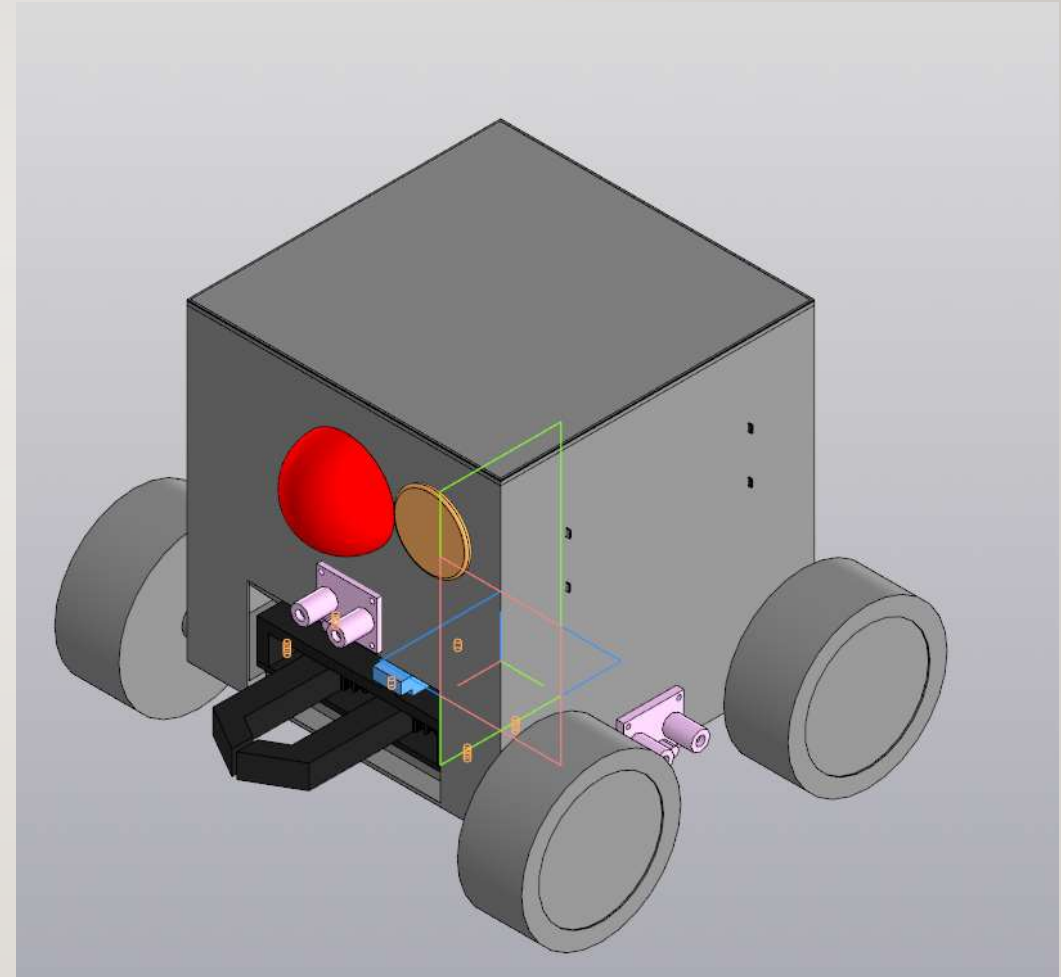


ПРОЕКТ МОБИЛЬНОГО РОБОТА ДЛЯ СОРЕВНОВАНИЙ «РОБОКУБ»

- Представляем проект мобильной транспортной платформы, разработанной специально для участия в соревнованиях «РобоКУБ». В этой презентации подробно описаны все аспекты робота: от кинематики и конструкции до системы управления и программного обеспечения. Наша цель - создать высокоэффективного и надёжного робота, способного успешно выполнять задания на полигоне.



ЦЕЛЬ:

Разработать мобильного робота, способного эффективно выполнять задачи навигации, манипулирования объектами и передачи телеметрической информации.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ:

- Максимально допустимая масса робота не должна превышать 3 кг.
- Все системы робота должны питаться от источника энергии, размещённого непосредственно на борту.
- Конструкция робота должна обеспечивать полноценное дистанционное управление с пульта оператора.
- Робот обязан быть оснащён системой видеонаблюдения для оператора.
- Дальность устойчивой работы системы дистанционного управления и передачи видеосигнала должна составлять не менее 15 метров.
- Начальные габариты робота перед стартом прохождения полигона не должны превышать $200 \times 200 \times 200$ мм (длина \times ширина \times высота).
- Внешний вид робота должен быть аккуратным и эстетически оформленным, демонстрирующим проработку дизайна командой.
- Аппаратная и программная часть робота может быть реализована на любой электронной платформе, способной обеспечить выполнение поставленных задач.
- Робот должен поддерживать режим дистанционного управления оператором.

КИНЕМАТИКА

Теперь рассмотрим существующие решения мобильных платформ. На соревнованиях обычно встречаются три архитектуры:

1. Дифференциальные платформы — высокоманевренные, простые в конструкции и недорогие, но имеют ограниченную проходимость на неровных поверхностях.
2. Гусеничные платформы — обладают высокой проходимостью и устойчивостью, но сложнее в конструкции и медленнее.
3. Платформы с омни-колесами — способны двигаться в любом направлении без поворота корпуса, обладают высокой маневренностью, однако дорогие и сложные в управлении.

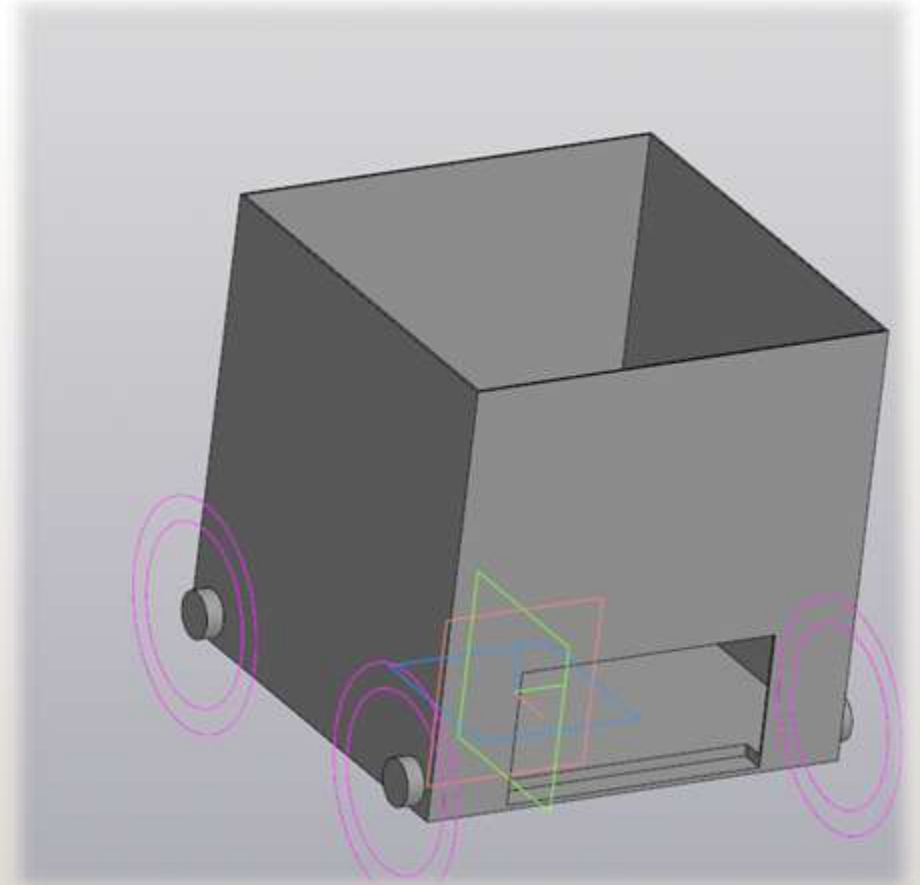
Для наших задач, учитывая ограниченный бюджет и требования маневренности, оптимальным выбором стала дифференциальная кинематическая схема. Мы выбрали двухколёсную дифференциальную схему с пассивными опорными колёсами спереди. Ведущие колёса расположены сзади, что улучшает распределение нагрузки, обеспечивает устойчивость и уменьшает вероятность пробуксовки.

Преимущества такого решения:

- высокая маневренность благодаря независимому управлению левым и правым колёсами;
- простота конструкции и надёжность;
- экономичность, так как для реализации схемы требуется всего два двигателя и один драйвер;
- упрощённое управление и программирование.

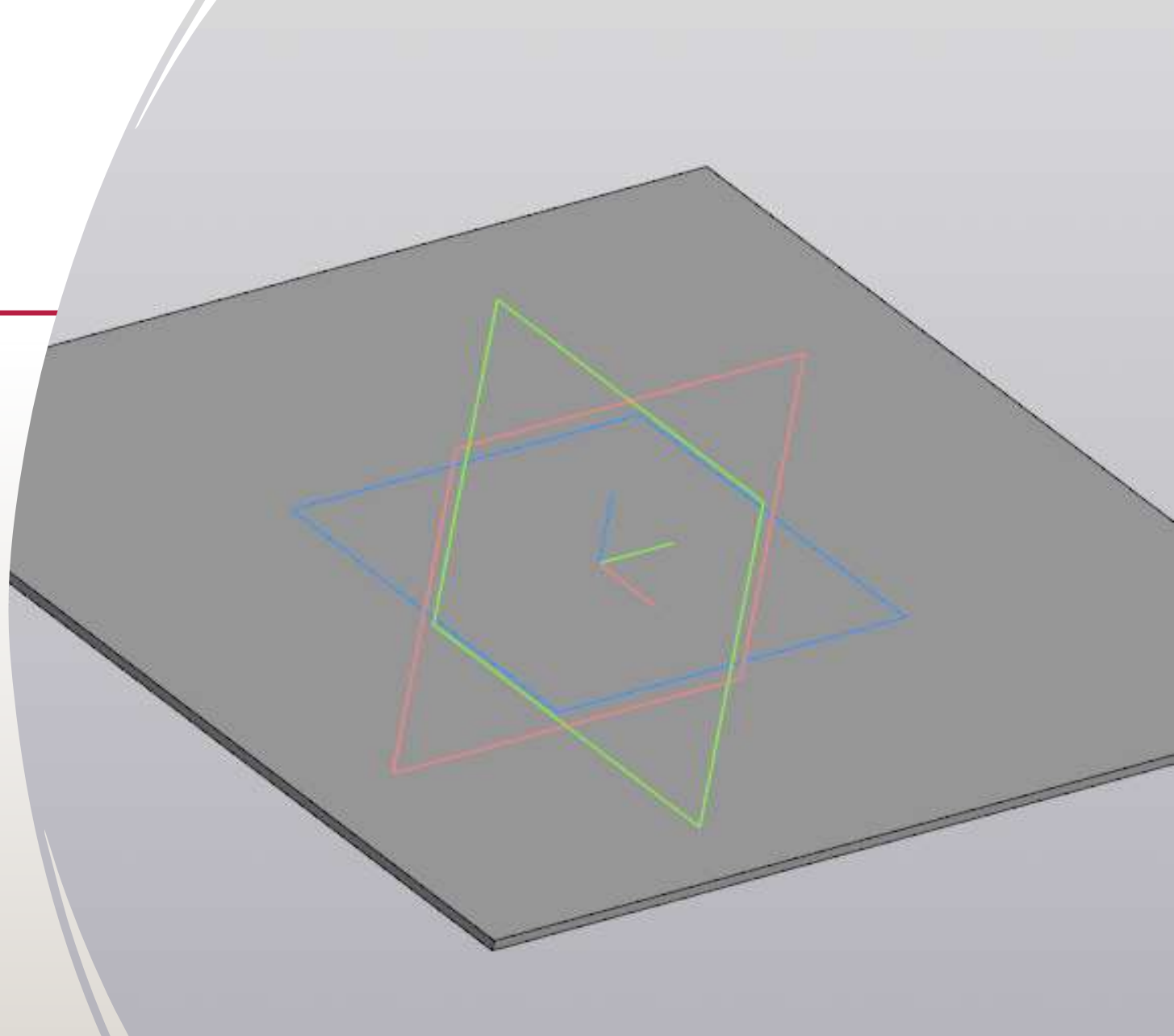
КОРПУС

Корпус робота выполнен в форме куба с размерами $130 \times 130 \times 130$ мм, что обеспечивает компактную и удобную компоновку всех функциональных элементов. Верхняя крышка съёмная, что облегчает доступ к внутренним компонентам и обслуживание устройства. Корпус изготовлен из АБС-пластика толщиной 1,5 мм, обладающего высокой прочностью, малой массой и электроизоляционными свойствами. Кубическая форма обеспечивает равномерное распределение массы, устойчивость конструкции и возможность размещения декоративных элементов. В корпусе предусмотрены технологические вырезы: фронтальный проём размером $18,5 \times 80$ мм и боковые отверстия диаметром 13,94 мм



КРЫШКА

Представляет собой прямоугольный параллелепипед 130х130х1.5 (длина х ширина х высота). Прикрепляется к корпусу с помощью маленьких плоских неодимовых магнитов магнитов.



ВЫБОР МАНИПУЛЯТОРА

SG90

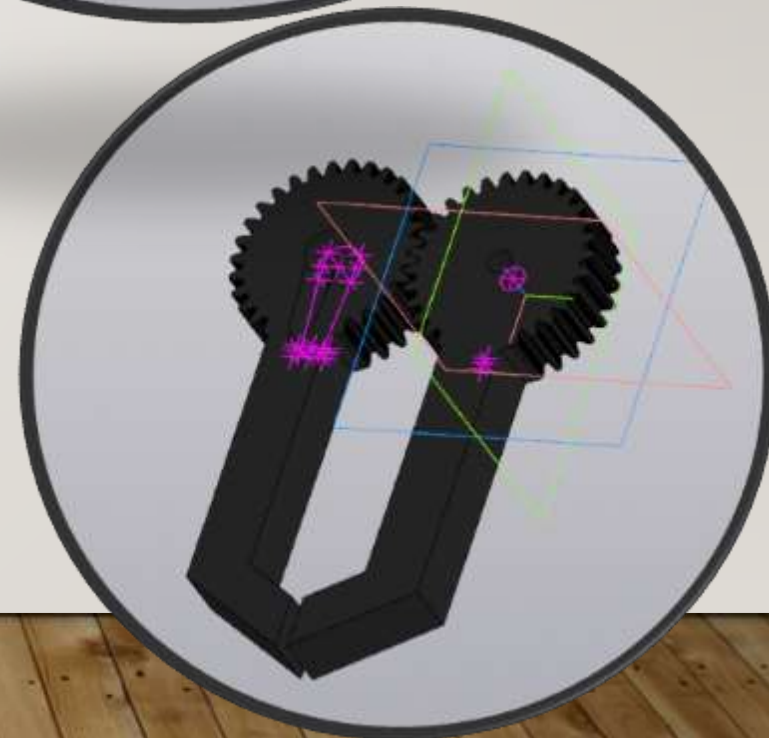
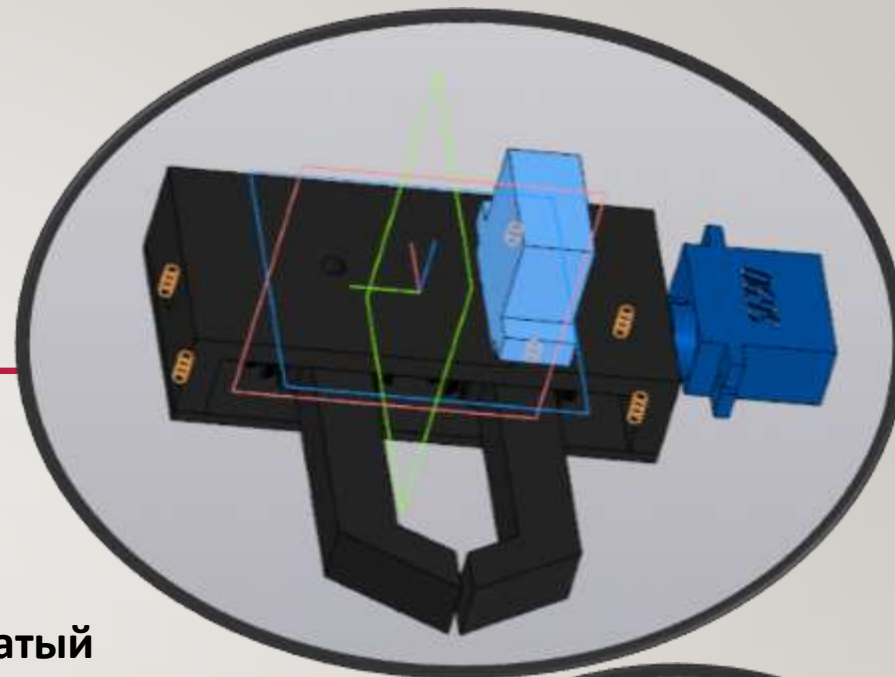
Данный выбор обусловлен следующими причинами:

- **Функциональная достаточность:** двух степеней свободы достаточно для захвата, подъёма и перемещения объектов заданных размеров;
- **Простота управления:** сервоприводы SG90 управляются стандартным ШИМ-сигналом, что упрощает программную реализацию;
- **Компактность и малая масса,** что снижает нагрузку на конструкцию робота и сохраняет его устойчивость;
- **Низкое энергопотребление и стоимость,** соответствующие бюджетным ограничениям проекта;
- **Надёжность и распространённость,** что облегчает замену и интеграцию.
- Использование именно двух сервоприводов SG90 позволило создать простой, надёжный и функциональный манипулятор без избыточной сложности конструкции и программного обеспечения.



МАНИПУЛЯТОР

Манипулятор предназначен для захвата и подъёма кубических объектов размером $40 \times 40 \times 40$ мм и размещается в передней части корпуса робота. Конструкция основана на двух сервоприводах SG90: первый обеспечивает захват объекта через **шестерёнчатый механизм**, второй — подъём и опускание манипулятора. Работа включает захват, транспортировку и освобождение объекта. Манипулятор отличается компактностью, малой массой и низким энергопотреблением, что соответствует требованиям проекта.



Спроб №

Подп. и дата

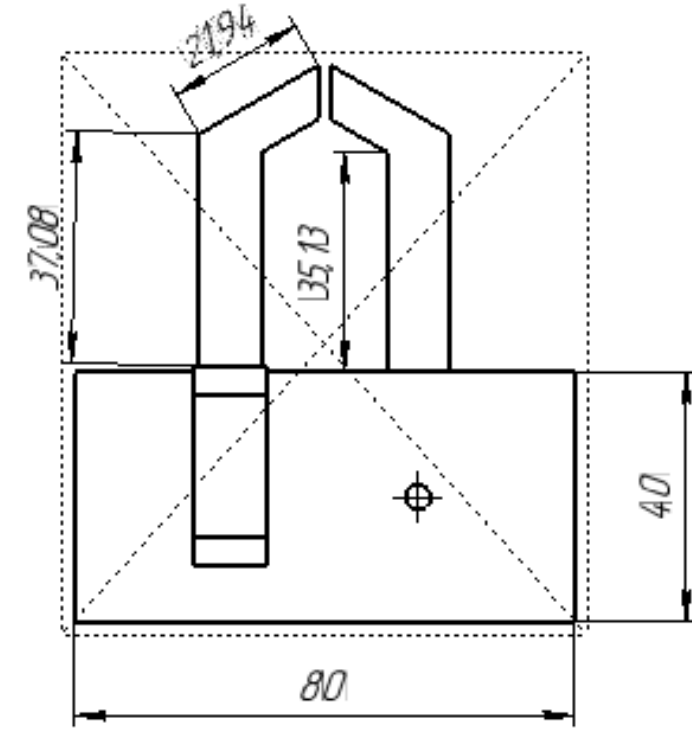
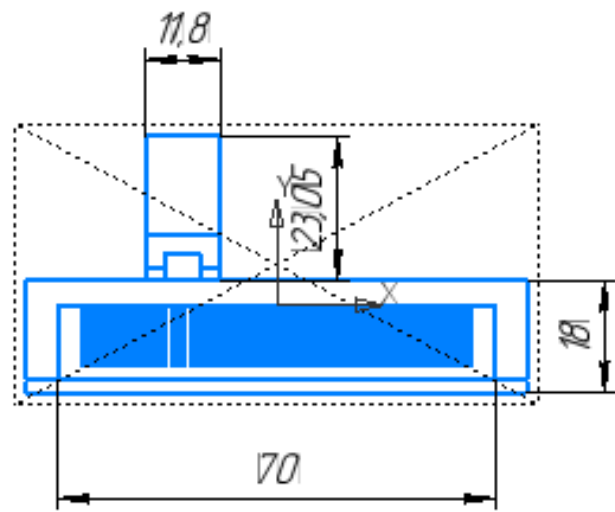
Мно. № змін

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

УМР11 1 група



УМР11 1 група					Устройство захвата		
Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата		Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Искаков					0,43	1:1
Проб.					Лист	Листов	1
Тех. нтр.							
Нка нтр.							
Утв.							

Коридор

Формат А4

ВЫБОР КОНТРОЛЛЕРА УПРАВЛЕНИЯ

- В качестве основного контроллера управления выбран микроконтроллер **ESP32-WROOM-CAM**. Данное решение объединяет в себе высокую вычислительную мощность и встроенные средства беспроводной связи.
- Основные причины выбора:
- **Наличие встроенных модулей Wi-Fi, Bluetooth**, что исключает необходимость в дополнительных коммуникационных платах;
- **Высокая производительность** (двухъядерный процессор до 240 МГц), достаточная для одновременного управления моторами, обработки данных с датчиков и видеопотока;
- **Поддержка многозадачности (FreeRTOS)**, позволяющая эффективно разделять задачи управления;
- ESP32 выступает центральным узлом системы, обеспечивая управление всеми исполнительными и сенсорными модулями.



ОРГАНИЗАЦИЯ БЕСПРОВОДНОГО ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

- Беспроводное управление роботом реализовано по технологии **Wi-Fi** через веб-интерфейс. Микроконтроллер ESP32 работает в режиме точки доступа (Access Point), создавая собственную беспроводную сеть.
- Принцип работы:
- На ESP32 запускается встроенный **веб-сервер**;
- Оператор подключается к роботу с любого устройства (ПК, смартфон, планшет) через браузер;
- Управление осуществляется с помощью HTML-страницы с виртуальным джойстиком и кнопками;
- Команды передаются посредством **HTTP-запросов**, что обеспечивает простоту и кроссплатформенность.
- Данный подход не требует установки специализированного программного обеспечения и обеспечивает интуитивно понятное управление.

ПЕРЕДАЧА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ

Для передачи видеосигнала используется модуль встроенный в **ESP32-WROOM-CAM**, оснащённый камерой OV2640. Модуль работает независимо от основного контроллера и передаёт видеопоток по Wi-Fi.

Особенности реализации:

- Видео транслируется в формате **MJPEG** в реальном времени;
- На ESP32-WROOM-CAM запущен потоковый веб-сервер для обработки изображений и их трансляции;
- Ссылка на видеопоток интегрирована в основной веб-интерфейс управления.
- Это решение обеспечивает режим наблюдения «от первого лица» и повышает информативность дистанционного управления.



ВЫБОР ДВИГАТЕЛЕЙ И ХОДОВОЙ ЧАСТИ

В качестве приводных двигателей были выбраны редукторные коллекторные DC-моторы типа ТТ («жёлтые ардуино-моторы»), широко применяемые в мобильной робототехнике. Данные двигатели представляют собой электродвигатель постоянного тока с пластиковым редуктором, обеспечивающим снижение скорости и увеличение крутящего момента.

- Выбор обусловлен следующими факторами:
- **Доступность и низкая стоимость**, что соответствует бюджетным ограничениям проекта;
- **Достаточный крутящий момент** (порядка 2–3 кг·см), обеспечивающий уверенное движение робота и преодоление небольших препятствий;
- **Подходящая скорость вращения** (100–200 об/мин), оптимальная для манёвренного передвижения в пределах арены;
- **Популярность и стандартизация**, благодаря чему доступны готовые 3D-модели колёс, креплений и редукторов.
- **Использование данных двигателей** позволило упростить как механическую конструкцию, так и систему управления.

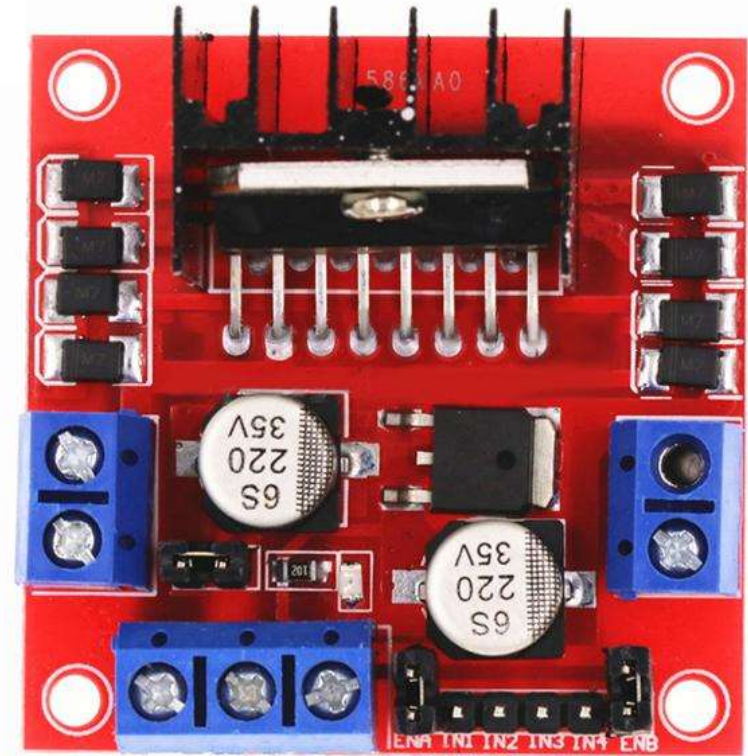
В качестве ходовой части были выбраны обычные желтые колеса ардуино.



ВЫБОР ДРАЙВЕРА

Для управления приводными двигателями используется драйвер **L298N** — двухканальный мостовой драйвер постоянного тока.

- Обоснование выбора:
- Поддержка напряжения питания двигателей до **35 В** и тока до **2 А на канал**, что полностью соответствует параметрам используемых моторов;
- Простота подключения и управления с помощью **TTL-сигналов** и **ШИМ**, формируемых ESP32;
- Широкая распространённость, низкая стоимость и наличие готовых модулей с радиатором охлаждения.
- Драйвер L298N обеспечивает управление направлением вращения и скоростью каждого двигателя, что необходимо для реализации дифференциальной кинематики.



ВЫБОР ОБНАРУЖЕНИЯ

- Для обнаружения препятствий используется ультразвуковой датчик **HC-SR04**. Он работает по принципу измерения времени прохождения ультразвуковой волны до объекта и обратно.
- Преимущества датчика:
- Диапазон измерений до **4 метров**;
- Независимость от освещённости;
- Простота подключения и обработки данных;
- Низкая стоимость.
- Датчики применяются для навигации, предотвращения столкновений и анализа окружающей обстановки.



ВЫБОР ОПТИМИЗАЦИИ

Акселерометр MPU-6050 способствует стабилизации курса, коррекции одометрии, определению наклона,

Совместимость по питанию — 3.3V работа без преобразователей, детектированию столкновений и повороту на заданных углах.

Преимущества среди других

Минимальное использование GPIO — всего 2 пина (SDA/SCL), что важно при нехватке пинов на WROOM-CAM

Работает вместе с камерой — не конфликтует по шине I2C при правильном подключении

Лёгкая обработка на ESP32 — достаточно мощности для фильтра Калмана

Малая стоимость и практичность



ПИТАНИЕ РОБОТА

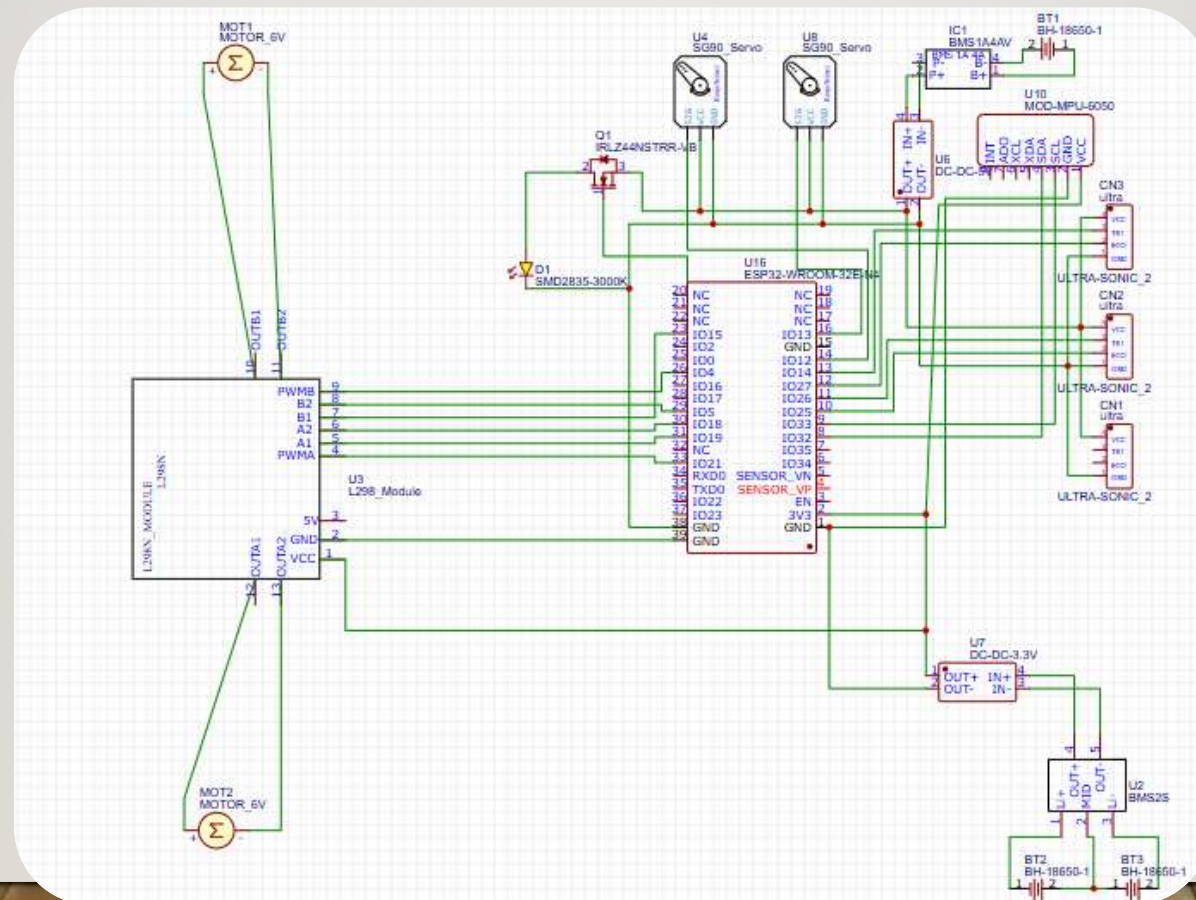
- Питание робота осуществляется от аккумуляторной батареи напряжением **7.4 В (Li-ion/Li-Po, 2S)** и **3.7 В (Li-ion/Li-Po, 1S)**. Данная конфигурация обеспечивает достаточный запас энергии и совместимость с двигателями.
- Система питания включает:
- Прямое питание драйвера L298N от аккумулятора;
- Использование преобразователя напряжения для получения **5 В** (датчики, сервоприводы) и **3.3 В** (логика ESP32, двигатели);
- Общую «землю» для всех компонентов.
- Такая архитектура питания обеспечивает стабильную работу электроники и защиту чувствительных модулей от перепадов напряжения.

392ч Питание датчиков

245ч Питание моторов и Питание esp32-wroom-cam



СТРУКТУРНАЯ И ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА



АРХИТЕКТУРА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Программное обеспечение построено на базе микроконтроллера ESP32 с использованием операционной системы реального времени FreeRTOS.

Код разбит на параллельные задачи:

- Задача управления движением — обработка команд с веб-джойстика
- Задача видеотрансляции — потоковая передача MJPEG с камеры
- Задача обработки датчиков — данные с УЗ-датчика и гироскопа
- Задача сетевого взаимодействия — веб-сервер для управления

Такой подход обеспечивает:

- Стабильность работы без “зависаний”
- Масштабируемость — легко добавить новые модули

ВЕБ-ИНТЕРФЕЙС УПРАВЛЕНИЯ

Управление роботом реализовано через веб-интерфейс:

1. ESP32 работает как точка доступа Wi-Fi
2. На нём запускается встроенный веб-сервер
3. Оператор подключается с любого устройства (телефон, ноутбук)
4. В браузере открывается страница с элементами управления:
 - Виртуальный джойстик для движения
 - Кнопки для управления манипулятором
 - Встроенное окно с видео с камеры робота

Технологии:

- HTML/CSS/JavaScript для интерфейса
- HTTP-запросы для передачи команд
- MJPEG-поток для видео
- JSON для структурированного обмена данным

СТЕК ТЕХНОЛОГИЙ И БИБЛИОТЕКИ


Язык программирования: C++ (Arduino Framework)

Среда разработки: Visual Studio Code

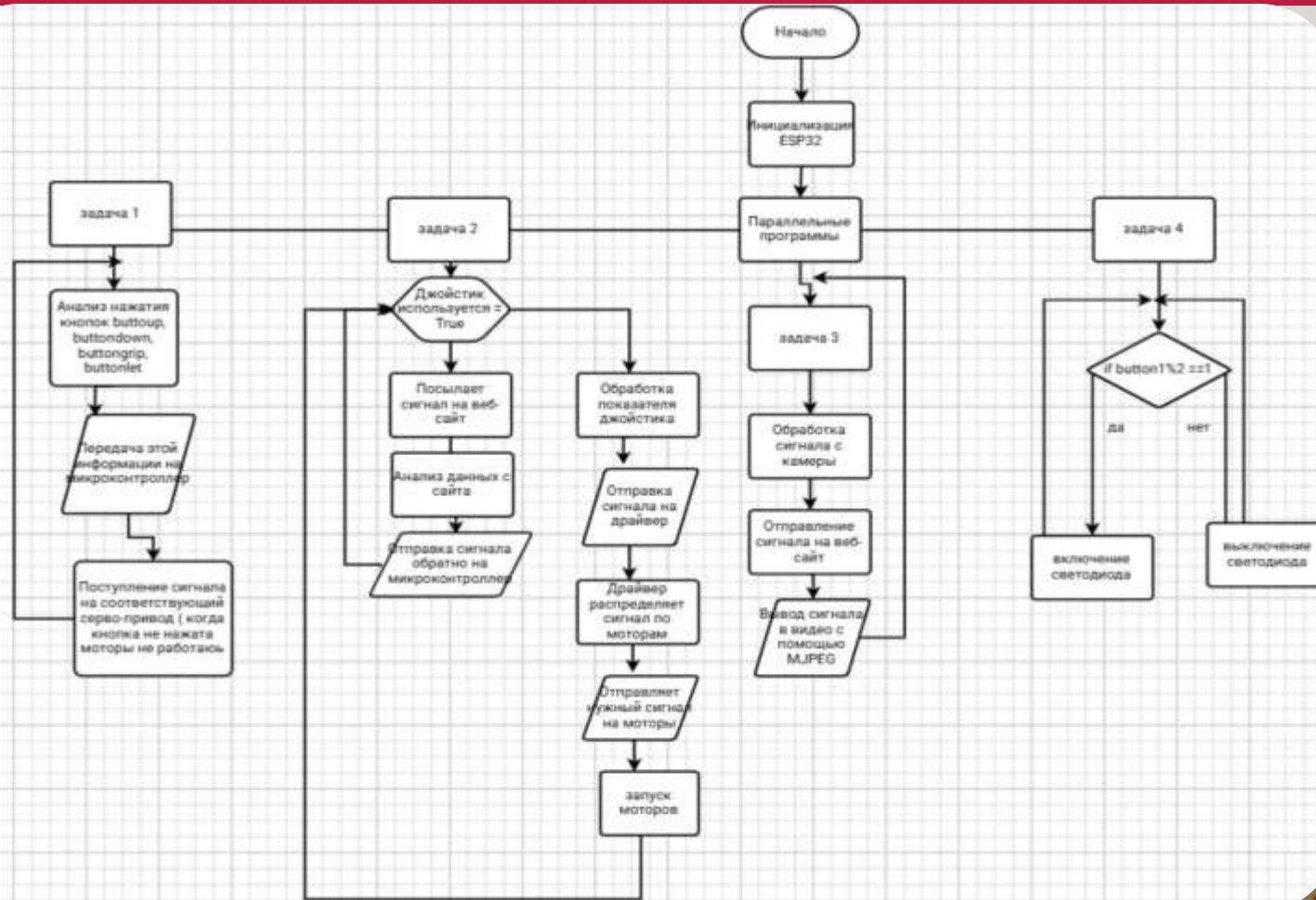
Ключевые библиотеки:

- ESP32WebServer - создание веб-сервера управления
- ESP32Camera - работа с камерой OV2640, поток MJPEG
- ArduinoJson - обработка JSON для обмена данными
- Adafruit_MPU6050 - работа с гироскопом/акселерометром
- FreeRTOS - многозадачность
- Ticker - таймер

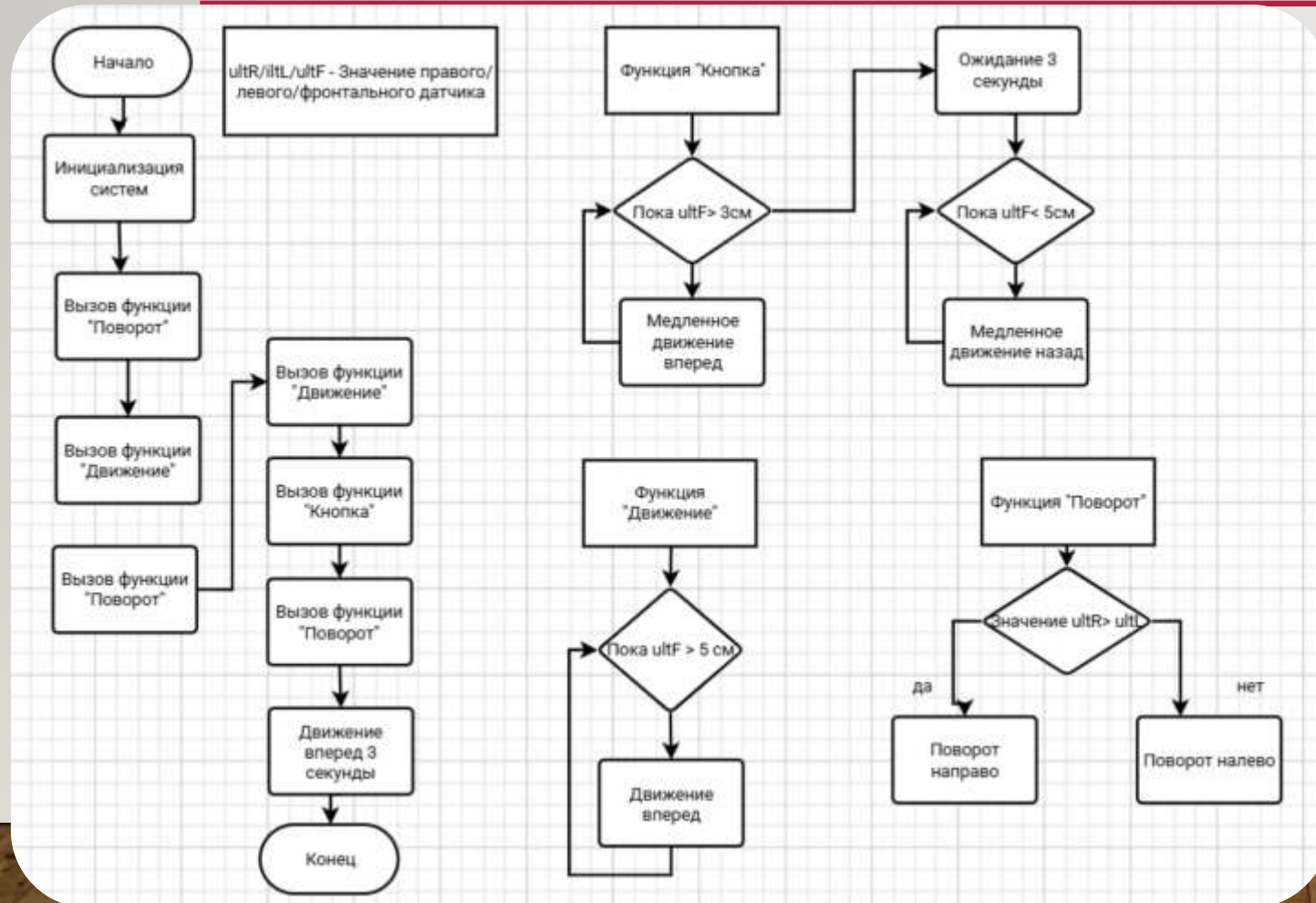
Протоколы:

- Wi-Fi
 - HTTP для команд управления
 - MJPEG для видеопотока
- 

АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ В УПРАВЛЯЕМОМ РЕЖИМЕ



АЛГОРИТМ РАБОТЫ СИСТЕМЫ В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ



ВЫВОД

В ходе выполнения проекта была разработана, обоснована и создана конструкция автономного мобильного робота, предназначенного для прохождения испытаний «РобоКУБ», в результате чего получен технически обоснованный и функционально завершённый проект транспортной платформы, полностью соответствующий поставленным требованиям. Разработанное устройство может быть использовано в учебных целях, а также служить базой для дальнейшего развития и усложнения алгоритмов автономного управления и навигации.

