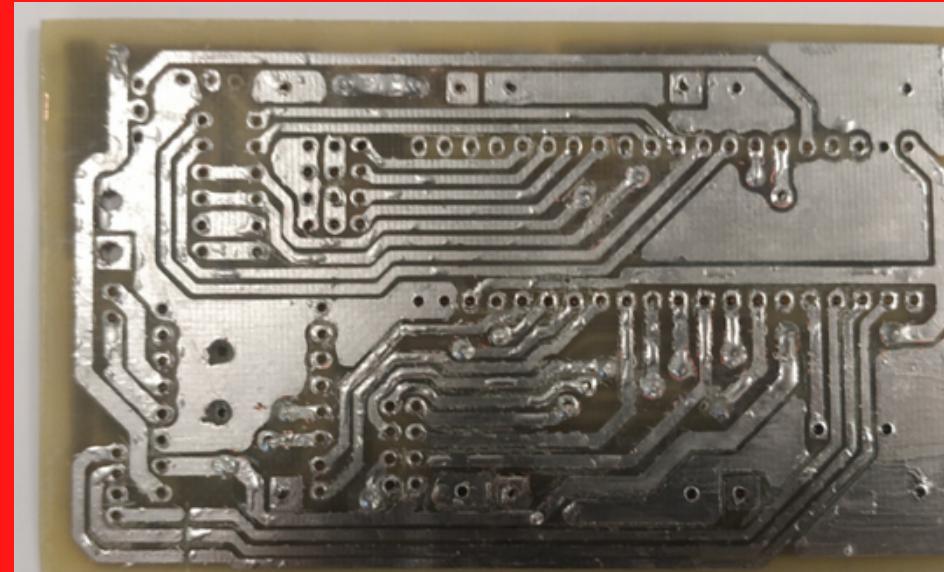
7. Удаление фоторезиста

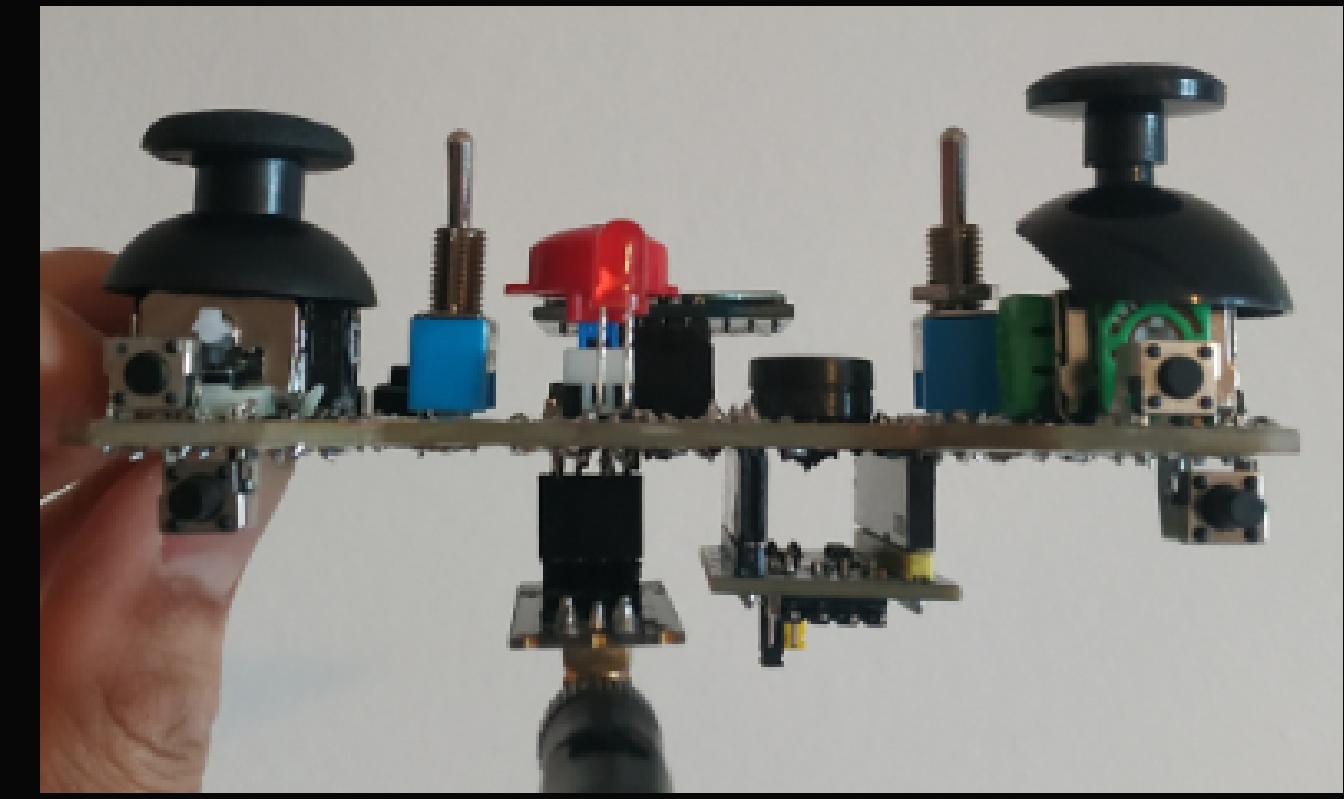
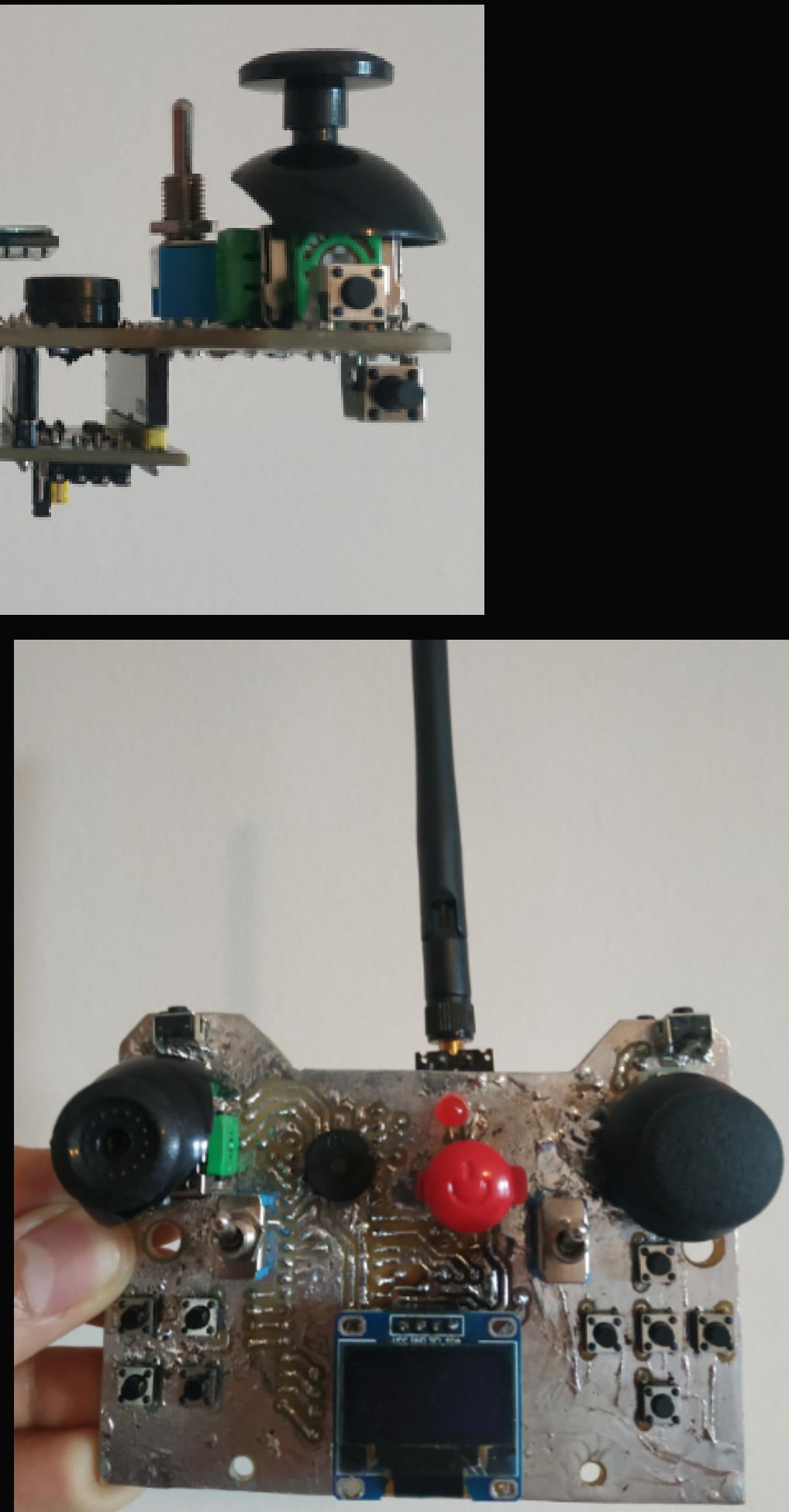
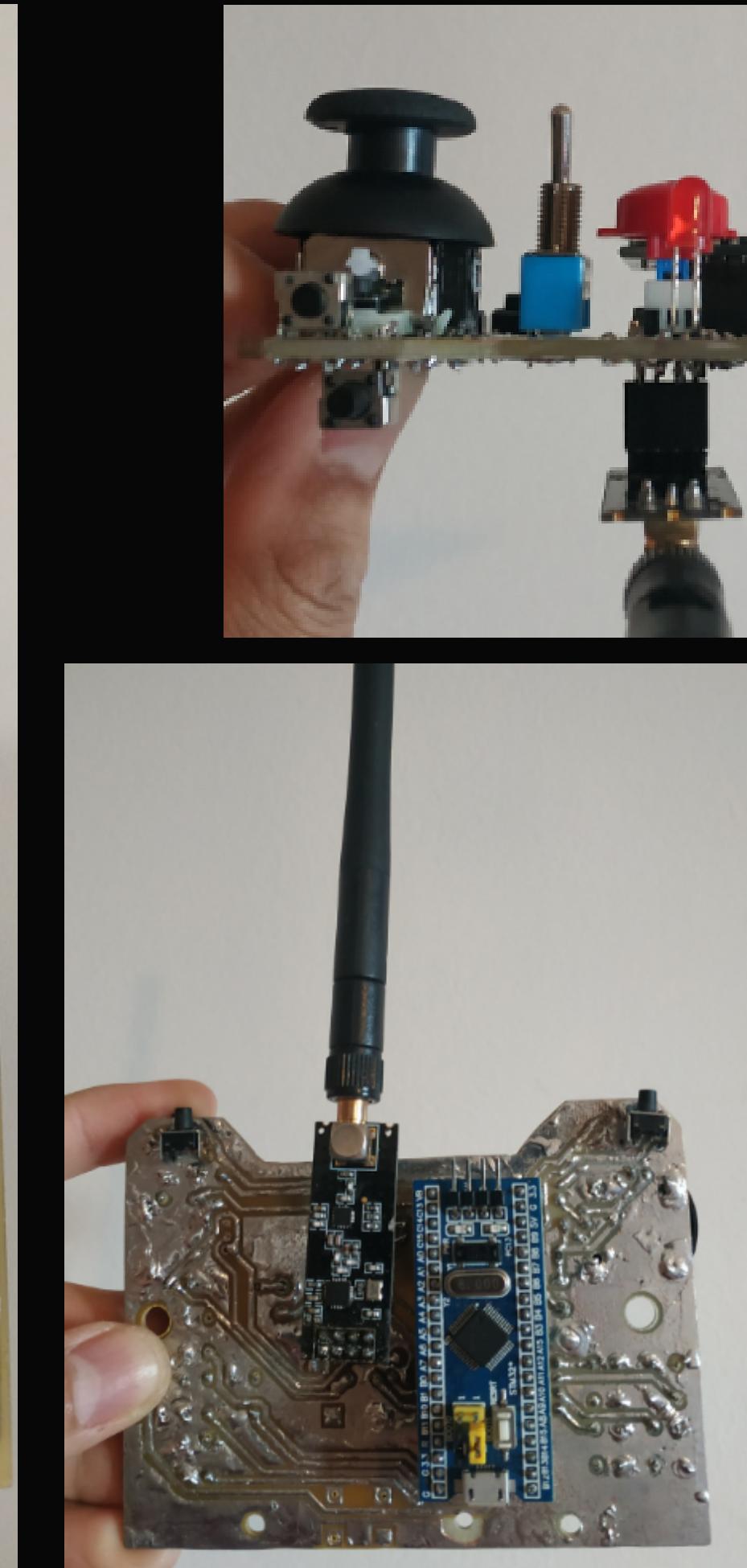
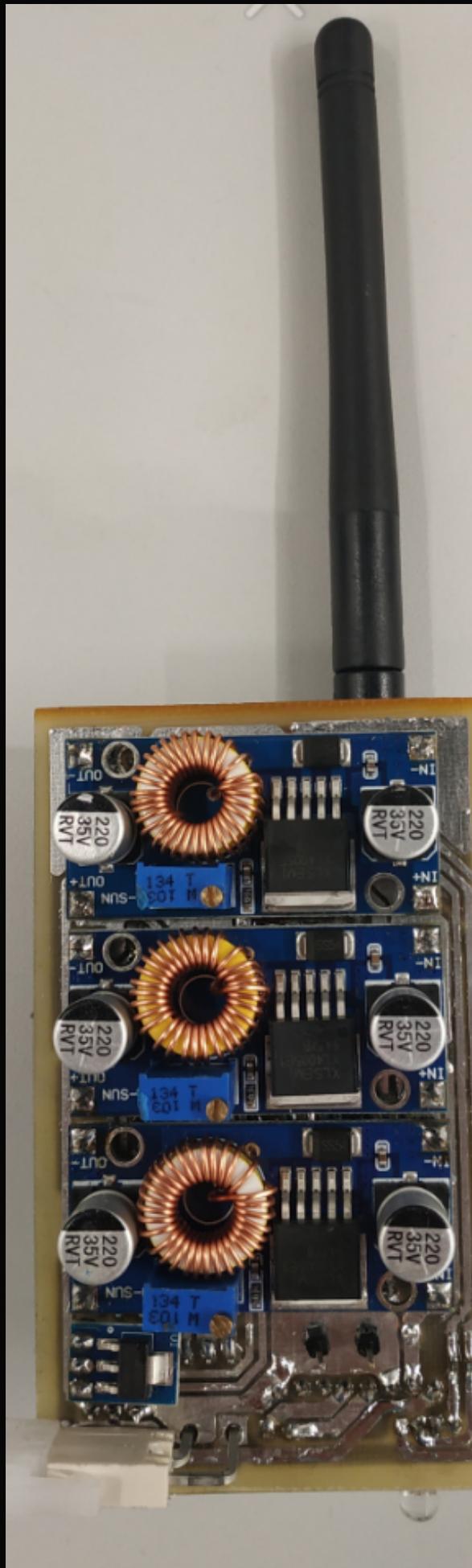
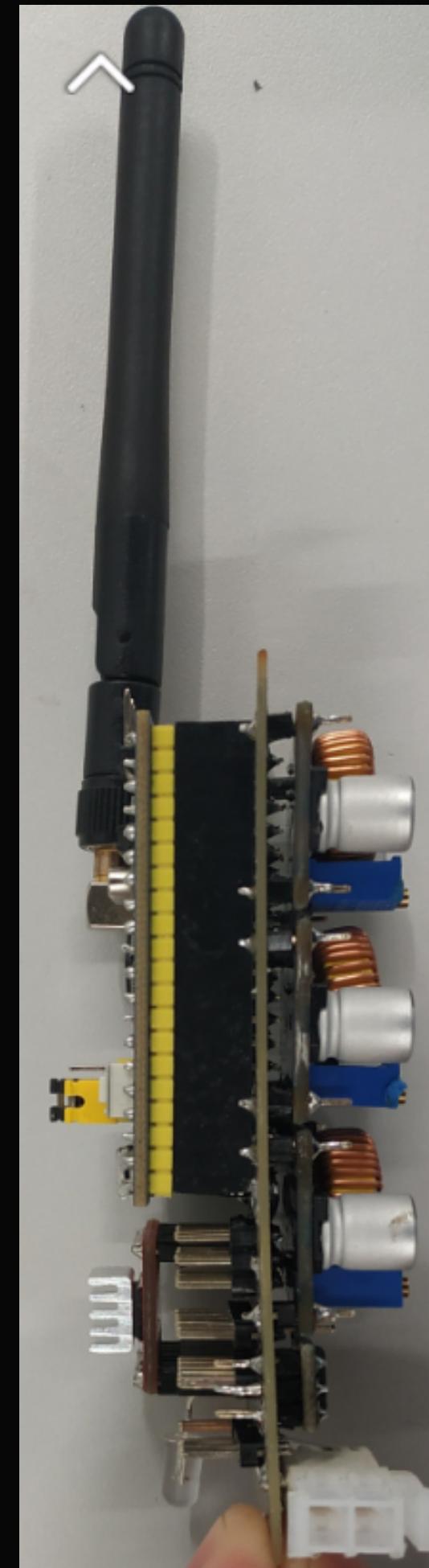
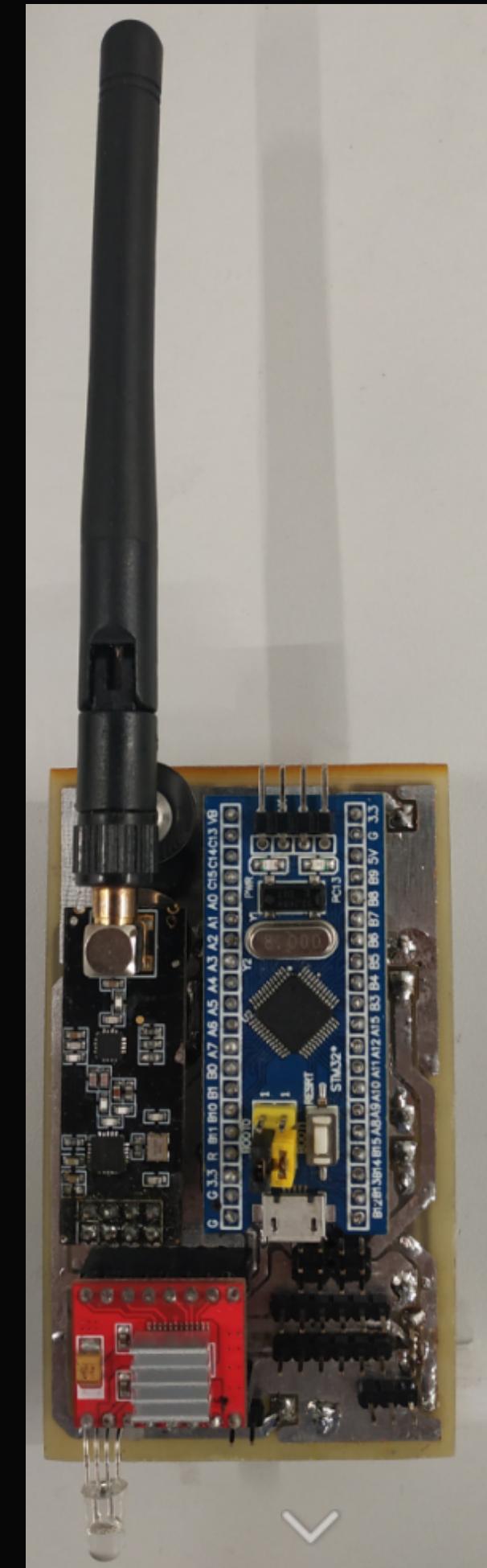


Создание сверхзных отверстий



Покрытие дополнительной металлизацией и изоляции

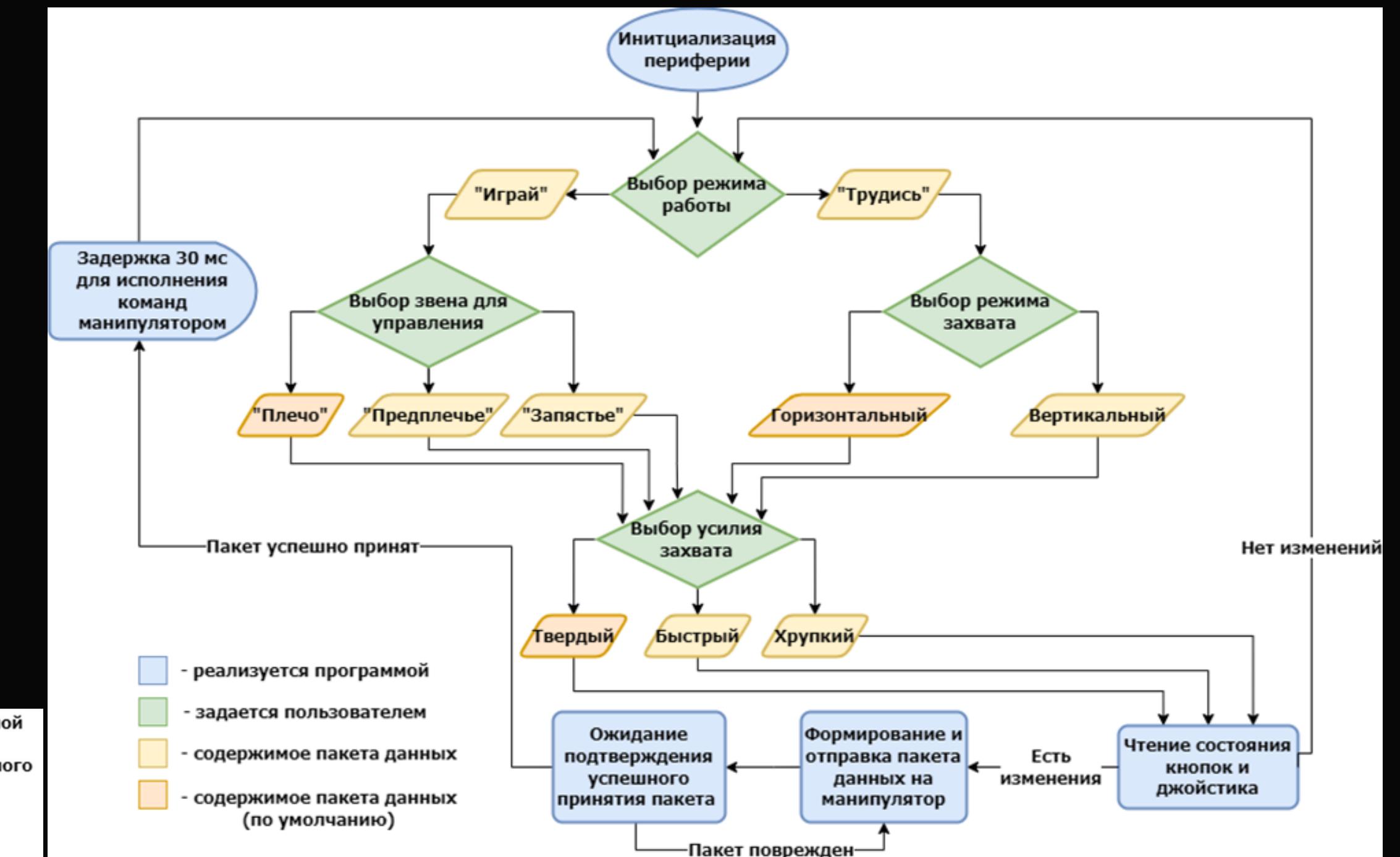
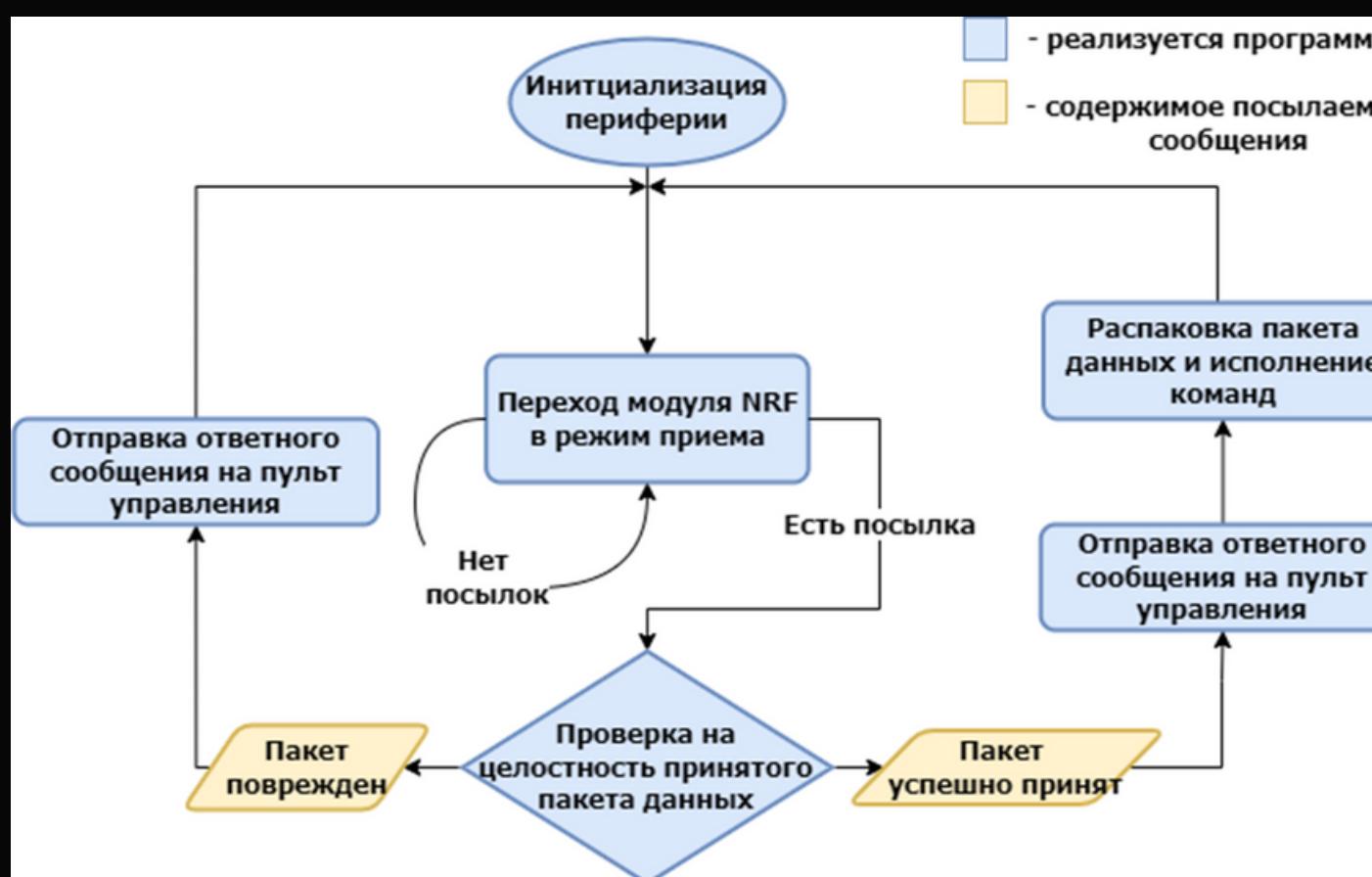




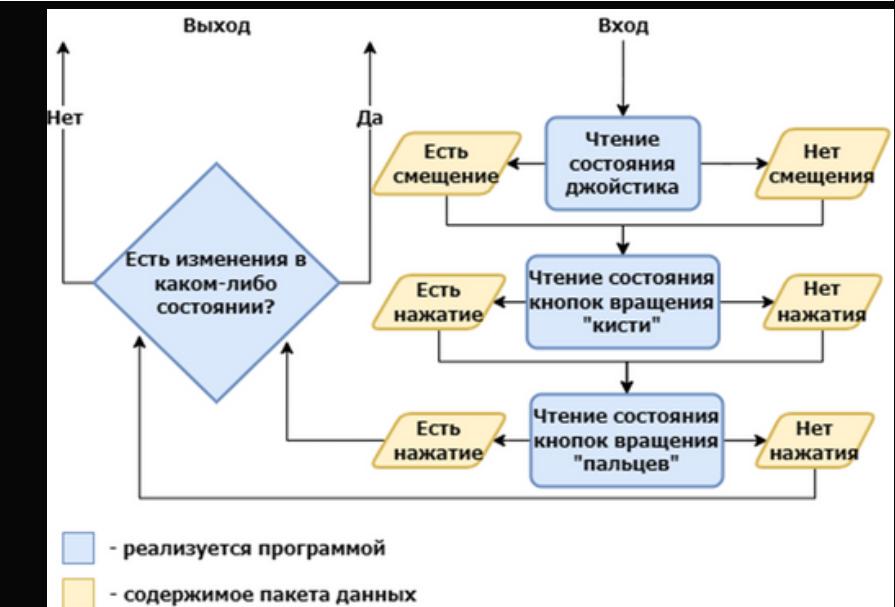
2.4. Программное обеспечение

Среда разработки: STM32CubeIDE
Язык программирования: C++

Блок схемы ПО для манипулятора



Блок схема ПО для пульта управления



Заключение

Все поставленные задачи **выполнены**:

- Проведен обзор и анализ существующих разработок
- Разработана легкая и прочная конструкция манипулятора
- Разработаны аппаратные обеспечения:
 - Выбраны оптимальные электронные компоненты
 - Разработаны двухсторонние печатные платы
- Разработаны программные обеспечения
- Протестировано конечное устройство

Перспектива:

- Усовершенствования: сенсорика/автономия/гибкость