

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Обзор литературы .....	7
1.1 Микроконтроллерные платформы .....	7
1.2 Радиомодули для беспроводной связи.....	7
1.3 Системы привода и драйверы моторов.....	8
1.4 Датчики для мобильных роботов .....	8
1.5 Индикация и пользовательский интерфейс.....	8
1.6 Датчики освещенности .....	9
2 Структурное проектирование .....	10
2.1 Общая структура системы.....	10
2.2 Структура пульта управления.....	10
2.3 Структура мобильного робота .....	10
2.4 Взаимодействие модулей .....	10
2.5 Преимущества выбранной структуры.....	11
2.6 Перспективы развития структуры .....	11
3 Функциональное проектирование .....	12
3.1 Обоснование выбора микроконтроллеров.....	16
3.2 Обоснование выбора датчика освещенности .....	12
3.3 Обоснование выбора ультразвукового датчика расстояния .....	12
3.4 Обоснование выбора модулей радиопередачи.....	12
3.5 Обоснование выбора драйвера моторов .....	12
3.6 Обоснование выбора мотор-редукторов.....	13
3.7 Алгоритмы управления .....	13
3.8 Система освещения .....	13
3.9 Система автономной навигации .....	13
3.10 Обработка прерываний .....	13
4 Разработка принципиальной электрической схемы устройства .....	14
4.1 Расчёт мощности элементов схемы.....	14
4.2 Расчёт нагрузки светодиодов .....	15
4.3 Микроконтроллеры .....	16
4.4 Датчик освещенности .....	16
4.5 Ультразвуковой датчик расстояния .....	16
4.6 Модуль радиопередачи.....	17
4.7 Драйвер моторов .....	17
4.8 Мотор-редукторы .....	17
5 Разработка программного обеспечения .....	18
5.1 Требования к разработке программного обеспечения .....	18
5.2 Блок-схема алгоритма .....	18
5.3 Исходный код программы для устройства управления .....	18
5.4 Исходный код программы для передвижного устройства .....	18
6 Разработка корпуса устройства .....	19
6.1 Концепция и материалы .....	19
6.2 Конструкция передвижного устройства .....	19

6.3 Конструкция пульта управления .....	19
8 Руководство пользователя.....	21
7.1 Назначение устройства .....	21
7.2 Комплектация .....	21
7.3 Подготовка к работе.....	21
7.4 Порядок работы .....	21
7.5 Меры предосторожности.....	22
7.6 Уход и техническое обслуживание .....	22
Заключение .....	23
Список использованных источников .....	24
Приложение А .....	25
Приложение Б .....	26
Приложение В.....	27
Приложение Г .....	28
Приложение Д.....	29
Приложение Е .....	30
Приложение Ж.....	31

## ВВЕДЕНИЕ

Современные робототехнические системы находят всё более широкое применение как в промышленности, так и в быту. Они используются для автоматизации рутинных процессов, проведения исследовательских работ, образовательных целей и развлечений. Одним из наиболее перспективных направлений в образовательной робототехнике является разработка небольших мобильных роботов, управляемых при помощи микроконтроллеров и радиомодулей. Такие проекты позволяют изучить основы электроники, программирования встроенных систем, принципы построения беспроводных сетей и работу исполнительных механизмов.

Образовательные проекты на базе платформ Arduino стали неотъемлемой частью инженерной подготовки, позволяя студентам освоить полный цикл создания устройств – от проектирования до программирования и тестирования.

Настоящий проект посвящён созданию прототипа мобильного робота с дистанционным управлением. Управление осуществляется с отдельного пульта при помощи радиоканала на базе модуля NRF24L01. Робот оснащён системой привода на основе колёсных электродвигателей, датчиками для ориентации в пространстве и модулем обратной связи. Конструкция предполагает возможность расширения функционала – добавление новых сенсоров или усовершенствование системы управления.

Основная цель проекта заключается в разработке структуры системы, обеспечивающей взаимодействие всех модулей: блока питания, микроконтроллера, исполнительных устройств, датчиков, радиомодуля и пользовательского интерфейса.

Разработка курсового проекта будет происходить поэтапно. В первую очередь необходимо подобрать элементы устройства, учитывая их надежность, стоимость, функциональность и размеры. Затем необходимо собрать устройство и разработать программное обеспечение для корректной обработки информации и поддержания связи между элементами схемы. В конце устройство подлежит тестированию, чтобы проверить правильность сборки и исключить сбои при эксплуатации.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Микроконтроллерные платформы

Существует огромное разнообразие плат с разными микроконтроллерами. Все они отличаются размерами, параметрами, предустановленными интерфейсами и выполняемыми задачами.

Наибольшую популярность в образовательных и любительских проектах получили микроконтроллеры семейства Arduino. Их преимущества: открытая архитектура, наличие большого количества библиотек и примеров, а также низкая стоимость.

Для робота в данном проекте используется Arduino Uno, обладающий достаточной производительностью и количеством выводов для подключения моторов, датчиков и радиомодуля. В пульте управления лучше применять Arduino Nano – компактная версия, удобная для интеграции в портативные устройства, но в данном проекте будет использована Arduino Uno.

1 Arduino Uno. 16 МГц, 32 КБ Flash, 2 КБ RAM. Преимущества: богатая периферия, простота программирования.

2 Arduino Nano. Аналогичные характеристики в компактном корпусе.

3 STM32. Более производительные аналоги, требующие глубоких знаний.

4 ESP32. Интеграция Wi-Fi и Bluetooth, но избыточность для данной задачи.

Таблица 1.1 – Сравнение микроконтроллеров

Параметр	Arduino Uno	STM32F103	ESP32
Тактовая частота	16 МГц	72 МГц	240 МГц
Память Flash	32 КБ	64 КБ	4 МБ
Сложность разработки	Низкая	Средняя	Средняя

## 1.2 Радиомодули для беспроводной связи

Для дистанционного управления чаще всего применяются следующие решения:

1 Инфракрасные модули (ограниченная дальность и работа только в прямой видимости).

2 Bluetooth-модули (HC-05, HC-06) – просты в использовании, но имеют ограниченную дальность (до 10–15 м).

3 Wi-Fi модули (ESP8266, ESP32) – обеспечивают большую скорость передачи данных, но требуют сетевой инфраструктуры и сложнее в настройке.

4 Модули NRF24L01 – обеспечивают работу на частоте 2,4 ГГц, поддерживают разные скорости передачи данных (250 Кбит/с, 1 Мбит/с, 2 Мбит/с), обладают низким энергопотреблением и хорошей дальностью связи.

5 В проекте выбран NRF24L01, так как он оптимален по сочетанию дальности, простоты и стоимости. Для робота рекомендуется версия NRF24L01 +PA+LNA с внешней антенной, что увеличивает радиус действия и устойчивость соединения.

### **1.3 Системы привода и драйверы моторов**

Мобильные роботы чаще всего используют колёсное шасси с электродвигателями постоянного тока (DC motors). Для управления такими двигателями применяются драйверы на основе Н-моста. Наиболее распространённые:

- L298N – недорогой и простой модуль, но с низким КПД и нагревом при больших токах;
- TB6612 – более современный и эффективный драйвер;
- VNH2SP30 – рассчитан на большие токи, подходит для мощных двигателей;
- В проекте применяются два драйвера L298N, каждый из которых управляет парой двигателей.

### **1.4 Датчики для мобильных роботов**

Классификация датчиков:

- Тактильные (концевики);
- Оптические (ИК, лидары);
- Акустические (ультразвуковые);
- Инерциальные (акселерометры).

Характеристики датчиков линии:

1 TCRT5000. Дальность 0.2-1.5 см, аналоговый выход.

2 QTR-8A. 8 сенсоров, цифровой выход, калибровка.

Для ориентации в пространстве и выполнения задач робототехники используют различные сенсоры:

- Датчики линии (ИК-датчики отражения);
- Ультразвуковые дальномеры (HC-SR04);
- Энкодеры для измерения скорости вращения колес;
- Датчики освещенности.

В данном проекте применяются датчики линии, при необходимости система может быть дополнена ультразвуковым датчиком HC-SR04 для измерения расстояния.

### **1.5 Индикация и пользовательский интерфейс**

Типы дисплеев:

1 LCD 1602. Дешевый, требует много пинов.

2 OLED SSD1306. Яркий, I2C интерфейс.

3 TFT дисплеи. Цветное изображение, высокая цена.

Анализ джойстиков:

1 Потенциометрические. Аналоговый выход, износ.

2 Магниторезистивные. Высокая точность, цена.

Для взаимодействия с пользователем применяются:

– Светодиоды (LED) – простейший способ отображения состояния;

– ЖК и OLED-дисплеи – позволяют выводить более детальную

информацию;

– Джойстики и кнопки – средства управления роботом.

## 1.6 Датчики освещенности

Наиболее распространёнными моделями датчиков освещенности являются фоторезистивный датчик освещенности на чипе LM393, датчик освещенности CJMCU-TEMT6000 и модуль освещения GY-302 на чипе BH1750FVI. В таблице 1.2 приведены их сравнительные характеристики.

Таблица 1.2 – Сравнение датчиков освещенности

Параметры сравнения	Фоторезистивный датчик освещенности	Датчик освещенности CJMCU-TEMT6000	Модуль освещения GY-302
Угол чувствительности	$\pm 60^\circ$	$\pm 60^\circ$	$\pm 60^\circ$
Напряжение питания	3.3 – 5 В	3.3 – 5 В	3 – 5 В
Рабочая температура	от 0 до +70 °С	от -40 до +85 °С	от -25 до +85 °С
Потребляемый ток	до 15 мА	до 20 мА	до 120 мкА
Измеряемые значения	от 0 до 65535 лк	от 0 до 65535 лк	от 0 до 65535 лк
Тип выходного канала	аналоговый и цифровой	аналоговый	цифровой

## **2 СТРУКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

### **2.1 Общая структура системы**

Система состоит из двух взаимосвязанных частей:

- Пульт управления — обеспечивает ввод управляющих команд (джойстик), их обработку микроконтроллером и передачу по радиоканалу;
- Мобильный робот — принимает команды, обрабатывает их, управляет моторами, анализирует данные датчиков и передаёт обратную связь на пульт;
- Основой системы является радиоканал NRF24L01, обеспечивающий двустороннюю связь между пультом и роботом.

### **2.2 Структура пульта управления**

Пульт управления включает в себя:

- Джойстик — формирует управляющие сигналы;
- Arduino UNO — выполняет обработку сигналов и формирование пакетов для передачи;
- NRF24L01 — передаёт данные на робота;
- OLED-дисплей (опционально) — отображает состояние системы;
- Источник питания (аккумулятор 18650 или powerbank) — обеспечивает работу пульта.

### **2.3 Структура мобильного робота**

Мобильный робот включает в себя:

- Arduino Uno — основной контроллер;
- NRF24L01 +PA+LNA — модуль радиосвязи;
- Драйверы моторов L298N — обеспечивают управление четырьмя колесными двигателями;
- DC моторы с редуктором — исполнительные устройства для движения;
- Датчики линии — используются для навигации;
- Светодиодная индикация — отображение состояния питания и связи;
- Источник питания (аккумулятор 7,4 В 2×18650) — питание машины.

### **2.4 Взаимодействие модулей**

Пульт передаёт управляющие команды по радиоканалу.

Робот принимает команды, обрабатывает их и изменяет направление/скорость движения.

Датчики передают информацию в микроконтроллер, который может использовать её для коррекции движения или передачи данных обратно на пульт.

Светодиоды и OLED-дисплей (если установлен) обеспечивают визуальную обратную связь пользователю.

## **2.5 Преимущества выбранной структуры**

Модульность – каждый компонент можно заменить или модернизировать.

Простота реализации – используется доступная элементная база.

Расширяемость – возможна установка дополнительных датчиков или переход на более мощные драйверы моторов.

Доступность компонентов – все модули широко распространены и имеют низкую стоимость.

## **2.6. Перспективы развития структуры**

Переход на STM32.

Добавление резервирования каналов связи.

Система самодиагностики.

## **3 ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

### **3.1 Обоснование выбора микроконтроллеров**

В данной курсовом проекте используется плата Arduino UNO так как она полностью подходит под поставленные задачи. Данный контроллер был выбран также по причине доступности и наличия опыта разработки под данный тип микроконтроллеров.

### **3.2 Обоснование выбора датчика освещенности**

В данном проекте используется фоторезистивный датчик освещенности на чипе LM393 так как он имеет как аналоговый, так и цифровой выходы, что может быть полезным при работе с данным модулем. Также данная модель датчика была выбрана по причине потребления меньшего тока, что значительно уменьшит затраты на при подключении к общей схеме устройства.

### **3.3 Обоснование выбора ультразвукового датчика расстояния**

Было принято решение выбрать датчик HC-SR04 из-за большего диапазона измеряемого расстояния и рабочей температуры. По остальным параметрам, таким как частота звукового излучения, напряжение питания, потребляемый ток и рабочий угол наблюдения данные датчики имеют одинаковые характеристики.

### **3.4 Обоснование выбора модулей радиопередачи**

После анализа модулей радиопередачи, представленных в таблице 1.5 обзора литературы видно, что модуль NRF24L01 имеет лучшие характеристики, по сравнению с передатчиком MX-05V и приемником XD-RF-5V, но рассчитан на меньшее расстояние передачи радиосигнала.

В данном устройстве будут использованы радиопередатчик MX-05V и приемник XD-RF-5V. Хоть организация радиопередачи между этими двумя модулями является односторонней, в данном курсовом проекте это не существенно так как передача всегда будет происходить от пульта управления к устройству передвижения. Также данные модули были выбраны по причине большего расстояния передачи и существенно меньшей стоимости.

### **3.5 Обоснование выбора драйвера моторов**

В данном курсовом проекте будет использована модель L298N исходя из наличия данного драйвера, возможности подключения одновременно четырех моторов и удовлетворения всех необходимых параметров для

проектируемого устройства. Данный драйвер имеет довольно большой диапазон напряжения питания и может быть использован для стабилизации питания других датчиков.

### **3.6 Обоснование выбора мотор-редукторов**

В данном устройстве будут использованы прямые двухосевые мотор-редукторы с передаточным числом 1:48. Они имеют более подходящий диапазон напряжения питания и более высокую скорость вращения.

### **3.7. Алгоритмы управления**

Алгоритм обработки джойстика:

```
void processJoystick() {  
    // Фильтрация сигнала  
    filteredX = alpha * filteredX + (1-alpha) * rawX;  
    // Преобразование в ШИМ  
    pwm = map(filteredX, 0, 1023, 0, 255);  
    // Нейтральная зона  
    if(abs(pwm) < DEAD_ZONE) pwm = 0;  
}
```

### **3.8. Система освещения**

Режимы работы фар:

- Постоянное освещение;
- Мигающий режим;
- Автоматическое включение при низкой освещенности.

### **3.9 Система автономной навигации**

Алгоритм следования по линии:

```
void lineFollower() {  
    int error = sensorLeft - sensorRight;  
    int correction = KP * error;  
    setMotorSpeeds(BASE_SPEED - correction, BASE_SPEED +  
correction);  
}
```

### **3.10. Обработка прерываний**

Приоритеты прерываний:

- Аварийная остановка;
- Данные с радиомодуля;
- Обработка датчиков.

## 4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Разработка принципиальной электрической схемы является одним из ключевых этапов проектирования любого электронного устройства. Эта схема служит основным руководством для монтажа, прототипирования и последующего анализа работы системы. Она должна однозначно отображать все электрические соединения между компонентами, обеспечивая корректное функционирование каждого модуля и устройства в целом. В данном разделе проводится не только описание подключений, но и важные расчеты, подтверждающие правильность выбора элементов и источников питания. Таким образом, тщательная проработка принципиальной схемы напрямую влияет на надежность, производительность и стоимость конечного продукта.

### 4.1 Расчёт мощности элементов схемы

Потребляемая мощность разрабатываемого устройства равна сумме мощностей, потребляемых его элементами. Расчет мощности элементов схемы устройства управления и самого устройства представлены в таблице 4.1 и 4.2 соответственно.

Таблица 4.1 – Расчет мощности элементов схемы устройства управления

Блок	U, В	I, мА	Кол-во	P, мВт
Микроконтроллер Arduino UNO R3	5	22	1	110
Модуль радиопередачи MX-05V	5	28	1	140
Джойстик	5	8	2	80
Светодиод	5	20	1	100
Суммарная мощность, мВт				430

В реализованной схеме используются микроконтроллер Arduino UNO R3, модуль радиопередачи MX-05V, 2 джойстика и светодиод.

Таким образом потребляемая мощность будет равна:

$$P = 5 \cdot 22 + 5 \cdot 28 + 5 \cdot 8 \cdot 2 + 5 \cdot 20 = 430 \text{ мВт}$$

Учитывая поправочный коэффициент в 20%, максимальная потребляемая мощность составит 516 мВт.

Рассчитаем потребляемый ток:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{0.430}{5} = 0.086 \approx 0.09 \text{ А}$$

Таблица 4.2 – Расчет мощности элементов схемы устройства

Блок	U, В	I, мА	Кол-во	P, мВт
Микроконтроллер Arduino UNO R3	5	22	1	110
Модуль радиоприема XD-RF-5V	5	6	1	30
Датчик освещенности LM393	5	15	1	75
Датчик расстояния HC-SR04	5	15	1	75
Драйвер моторов L298N	5	36	1	180
Мотор-редуктор 1:48 3-8В	5	600	4	12 000
Светодиод	5	20	4	400
Суммарная мощность, мВт				12870

В реализованной схеме используются микроконтроллер Arduino UNO R3, модуль радиоприема XD-RF-5V, датчик освещенности LM393, датчик расстояния HC-SR04, драйвер моторов L298N, 4 мотор-редуктора 1:48 3-8В и 4 светодиода.

Таким образом потребляемая мощность будет равна:

$$P = 5 \cdot 22 + 5 \cdot 6 + 5 \cdot 15 + 5 \cdot 15 + 5 \cdot 36 + 5 \cdot 600 \cdot 4 + 400 = 12870 \text{ мВт}$$

Учитывая поправочный коэффициент в 20%, максимальная потребляемая мощность составит 15444 мВт.

Рассчитаем потребляемый ток:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{15.444}{5} = 3.088,8 \approx 3.01 \text{ А}$$

## 4.2 Расчёт нагрузки светодиодов

В данном курсовом проекте используется пять светодиодов различных цветов, подключенные к соответствующим pinам микроконтроллера (см. рисунок 4.2).

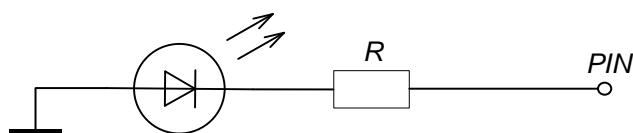


Рисунок 4.1 — Схема подключения светодиодов

Для ограничения тока светодиода используется резистор номиналом, рассчитываемым по следующей формуле:

$$R = \frac{U_{\Pi} - U_{\mathcal{D}}}{I_{\text{ПР}}},$$

где  $U_{\Pi}$  – напряжения питания,  $U_{\mathcal{D}}$  – напряжение, падающее на светодиоде,  $I_{\text{ПР}}$  – прямой ток светодиода.

В проекте используются светодиоды белого, желтого и зеленого цветов, со следующими параметрами:  $I_{\text{ПР}} = 20 \text{ мА}$ .  $U_{\mathcal{D}} = 1 \text{ В}$ .

Получаем:

$$R = \frac{5 - 1}{20 \cdot 10^{-3}} = 200 \text{ Ом.}$$

Следовательно, для того, чтобы светодиод не перегорел он должен быть подключён через резистор с сопротивлением не менее 200 Ом, однако если взять слишком большое сопротивление, то светодиод будет гореть очень слабо, поэтому в данном проекте светодиоды подключаются через резисторы сопротивлением 220 Ом.

### **4.3 Микроконтроллеры**

Микроконтроллер соединен со всеми модулями схемы через аналоговые или цифровые входы и выходы.

В схеме с устройством управления к аналоговым входам A1 и A2 подключены джойстики, а на цифровой выход D12 подключен радиопередатчик.

В схеме передвижного устройства модуль освещенности подключен к аналоговому входу A1, датчик газов к аналоговому входу A0 и цифровому входу D2, датчик расстояния подключен к цифровым входам D9 и D8, радиоприемник к цифровому входу D11, пьезодинамик к цифровому выходу D10. Драйвер моторов подключен к Arduino через цифровые выходы D4 – D7, а светодиоды через цифровые выходы D12 и D13. Данный микроконтроллер на обоих схемах питается от напряжения 5 В.

### **4.4 Датчик освещенности**

Данный датчик в схеме питается от напряжения 5 В. К аналоговому входу A1 микроконтроллера подключен выход датчика A0, через который поступает информация о степени освещенности.

### **4.5 Ультразвуковой датчик расстояния**

Данный датчик подключается к контроллеру с помощью двух своих выходов Echo и Trig, в данной схеме они подключены к цифровым входам

микроконтроллера D8 и D9. Питается датчик от напряжения 5 В.

#### **4.7 Модуль радиопередачи**

На устройстве управления используется радиопередатчик FS1000A/XD-FST, который питается от напряжения 5 В. Также на модуле есть вход Data, он подключен к цифровому выходу D12 микроконтроллера, через него осуществляется передача данных с Arduino на модуль.

На передвижном устройстве установлен радиоприемник XD-RF-5V, который также питается от напряжения 5 В. На данном модуле есть единственный выход Data, который подключен к цифровому входу D11 микроконтроллер. Через данный выход микроконтроллер получает информацию с радиоприемника.

Оба модуля подключены к антенне для улучшения радиосигнала.

#### **4.8 Драйвер моторов**

На вход VCC подается напряжение 5 В. Входы IN1, IN2, IN3, IN4 подключаются к микроконтроллеру, который выставляет направление вращения моторов. Драйвер анализирует полученные значения и запускает моторы через выходы OUT1, OUT2, OUT3 и OUT4.

#### **4.9 Мотор-редукторы**

Информация о выбранных мотор-редукторах представлена в пункте 3.7 раздела 3. Все они связаны с микроконтроллером через драйвер двигателей L298N. При поступлении питания на соответствующие входы моторов они начинают вращаться в заданную сторону.

## **5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ – В ПРОЦЕССЕ**

**5.1 Требования к разработке программного обеспечения**

**5.2 Блок-схема алгоритма**

**5.3 Исходный код программы для устройства управления**

**5.4 Исходный код программы для передвижного устройства**

## **6 РАЗРАБОТКА КОРПУСА УСТРОЙСТВА**

Разработка корпуса является важным этапом, который определяет не только внешний вид устройства, но и его функциональность, надежность и удобство сборки. Основными задачами при проектировании корпуса были: обеспечение жесткости конструкции, легкий доступ к внутренним компонентам для отладки, защита электроники от механических повреждений и пыли, а также создание эстетически привлекательного изделия.

### **6.1 Концепция и материалы**

Было принято решение изготовить корпус машинки методом сборки из плоских пластиковых пластин. Данный подход обладает рядом преимуществ:

1 Технологичность. Пластины легко раскраиваются из листового пластика с помощью лобзика или лазерного резака.

2 Ремонтопригодность. В случае повреждения одного из элементов его легко заменить, не разбирая всю конструкцию.

3 Жесткость. Правильно спроектированная коробчатая конструкция обладает высокой прочностью.

4 Внешний вид. Позволяет создать стильный, геометричный дизайн.

В качестве основного материала была выбрана прозрачная или матовая акриловая пластина толщиной 3-5 мм.

Для крепления пластин между собой будут использоваться склейка специальным клеем для пластика (например, дихлорэтаном для акрила) и скотч. Это обеспечит разборность и прочность соединения.

### **6.2 Конструкция передвижного устройства**

Корпус машинки спроектирован как двухуровневая конструкция:

1 Нижний уровень (шасси). На этой пластине крепятся 4 мотор-редуктора с колесами, драйвер моторов L298N и аккумуляторная батарея. Плата Arduino UNO также может быть размещена здесь для снижения центра тяжести. Данная пластина является силовой и должна иметь наибольшую толщину (4-5 мм).

2 Верхний уровень (кузов). На него устанавливаются все датчики и системы индикации.

Оба уровня соединяются между собой с помощью стоек, образуя прочную конструкцию. В боковых пластинах предусмотрены вентиляционные отверстия для отвода тепла от драйвера моторов.

Рисунок 6.1 – Эскиз корпуса передвижного устройства

### **6.3 Конструкция пульта управления**

Пульт управления выполнен в виде компактной коробки, эргономично

лежащей в руках. Его основу составляет прямоугольная пластина, на которой крепятся все компоненты. Arduino UNO и радиопередатчик крепятся внутри корпуса. Светодиод индикации питания выводится на лицевую панель. Верхняя крышка корпуса пульта является съемной для обеспечения доступа к кнопке питания и разъему для зарядки/питания.

Рисунок 6.2 – Эскиз пульта управления

## **7 РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ**

Настоящее руководство описывает порядок работы с радиоуправляемой машинкой, оснащенной датчиками.

### **7.1 Назначение устройства**

Радиоуправляемая машинка предназначена для движения в помещении и на открытом воздухе, а также для демонстрации работы различных датчиков: освещенности, расстояния. Управление осуществляется с помощью портативного пульта по радиоканалу.

### **7.2 Комплектация**

Комплектация состоит из:

- 1 Передвижное устройство (машинка) в сборе – 1 шт.
- 2 Пульт дистанционного управления – 1 шт.
- 3 Кабель micro-USB для программирования и питания пульта – 1 шт.
- 4 Кабель для зарядки/питания машинки (зависит от выбранного аккумулятора) – 1 шт.

### **7.3 Подготовка к работе**

Зарядка аккумуляторов. Убедитесь, что аккумуляторы машинки и пульта управления полностью заряжены.

Включение пульта. Подайте питание на пульт управления. О готовности к работе сигнализирует светодиод на его лицевой панели.

Включение машинки. Включите питание на машинке. После включения машинка готова к приему команд.

### **7.4 Порядок работы**

Управление движением:

1 Левый джойстик (Вперед/Назад). Наклоньте джойстик от себя для движения вперед. Наклоньте джойстик на себя для движения назад.

2 Правый джойстик (Влево/Вправо). Наклоньте джойстик влево для поворота налево. Наклоньте джойстик вправо для поворота направо.

Остановка. Отпустите оба джойстика в нейтральное положение, и машинка остановится.

Работа систем автоматики:

1 Автоматическое освещение ("Фары"). При въезде в темное помещение или в условиях недостаточной освещенности белые светодиоды на машинке включаются автоматически.

2 Предупреждение о препятствиях. При приближении к препятствию на расстояние менее 15 см машинка автоматически остановится, а боковые

желтые светодиоды начнут мигать. Для возобновления движения необходимо отдать команду назад или в сторону.

## **7.5 Меры предосторожности**

Не подвергайте устройство воздействию влаги и прямых струй воды.

Избегайте сильных ударов и падений устройства.

Не блокируйте колеса машинки во время движения во избежание перегрева двигателей и драйвера.

Используйте для питания только рекомендованные источники.

Не разбирайте устройство при включенном питании.

## **7.6 Уход и техническое обслуживание**

Регулярно очищайте корпус машинки и пульта от пыли сухой мягкой тканью.

Следите за чистотой колес для обеспечения лучшего сцепления с поверхностью.

Периодически проверяйте надежность всех механических соединений и креплений.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате выполнения курсового проекта было успешно разработано и реализовано функциональное микропроцессорное устройство на радиоуправлении. Все поставленные перед проектом задачи были выполнены в полном объеме.

К основным достоинствам разработанного устройства можно отнести его относительно низкую себестоимость, а также простоту сборки и реализации. В то же время, к его недостаткам относится необходимость самостоятельной разработки программного обеспечения для управления подключенными компонентами и обработки поступающей с них информации.

Перспективы развития проекта связаны с дальнейшим совершенствованием конструкции и программной части. В их числе – внедрение голосового управления, создание графического интерфейса пользователя. Эти улучшения можно реализовывать поэтапно, превращая учебную машинку в сложный и многофункциональный проект.

Практическая значимость работы заключается в создании универсальной мобильной платформы, которая может быть адаптирована под различные прикладные задачи за счет замены или добавления датчиков и исполнительных механизмов

Проведенная работа позволила закрепить на практике теоретические знания по схемотехнике, программированию микроконтроллеров и проектированию электронных устройств, а также получить ценный опыт комплексного подхода к решению инженерной задачи.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

[1] Радченко, М. Г. 1С:Предприятие 8.2. Практическое пособие разработчика. Примеры и типовые приемы. / М. Г. Радченко, Е. Ю. Хрусталева – М. : 1С-Паблишинг, 2013. – 964 с.

Вычислительные машины, системы и сети: дипломное проектирование (методическое пособие) [Электронный ресурс] : Минск БГУИР 2019

Monk S. Programming Arduino: Getting Started with Sketches / S. Monk. – New York: McGraw-Hill, 2012. – 320 p.

Гладкий В.Е., Гладкая И.В. Робототехника: учебное пособие / В.Е. Гладкий, И.В. Гладкая. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. – 256 с.

Корнеев А.А. Электроника и микроконтроллерные системы / А.А. Корнеев. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020. – 320 с.

Документация Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные.

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
*(обязательное)*

**Код программы**

000 Код начинается с этого места;  
001 Необходима нумерация строк кода;

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
*(обязательное)*

**Схема электрическая структурная**

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
*(обязательное)*

**Схема электрическая функциональная**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
*(обязательное)*

**Схема электрическая принципиальная**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
*(обязательное)*

**Чертеж корпуса устройства**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**  
*(обязательное)*

**Перечень элементов**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**  
*(обязательное)*

**Ведомость документов**

