

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименования института полностью)

Кафедра «Промышленная электроника»
(наименование)

11.03.04 Электроника и наноэлектроника
(код и наименование направления подготовки, специальности)

Промышленная электроника
(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Автоматизированная мобильная платформа

Студент(ка)	<u>Е.А. Кузнецова</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Руководитель	<u>к.т.н., доцент, А.В. Прядилов</u> (ученая степень, звание, И.О. Фамилия)	_____	
Консультант	<u>к.п.н., доцент, А.В.Криллова</u> (И.О. Фамилия)	_____	

Тольятти 2020

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра Промышленная электроника
(наименование)

ЗАДАНИЕ
на выполнение бакалаврской работы

Студент Кузнецова Екатерина Андреевна, Элб-1601а

1. Тема Автономный робот - уборщик

2. Срок сдачи студентом законченной бакалаврской работы _____

3. Исходные данные к бакалаврской работе

Первичный источник питания: Сеть 220 В, 50 Гц

Время автономной работы: 10 мин

Максимальный диаметр всасываемого объекта: 5 мм

Измеряемое расстояние до препятствий: 2-400 см

4. Содержание бакалаврской работы (перечень подлежащих разработке вопросов, разделов)

Аннотация

Введение

1. Состояние вопроса

1.1 Формулирование цели и задач проекта

1.2. Анализ исходных данных и существующих решений

2. Проектный раздел

2.1. Разработка структурной электрической принципиальной схем

2.2. Выбор необходимых элементов

3. Программная часть

3.1 Разработка алгоритма работы

3.2 Разработка управляющей программы

4. Конструкторско-экспериментальный раздел

Заключение

Список используемой литературы

5. Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала

1. Обзорный лист

2. Структурная схема устройства

3. Схема электрическая принципиальная

4. Конструкция робота - уборщика

5. Плакат, иллюстрирующий работу готового робота - уборщика

6. Блок-схема алгоритма программы

6. Консультант по разделам Максименко Максим Леонидович

7. Дата выдачи задания «28» февраля 2020 г.

Руководитель бакалаврской работы

(подпись)

А.В. Прядилов

(И.О. Фамилия)

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра Промышленная электроника
(наименование)

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН
выполнения бакалаврской работы

Студент Е.А. Кузнецова
по теме Автономный робот – уборщик

Наименование работ	Плановый срок выполнения	Фактический срок выполнения	Отметка о выполнении	Подпись руководителя / консультанта
Анализ актуальности проекта, написание введения и обзорной главы. Разработка структурной схемы разрабатываемого устройства	20.02.2020	20.02.2020		
Разработка электрической принципиальной схемы . Написание остальных разделов работы.	30.04.2020	30.04.2020		
Оформление пояснительной записки и плакатов	10.06.2020	10.06.2020		

Руководитель бакалаврской работы

_____ (подпись)

А.В.Прядилов

(И.О. Фамилия)

Аннотация

В данной работе для исследования была выбрана тема создания конструкции автономного робота-уборщика.

Целью является разработка и проектирование рабочего образца робота-уборщика.

Объем бакалаврской работы 51 стр., 31 рисунок, 5 таблиц, 1 приложений. Также содержит 6 чертежей формата А1. Для написания работы использовалось 20 источников.

Задачи проекта:

- 1) Разработка схем конструкции устройства;
- 2) Выбор необходимой элементной базы;
- 3) Сборка рабочей модели автономного робота-уборщика;
- 4) Создание алгоритма движения.

Работа содержит 4 раздела, в которых были решены упомянутые выше задачи.

Для проектирования необходимых схем, написания алгоритма управляющей программы, а также оформления всех чертежей, использовался пакет КОМПАС-3D LT V16 .

Данная модель робота-уборщика может быть использована в любых пространственных помещениях, от квартиры до крупных производств, которые требуют постоянного поддержания чистоты, что подчеркивает актуальность темы бакалаврской работы.

Выбранные компоненты для работы позволили в разы снизить цену на устройство.

Abstract

The title of the graduation work is: «Autonomous cleaning robot».

The graduation work consists of an explanatory note on 51 pages, including 32 figures, 5 tables, the list of 12 reference including 2 foreign source, one appendices and graphic part on 6 A1 sheets.

The key issue of the thesis is the design of an inexpensive prototype of a modern cleaning robot. Its movements will depend on how far it is from the obstacles. Depending on the sensors, the robot will turn back, sideways, and around itself.

The aim of the work is to develop and design a working sample of the cleaning robot using rangefinders and an engine driver.

This work is divided into the following chapters: the design of the device; selecting the necessary elements; building a model of an autonomous cleaning robot; writing a motion algorithm.

Finally, we present a work in which all the tasks will be solved. This new unique device is suitable for every person.

In conclusion, I would like to emphasize that this topic of the thesis is one of the most relevant areas. This technical development can be used in any spatial premises, from apartments to large production facilities that require constant maintenance of cleanliness. The device is also available for the elderly and people with disabilities.

Содержание

Введение.....	3
1. Состояние вопроса	4
1.1 Формулирование цели и задачи проекта.....	4
1.2 Анализ исходных данных и известных решений	4
2. Проектный раздел	14
2.1 Разработка структурной и электрической принципиальной схем.....	14
2.2 Выбор необходимых элементов.....	15
3. Программная часть.....	36
3.1 Разработка алгоритма работы	36
3.2 Разработка управляющей программы	38
4. Конструкторско-экспериментальный раздел	45
Заключение	48
Список используемой литературы	49
Приложение А	51

Введение

В качестве работы была выбрана тема рассмотрения, так называемого робота-уборщика. В современном мире новые технологии завоевывают мир. В настоящее время создается всё больше новых умных устройств, исходя из нужд человека. Одной из нужд и является робот-уборщик. С появлением в моём доме домашнего питомца возникла необходимость в постоянной уборке. Современные роботы - уборщики являются эффективными помощниками для создания комфорта, которые берут на себя задачу по очистке дома и тем самым экономят много нашего времени. Они убирают пыль и грязь с пола, а некоторые могут увлажнять и ароматизировать воздух. Мне будет достаточно, что робот будет всасывать пыль, грязь и мелкие волосы. Данная тема довольно актуальна, так как огромное количество людей заводят питомцев, соответственно, существует спрос на данное техническое устройство. Уборка требует затрат многих ресурсов, как физических сил, так и времени. Поэтому огромное количество людей не может себе позволить завести дома животного. Исходя из этого, рассматриваемая тема будет особенно актуальна для владельцев нескольких домашних питомцев в доме, а также для людей, которые физически ограничены. Данное роботизированное устройство, к сожалению, стоит немалых денег, поэтому возникает необходимость создания уборщика с помощью недорогих технических средств, которые будут доступны по ценовой категории.

В конструируемой модели робота-уборщика аппаратной частью является платформа Arduino Nano. Плата на микроконтроллере осуществляет отдачу команд роботу для его дальнейшего движения. Arduino повсеместно известна в различных интересных проектах, особенно среди молодых людей. Эта маленькая программируемая платформа заинтересует не только владельцев домашних животных, но также детей и подростков на различных выставках.

1 Состояние вопроса

1.1 Формулирование цели и задачи проекта

Цель: Создание доступной модели робота-уборщика, показывающего его возможности.

Задачи:

1. Изучить существующую литературу и электронные ресурсы по данной теме, в которой раскрыта суть исследования.
2. Проанализировать современные существующие модели робота-уборщика.
3. Разработать электрическую и структурную схемы и сделать подбор подходящих элементов.
4. Сконструировать автономного робота-уборщика и написать программу, управляющей всей конструкцией.

1.2 Анализ исходных данных и известных решений

Робот-уборщик – устройство, предназначенное для автоматической уборки помещений. Техника напоминает шарообразную фигуру, толщиной около 10 см и диаметром около 30 см. А также существуют и модели, по форме напоминающие квадрат, но со скругленными углами. Описывается несколько основных этапов, по которым выполняется работа:

- Сбор данных: помещение сканируется лазерами, вычисляются размеры, изначальное месторасположение мебели и других препятствий;
- На основе полученных данных составляется карта перемещений и формируется маршрут;
- Запуск системы щеток для сбора мусора, всасывание его в мусороприёмник и движение по назначенному маршруту;

Движение робота осуществляется с помощью электромотора и небольших колес. Управляется кнопками, расположенными на верхней части корпуса. Оснащён аккумулятором, от ёмкости которого зависит период его непрерывной работы. Составляющими механизмами пылесоса являются:

- Пылесборник – бак для мусора с вместительностью до 400 мл;
- Фильтр очистки – очищает воздушные потоки от пыли;
- Механизм всасывания, совмещенный с системой передвигаемых щеток;
- Датчики, которые выявляют преодоленный путь, преграды;
- Колеса, с помощью которых осуществляется движение;
- Аккумулятор – литий ионный с емкостью от 2 до 4 тысяч мАч для непрерывной работы около 2-3 часов. Заряд же происходит за 3-9 часов;
- Щётки – подметают мусор под уборщика, для всасывания внутрь;
- Пазы для полотера в устройствах с функцией влажной уборки;
- Моторы – обычно около шести штук, каждая из которых выполняет свою функцию: управление колесами, вращение щеткой, вытягивание мусора воздушным потоком, вращение турбощеток.



Рисунок 1.1- Устройство робота-уборщика

Робот нуждается в навигации, чтобы понимать, где он находится. От качества навигации зависит его поведение во время уборки и качество ее выполнения. Обычно используется три типа систем навигации:

- Датчики пылесоса.

Во фронтальной части на колесах установлены инфракрасные сенсоры, позволяющие фиксировать препятствия и реагировать на них. Дополнительно, в корпусе используется датчик удара, который взаимодействует с системой навигации. Если устройство оказывается рядом с преградой, он должен остановиться, пока алгоритм просчитывает новую траекторию движения. Иногда внедряются ИК-датчики, измеряющие расстояние под мебелью, чтобы не застрять там во время уборки.

- Внешние датчики.

Они размещаются по комнате, и взаимодействуя с ними, устройство лучше ориентируется. Существуют две схемы работы внешних датчиков:

- Разрешающие маяки. ИК - сигнал транслируется непрерывно, а его потеря свидетельствует о том, что необходимо поменять траекторию движения;

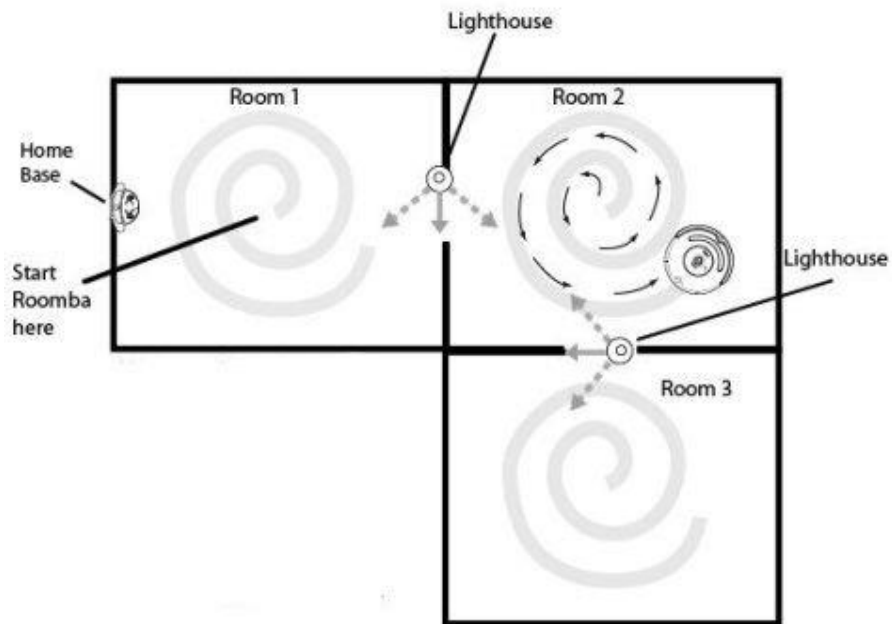


Рисунок 1.2 – Схема расположения внешних датчиков

- Запрещающая виртуальная стена. Все внешние ИК - датчики создают ограничительную стену в виде луча, которая видна только роботу. Если уборщик детектирует стену, автоматически меняется маршрут передвижения, не заходя в те участки, которые ограждены специальным прибором.

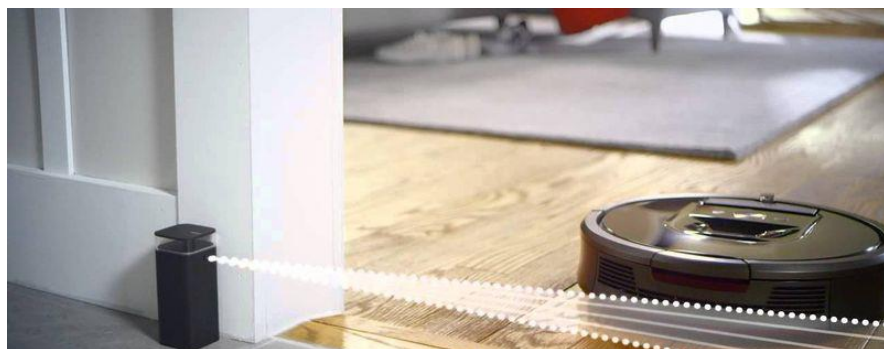


Рисунок 1.3 – Виртуальная стена

- **Лазерная навигация.**

Робот использует установленные лазеры для сканирования комнаты, тем самым выясняя расстояние от себя до ближайшего объекта. Так же лазеры помогают определить расположение. После анализа данные записываются в память устройства, а специальные алгоритмы и программы преобразуют полученные данные для создания карты убираемого помещения.

Рассмотрев, из каких необходимых элементов состоит робот-уборщик, можно сделать вывод о его принципе работы.

Сенсоры сканируют пространство вокруг себя, посылая сигналы до 65 раз в секунду. Зарегистрированную информацию обрабатывает процессор и в соответствии с показателями дает указание пылесосу, как вести себя прямо сейчас и в последующее время, если информация не будет изменяться. Алгоритм поведения робота:

- Устройство покидает базу, где заряжается, и приезжает в центр помещения;
- Осуществляется движение от центра по спирали;
- Обход вдоль препятствий;
- Движения будут происходить до момента, пока в процессор не поступит сигнал о низком заряде аккумулятора, тогда он направится к док-станции для подзарядки.

Док-станция оснащена катушками индуктивности, которые заряжают аккумулятор без проводов. Чтобы роботизированное устройство быстро отыскало станцию, она содержит специальный ИК-маяк. На этот маяк и движется робот.

По типу назначения уборщики делятся на:

Для сухой уборки.

Вращающиеся боковые щётки захватывают мусор и отправляют его к основной центральной турбине. Вспомогательная турбощётка, за счет мощного потока воздуха, доставляет пыль и мусор в пылесборник. При

заполнении пылесборника, устройство оповещает владельца о необходимости освобождения контейнера и возвращается на базу.

Для влажной уборки.

Уборка осуществляется с помощью салфетки из микрофибры. В пазы устройства крепится основа так называемой швабры со сменной салфеткой. Оборудована специальная секция под воду и моющее средство. Микрофибра смачивается водой или другими жидкостями и проводится влажная уборка пола. В некоторых моделях используются моющие составы с тщательным его растиранием. Т.е., робот покрывает поверхность средством и растирает место загрязнения. Затем, вся влага собирается с помощью всасывающего воздуха в контейнер, а остатки удаляются скребком из силикона.

Достоинства робота-уборщика в проведении уборки без контроля человека. Поддержка чистоты может производиться в отсутствие человека. Подходящий вариант для людей с ограниченными возможностями. Есть возможность планирования уборки, чтобы он не мешал заниматься другими делами. Шумоизоляция прибора довольно хорошая, низкий уровень шума не станет мешающим фактором, особенно если в доме есть маленькие дети.

Недостатком прибора являются его регулярное обслуживание в виде чистки фильтра, пылесборника, корпуса, щеток. А при влажной уборки внутри техники размножаются бактерии. Пылесос всё-таки не может убрать вязкие или крупные загрязнения, как еда. Скорее он просто размажет ее по поверхности. Углы комнат, помещений будут оставаться грязными из-за конструкции корпуса.

При анализе всех известных производителей были выделены несколько дорогих и популярных моделей на данный момент. Например, модель «Roborock E-352-00».



Рисунок 1.4 –Робот-уборщик «Roborock E-352-00»

Данная модель от компании Xiaomi имеет аккумулятор емкостью до 5200 мАч. Цикл его уборки составляет до 150 м. кв. за 2 часа. Можно задавать команды и контролировать его действия через приложение. Аппарат занимается как сухой, так и влажной уборкой. Оценивается порядка 19 тысяч рублей.

Цена следующей модели «iClebo O5» вдвое больше предыдущей и составляет около 40 тысяч рублей.



Рисунок 1.5 – Модель «iClebo O5»

Корейский робот-уборщик имеет возможность протирать пол влажной салфеткой во время езды, но даже за такую цену в него не встроена уборка моющими средствами. Аккумулятор на 5200 мАч, емкость бака составляет 600 мл, одной подзарядки хватает на 2 часа работы, а мощности хватит на уборку 200 м. кв. за один цикл. Рекомендуется задавать команды через смартфон.

Модель «iRobot Roomba i7» - самая дорогая модель из списка стоимостью 60 тысяч рублей.



Рисунок 1.6 – Робот-пылесос «iRobot Roomba i7»

Имеет собственную систему навигации iAdapt0 с использованием vSLAM, что помогает безошибочно ориентироваться на местности и строить карту по собственным результатам датчиков. Щетки без проблем вычищают шерсть животных и волосы из ковровых покрытий, что является большим достоинством. Управляется голосом через Google ассистент и может управляться программным обеспечением. Его недостатком является отсутствие влажно уборки.

Проанализировав модели, которые человечеству предлагает современный рынок, делаю вывод, что ценовая категория таких аппаратов весьма завышена. Так как многие, даже не предусмотрены для влажной уборки. Большинство устройств не имеют инфракрасных датчиков как таковых. Сталкиваясь с препятствием своим бампером, робот просто едет в противоположную сторону. Не согласна, что покупатель должен платить как минимум 15-20 тысяч. Данную технику можно считать практически недоступной, особенно для пожилых людей.

Вывод по разделу

Так как я столкнулась с необходимостью иметь такое устройство, возникла идея сконструировать его своими руками. Робот-уборщик не будет увлажнять, ароматизировать воздух, мыть пол или вычищать ковровые покрытия, но он будет всасывать крошки, грязь, волосы, от чего уже помещение будет чистым. Ёмкость пылесборника составит 200 мл. Его стоимость будет варьироваться от 1500 до 3000 тысяч рублей, что, безусловно, раз в 10 меньше современных роботов. В данное время, реально осуществить такую задачу, благодаря различным китайским аналогам деталей и всех компонентов. Необходимо произвести поиск частей, из которых будет сконструирован робот. Для этого была поставлена цель, какую именно уборку робот будет производить, следовательно, понадобится не так много технических средств для его реализации, что и сохранит денежные средства и время.

2 Проектный раздел

2.1 Разработка структурной и электрической принципиальной схем

Проектирование принципиальной электрической и структурной схем.

Параметры, которым отвечает модель автономного робота-уборщика:

- Источник питания: 5-12В;
- Движение по заданному алгоритму с помощью датчиков;
- Автоматическая реализация функции всасывания мусора.

Структурная и принципиальная схемы создаваемой модели отображены на рисунках 2.1 и 2.2 соответственно.

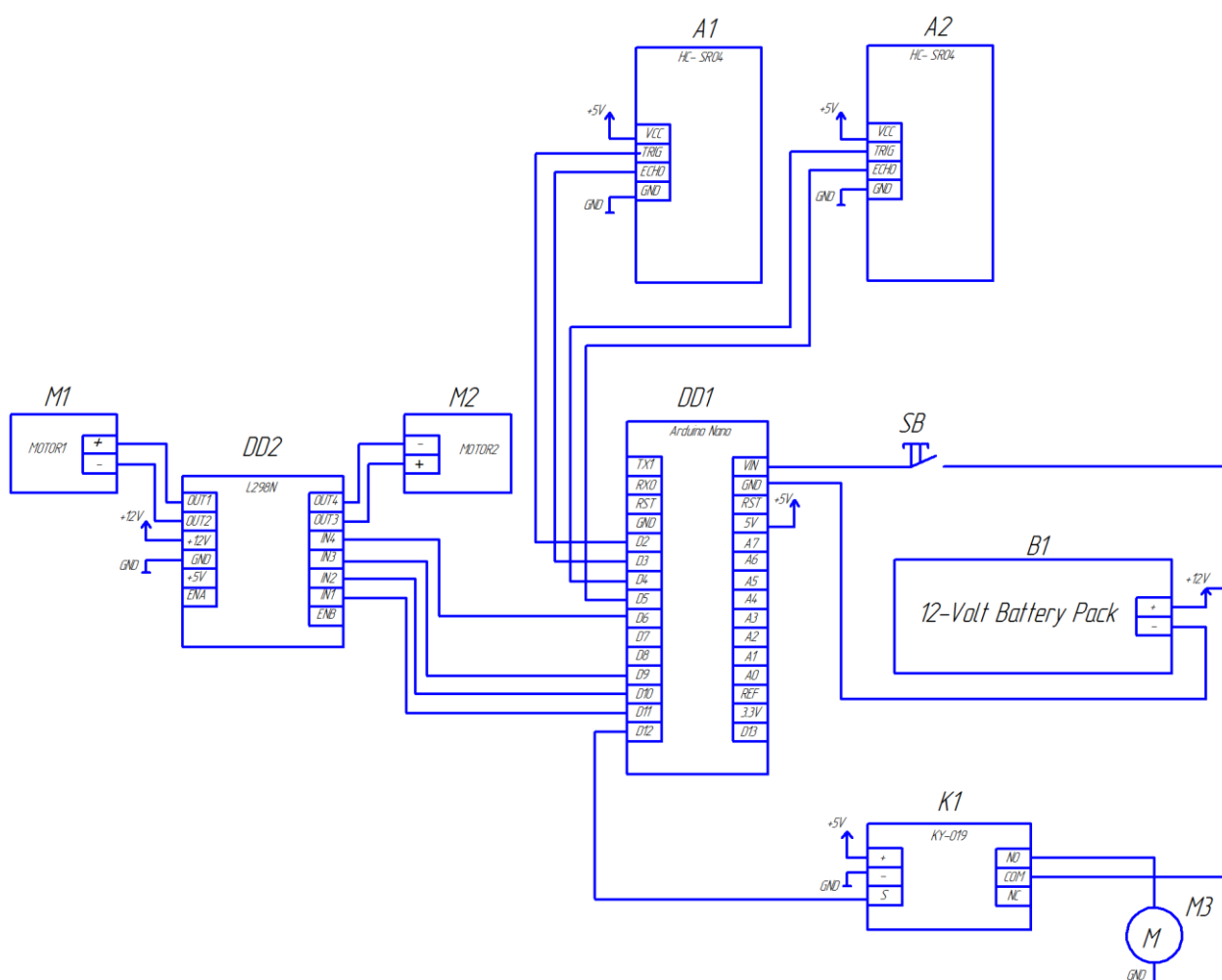


Рисунок 2.1 – Принципиальная электрическая схема

Перечень элементов к схема приведен в Приложении А

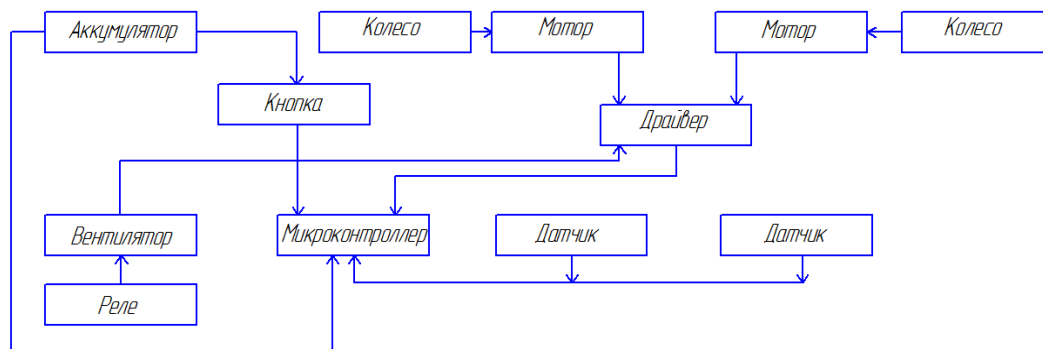


Рисунок 2.2 - Структурная схема робота

2.2 Выбор необходимых элементов

В проекте «робот – уборщик», для выполнения написанных задач используется плата Arduino Nano. Она имеет компактный размер, что позволит не занимать много пространства в конструкции, и обладает всеми возможностями обычной Arduino Uno. А также платформа достаточно доступна и под неё написано большое количество интересных уроков и программных подсказок. Разберёмся, что собой представляет плата.

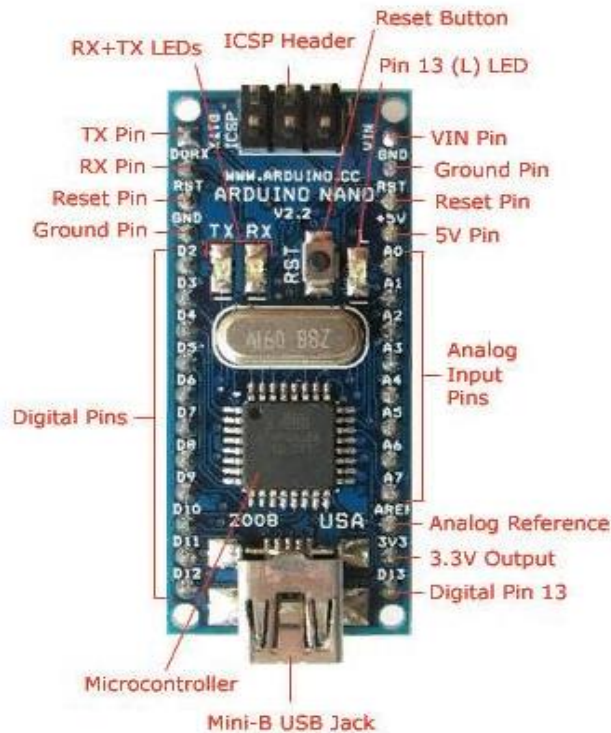


Рисунок 2.3 – Платформа Arduino Nano

В основе Arduino Nano лежит чип ATmega328. Данное устройство содержит разъем программирования ISP, четырнадцать цифровых и восемь аналоговых входов, и всего шесть из них используются как ШИМ выходы.

Платформа имеет разъем mini-USB для подключения к компьютеру. На её верхнем слое располагается кнопка сброса и четыре световых индикатора. Наличие такого количества аналоговых входов позволяет подключать большее количество аналоговых датчиков, что в этом проекте является плюсом.

Каждый из четырнадцати цифровых выводов можно настраивать как вход (INPUT) или выход (OUTPUT) и производят работу при напряжении в 5В.

Чтобы Arduino Nano могла функционировать, существует два способа ее питания. Подключить к источнику питания в 5В или к компьютеру через

соответствующий USB-кабель. Либо воспользоваться внешним стабилизированным источником, напряжение которого должно варьироваться от 6 до 20 В. Напряжение подается на вход VIN.

(RX)- 0 и (TX)-1 - выходы последовательной шины, применяющиеся для принятия и передачи информационных данных «TTL», соответственно. Выводы соединяются с определенными пинами на микросхеме последовательной шины CH340G USB-to-TTL.

Существует настройка выводов на остановку на низшем , на переднем или заднем фронте или при измененном значении, что называется внешним вторым и третьем прерыванием.

Под ШИМ используются выводы: 3, 5, 6, 9, 10, 11. Всякий из них подходит под «широотно-импульсную модуляцию», которая управляет подачей мощности к нагрузке, с разрешением восемь бит. 10 - (SS), 11 - (MOSI), 12 - (MISO), 13 - (SCK) – пины для использования SPI. Связь «SPI» осуществляется именно с их помощью, что поддерживается аппаратной частью, но не включается в язык Arduino.

Встроенный светодиод – LED 13, который подключен к тринадцатому цифровому выводу, показывает рабочую деятельность платы, если на неё подан высокий потенциал.

Добавочные выводы:

AREF – подает только опорное напряжения для входов АЦП. RESET – отвечает за выдачу низкого сигнала на вывод, что приводит к перезагрузке микроконтроллера платформы.

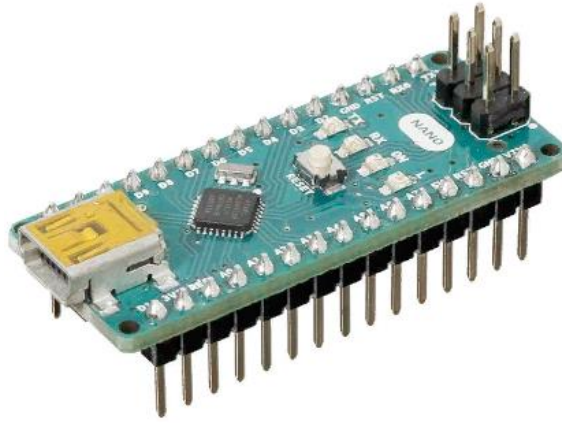


Рисунок 2.4 – Оригинальная плата Arduino Nano

Достоинства оригинальной платы:

- Высокое качество сборки.
- Нет проблем с совместимостью и драйверами.

Недостатки:

- Высокая цена, варьируется до 2000 тысяч рублей.



Рисунок 2.5 – Китайская плата Arduino Nano

Достоинства китайской платы:

- Низкая цена, от 100 до 400 рублей.

Недостатки:

- Собирается из дешёвых и пиратских компонентов, поэтому часто встречаются проблемы с подключением и драйверами;
- Возникают случаи блокировки чипов на аппаратном уровне со стороны операционной системы (защита от пиратства).

2.2.1 По техническому заданию предусмотрено, что модель робота-уборщика будет двигаться с помощью необходимых элементов. Чтобы робот мог двигаться и совершать поворотные действия, необходимо использовать драйвер двигателя. Проанализируем модели существующих драйверов, которые сейчас выпускаются.

Достаточно часто драйвер используют именно с Arduino, когда в некоторых проектах необходимы двигатели постоянного тока или возможно шаговые двигатели. Мобильных роботов можно конструировать на основе Arduino за счет драйверов на различных микросхемах или воспользоваться motor shield.

Проанализируем некоторые модели популярных драйверов на основе различных микросхем, которые только можно найти.

Arduino имеет ограничения по силе тока в 800 mA, а для каждого отдельного вывода по 40mA. Не рекомендовано подключать к Arduino Nano даже самый маленький двигатель постоянного тока напрямую. Всякий двигатель может создать пиковые броски тока, которые превысят предел в момент запуска или остановки. Требуется воспользоваться соответствующей схемой подключения, такой как Н-мост, с помощью него мы сможем изменить направление движения двигателя.

Расширитель Motor Shield.

Для обеспечения необходимой работы различных двигателей постоянного тока, всё чаще в использовании с Arduino берется плата расширения под названием «Motor Shield». Такие микросхемы как L293D и L298N и являются платами motor shield. Они способны управлять двумя двигателями одновременно.

Shield предоставляет выбор источника для напряжения, потому как имеет возможность получать напряжение как от Arduino, так и от какого-либо внешнего источника. Светодиод, расположенный на плате указывает на работоспособность устройства.

Основа работы H-моста.

Абсолютно каждый драйвер работает по принципу H-моста. Таким мостом называется электронная схема, в которой содержатся четыре ключа и нагрузка. Судя по названию, схема напоминает букву H.

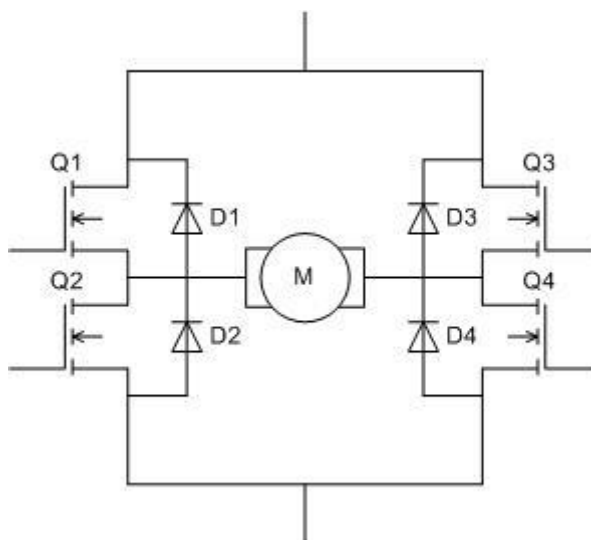


Рисунок 2.6 – Схематический вид H – моста

«Q1...Q4 полевые, биполярные или IGBT транзисторы. Последние же используются в высоковольтных сетях. Биполярные транзисторы практически не используются, они могут присутствовать в маломощных схемах. Для больших токов берут полевые транзисторы с изолированным затвором. Ключи не должны быть замкнуты вместе одновременно, чтобы не произошло короткого замыкания источника. Диоды D1...D4 ограничительные, обычно используются диоды Шоттки. С помощью изменения состояния ключей на H-мосте можно регулировать направление движения и тормозить моторы» [4].

Драйвер на базе чипа L298N

Этот модуль выбирают для управления двумя двигателями с напряжением 5-35 В. Каждый двигатель обеспечивается нагрузкой в 2А, но если подключить их параллельно друг другу, можно достичь значения тока в 4А.

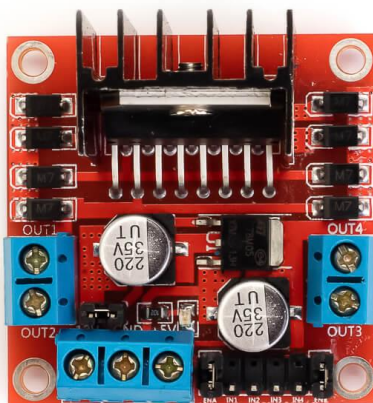


Рисунок 2.7 – Модуль на микросхеме L298N

Таблица 2.3 - Обозначение выводов микросхемы L298N

Подключение внешнего питания	VCC
------------------------------	-----

Вывод на «землю»	GND
Управление скоростью вращения моторов	IN1, IN2, IN3, IN4
Выходы с первого двигателя	OUT1, OUT2
Выходы со второго двигателя	OUT3, OUT4
Переключение питания схемы от внешнего источника	S1
Раздельное управление каналами в двух режимах: активный и пассивный	ENABLE A, B

Многие сталкиваются с проблемой вращения двигателей в разные стороны. Чтобы избежать этого, необходимо произвести проверку полярностей.

Драйвер на основе L293D

Данный драйвер на микросхеме L293D очень прост в использовании с двигателями. Содержит два H-моста для управления двумя двигателями. Напряжение работы для микросхемы составляет до 36 В, а ток может достигать 600 мА. Микросхема подает на двигатель максимальный ток в 1,2А.

Схема содержит 16 выходов. В отличие от микросхемы L298N, подключенные двигатели будут крутиться при 5В, которыми обеспечивает плата Arduino, что не требует дополнительного питания для L293D.

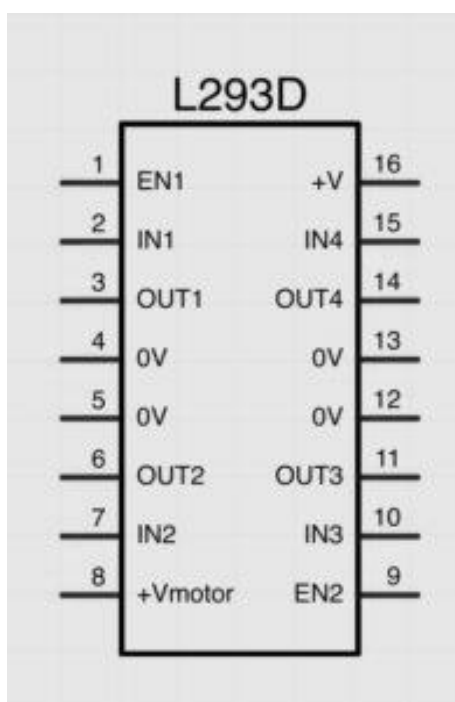


Рисунок 2.8 - Микросхема L293D

Таблица 2.4 - Функциональное назначение выводов микросхемы L293D

+V	Питание от 5В
+Vmotor	питание для мотором до 36 В
0V	GND
En1, En2	включают и выключают Н-мосты
In1, In2	управляют первым Н-мостом
Out1, Out2	подключение первого Н-моста
In3, In4	управляют вторым Н-мостом
Out3, Out4	подключение второго Н-моста

Драйвер на микросхеме L9110S

Микросхема ничем не отличающаяся от предыдущих, также обеспечивает вращение независимых коллекторных мотора. Возможна в эксплуатации четырех проводного или двух фазного двигателя.

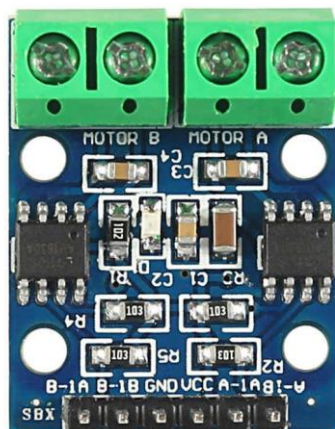


Рисунок 2.9 – Драйвер L9110S

Для удобства подключения к Arduino можно воспользоваться Motor Shield. Драйвер имеет два интерфейса, для подключения питания микроконтроллера и управляемых устройств. Интерфейс для подключения управляемых устройств состоит из двух элементов: Motor A и Motor B. Под питание управляющих сигналов предоставлены шесть контактов:

- VCC – 5В;
- GND – вывод «земля»;
- А - IA — выход 1 Мотора А;
- А - IB — выход 2 Мотора А;
- В - IA — выход 1 Мотора В;
- В - IB — выход 2 Мотора В.

Драйвер имеет возможность управлять направлением вращения каждого двигателя по отдельности и скоростью вращения двигателей с помощью ШИМ. Две микросхемы L9110S, установленные на плате, работают по принципу Н-моста и используются для смены полярности и питания двигателя.

Сравнение модулей

Модуль на микросхеме L293D дает максимальный ток в 1,2А, но микросхема L298N можно выдавать максимальный ток в 4 А. Также L293D достаточно быстро нагревается и его КПД гораздо меньше. Но L293D более распространенная плата и стоит весьма дешево, в районе 150-300 рублей, как и L298N. Модуль L9110S не очень распространен в робототехнике, сложно найти для покупки, стоит около 100 рублей. В основном все проекты на Arduino выполняются с помощью микросхемы L298N. Так как рассмотренные модули практически ничем не отличаются, для своего роботизатора я возьму драйвер L298N.

Подключение к Arduino микросхемы L298N

Шаги подключения драйвера к Arduino:

- Проверка полярности;
- Присоединение отдельного источника питания в 12В;
- Подключение вывода GND;
- Подключение выводов IN1-D7, IN2-D6, IN3-D5, IN4-D4;
- Подача сигналов HIGH и LOW для начала и конца вращения;
- Управление скоростями за счет сигнала ШИМ.

Если необходимо проверить правильность подключения драйвера, в среде разработки Arduino прописана библиотека «Stepper library». Загружается тренировочный пример «stepper_oneRevolution» и если все подключено верно, вал двигателя будет вращаться.

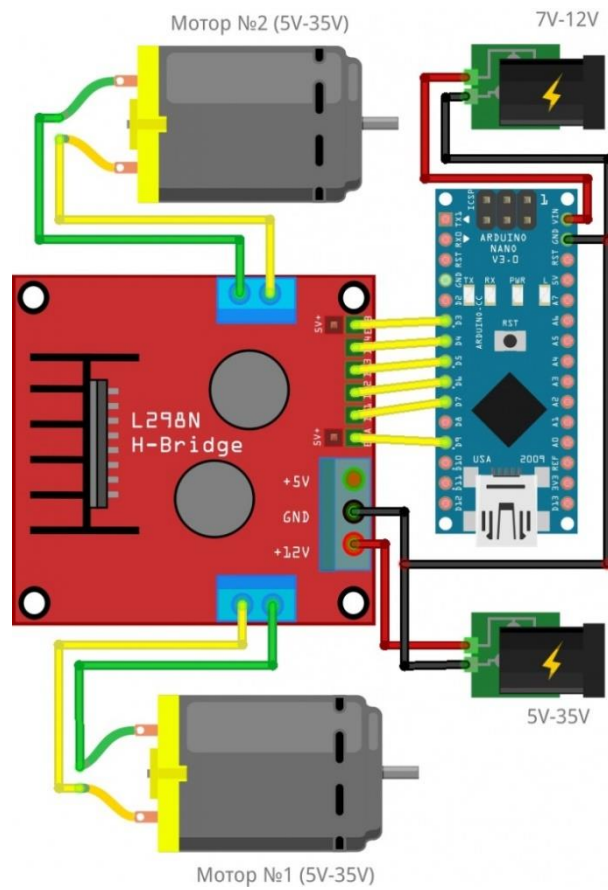


Рисунок 2.10 - Подключение L298N и моторов к Arduino

2.2.2 Выбранный драйвер двигателя будет управлять двумя простыми моторами, которые популярны на китайском сайте.



Рисунок 2.11 – Мотор-редуктор Gekko PR130-048

Данный мотор-редуктор представляет собой миниатюрный мощный коллекторный двигатель постоянного тока 130-го размера со щетками из графита и пластиковый редуктор. Он находит свое применение в различных роботах и электро-моделях.

Таблица 2.5 – Спецификация мотора Gekko PR130-048

Напряжение питания	6В
Передаточное отношение	48:1
Ток без нагрузки	70 мА
Ток блокировки	800 мА
Крутящий момент	1,1 кг·см
Диаметр вала	5,4 мм
Размер (ДхШхВ)	64,2 x 22,5 x 22,5 мм
Скорость без нагрузки	230 об/мин

К моторам подойдет пара пластмассовых колес, специально предназначенных к модели PR130. Они обеспечат хорошую езду для небольшого робота, как в данной работе. Колеса имеют силиконовые шины, размером 65 мм в диаметре и 26 мм шириной. Комплект в составе двух колёс и двух моторов обошёлся мне в 300 рублей.



Рисунок 2.12 – Колеса Gekko 65x26

2.2.3 Навигация робота-уборщика будет осуществляться благодаря датчикам, считывающим расстояние до препятствий.

При выборе датчиков я остановилась на ультразвуковых дальномерах, которые предназначены для деятельности с Arduino.

В интернет-среде при поиске датчиков, подходящих для проектирования роботов, выходят предложения об ультразвуковых дальномерах. Оказывается, это доступное устройство, которое может считывать расстояние до препятствий, имеет диапазон исследования от 2 до 400 см. Дальномер сообщает о приближении и удалении различных объектов любых размеров. Самое распространенное устройство – модуль HC – SR04.

Ультразвуковой дальномер HC- SR04

Дальномер излучает ультразвуковые волны, которые он принимает назад, уже отраженными от объекта через какой-то промежуток времени., таким образом определяя расстояние.



Рисунок 2.11 – Дальномер HC – SR04

Модуль обеспечивает стабильность и высокоточное измерение, хотя является бесконтактным прибором. Стоимость дальномера составляет в

районе 40-200 рублей, распространен для покупки на различных сайтах электроники. Дальномер способен измерять расстояние от 2 до 400 см. Солнечная энергия и электромагнитные излучения не оказывают существенного влияния на его работу.

Таблица 2.6 - Технические параметры HC – SR04

Напряжение питания	5В
Потребление тока в режиме тишины	< 2мА
Угол обзора	15°
Угол измерения	30°
Ширина импульса	10 ⁻⁶ с
Сенсорное разрешение	0,3 см
Рабочий параметр силы тока	15мА
Вывод на +5В	VCC
Вывод сигнала входа	Trig
Вывод сигнала выхода	Echo
Вывод на «землю»	GND
Погрешность измерения	1-5 см

На измерения дальномера влияют:

- Температура;
- Влажность воздуха;
- Качество компонентов самого модуля;
- Объекты, находящиеся рядом.

Для корректной работы дальномера, предмет относительно его должен располагаться в рамках конуса диаграммы направленности.

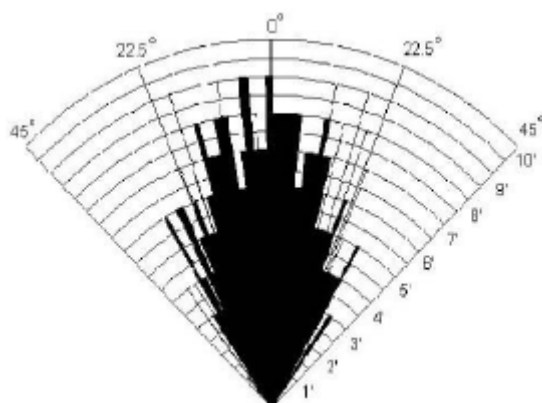


Рисунок 2.12 – Диаграмма направленности HC – RS04

Чтобы уменьшить ошибки и погрешности измерений, усредняются значения, т.е., измерения проводятся несколько раз, убираются всплески и находится среднее значение. С помощью специальных датчиков определяется температура, и записываются поправочные коэффициенты.

Ультразвуковой дальномер US – 015

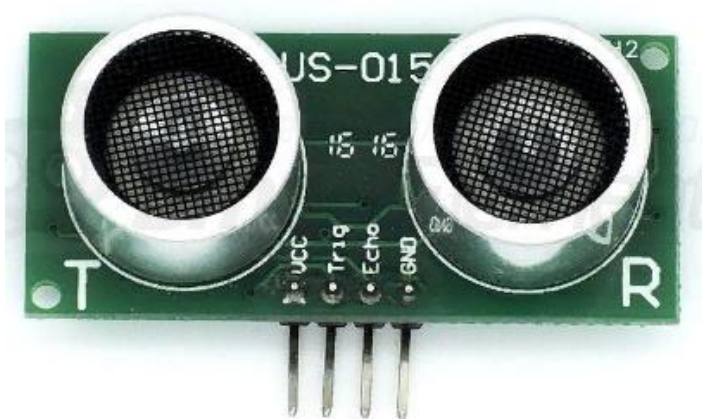


Рисунок 2.13 – Модуль US – 015

Данная модель практически не имеет отличий от предыдущего датчика, но реже встречается в работе. Ценовая категория в разных магазинах варьируется от 180 до 500 рублей, что дороже, чем HC-RS04.

Технические параметры:

- Напряжение питания – 5В;
- Максимальный ток потребления – 20мА;
- Ток в режиме ожидания – 2,2мА;
- Рекомендуемый угол измерения - 15°;
- Максимальный угол измерения - 30°;
- Диапазон измеряемого расстояния – 2-700 см;

Проведя анализ сравнения, робот-уборщик будет осуществлять свои движения, получая информацию от двух ультразвуковых датчиков модели HC – RS04.

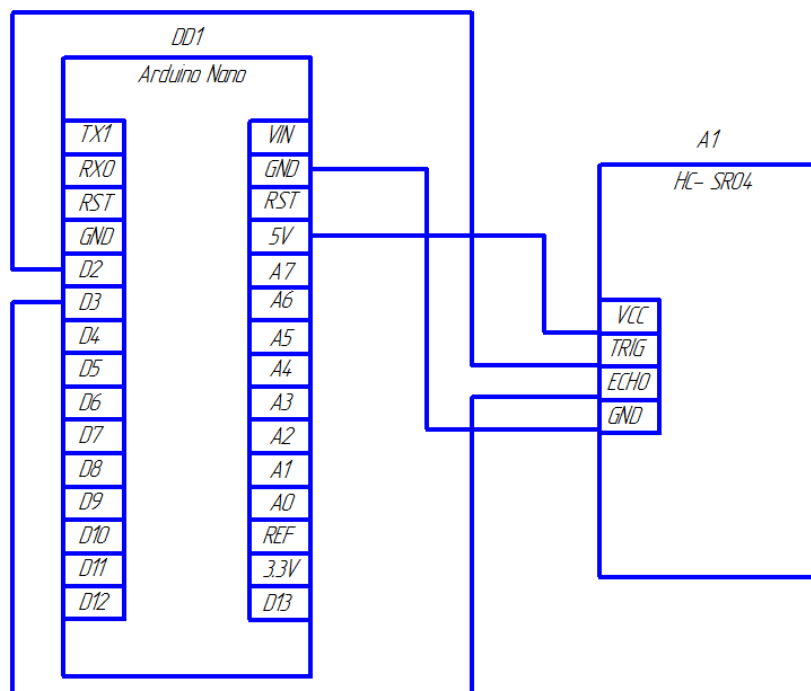


Рисунок 2.14 – Схема подключения HC- SR04 к Arduino

2.2.4 Всосывание мусора будет реализовано за счет небольшого вентилятора для компьютерных видеокарт. Стоимость данного кулера составила 350 рублей.



Рисунок 2.15 – Вентилятор Zotac GTX1060

Технические характеристики:

- Напряжение: 12В постоянного тока;
- Ток: 0,5 А;
- Размер (ДхШхВ): 85мм x 85 мм x 15 мм;
- Разъем питания: 4-х контактный;

По написанному алгоритму, через 10 мин автономной работы уборщика, вентилятор должен прекратить работу. Для реализации этой функции необходимо подключить реле.

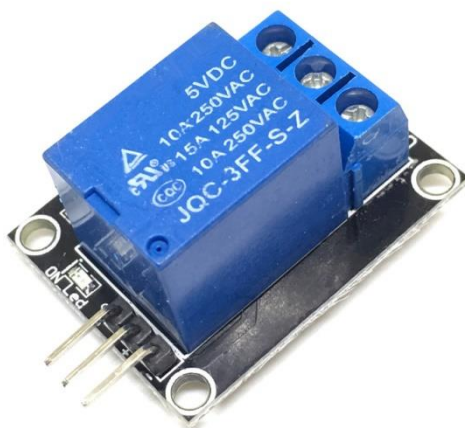


Рисунок 2.16 – Реле одноканальное КУ-019

Модуль применяется в работе с Arduino, его стоимость составляет около 100 рублей, но у меня имелся в наличии. На плате имеется транзистор, позволяющий включить реле малым током, защитный диод и светодиод, сигнализирующий о включенном состоянии.

Технические характеристики:

- Управляющий сигнал: +3,5 - 5В;
- Максимальный переменный ток и напряжение для контактов: 10А/250В;
- Максимальный постоянный ток и напряжение для контактов реле: 10А/30В.

2.2.5 Вся конструкция требует питания в 12В. В моём распоряжение находился свинцово-кислотный аккумулятор модели Robiton VRLA12-0.8-VHR.



Рисунок 2.17 – Свинцово-кислотный аккумулятор Robiton VRLA12-0.8-VHR

Данный высокоэффективный аккумулятор, стоимостью 550 рублей, последнего поколения с клапанным регулированием, обладает повышенной мощностью и требует минимального технического обслуживания.

Таблица 2.7 - Технические характеристики аккумуляторной батареи

Номинальное напряжение	12 В
Число элементов	6
Номинальная ёмкость	0,8 Ач
Внутреннее сопротивление полностью заряженной батареи (20°C)	220 Ом
Рабочий диапазон температур:	
Заряд	-20~50°C
Разряд	-20~60°C
В буферном режиме:	
Диапазон зарядного напряжения	13,5-13,8 В
Температурная компенсация	20мВ/°С
В циклическом режиме:	
Диапазон зарядного напряжения	14,4-15 В
Температурная компенсация	30мВ/°С

Технология VRLA гарантирует полную герметичность и готовность батареи к работе. Батарея имеет небольшой саморазряд, обладает надежностью и защищенностью от утечки электролита, благодаря технологии AMG.

Подзарядка аккумулятора должна осуществляться с помощью подходящего блока питания, как Robiton LAC12-1000.



Рисунок 2.18 – Зарядное устройство Robiton LAC12-1000

Данное автоматическое зарядное устройство предназначено только для свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Заряд осуществляется методом «постоянный ток - постоянное напряжение». На первой стадии батарея заряжается постоянным током, после достижения требуемого значения напряжения заряд происходит с постоянным напряжением. Стоимость в магазине составляет 580 рублей.

Технические характеристики:

- Заряжаемые типоразмеры: клеммы типа T2/F2;
- Заряжаемые электрохимические системы: Свинцово-Кислотные;
- Напряжение заряжаемых батарей: 12 В;
- Зарядный ток и время заряда: Быстрый заряд (1,5ч-6ч);
- Размер и способ подключения к сети: Подключается к сети напрямую (без шнура);
- Метод заряда: Отключается автоматически;
- Дополнительные возможности: Заряд малым током (Trickle Charge).

Вывод по разделу

В конструкцию робота войдут: arduino nano, драйвер двигателя L298N, ультразвуковые датчики модели HC-SR04, вентилятор Zotac, реле модели KY-019, два мотора-редуктора и пара колес Gekko. А также аккумулятор на 12В. Не имея у себя в наличии свинцово-кислотный аккумулятор, следовало бы взять литий-ионную батарею, так как блок питания к ней дешевле и проще найти в магазинах электроники. Но это не принципиально, что позволяет сделать выбор, кому, что подходит и что именно нужно запитать.

3 Программная часть

3.1 Разработка алгоритма программы

Блок-схема алгоритма работы автономного робота-уборщика спроектирована на рисунке 3.1.

Алгоритм представляет собой пошаговый цикл. Сначала объявляются переменные ультразвуковых датчиков, с помощью которых микроконтроллер будет давать команду на драйвер двигателя. Затем задаются переменные двигателей, таймеров анти-залипания датчиков, если они перестанут реагировать на расстоянии 3 м и переменная реле, которая отвечает за включение и выключение вентилятора.

Затем происходит назначение портов всех элементов и начинается рабочий цикл программы, подается напряжение, реле включает вентилятор. Дальномеры посылают и принимают ультразвуковые сигналы и в зависимости от расстояния от робота до препятствий определяются направления его движения.

После пройденных роботом 10 минут, реле выключает вентилятор, на драйвер подается низкий сигнал, движение прекращается.

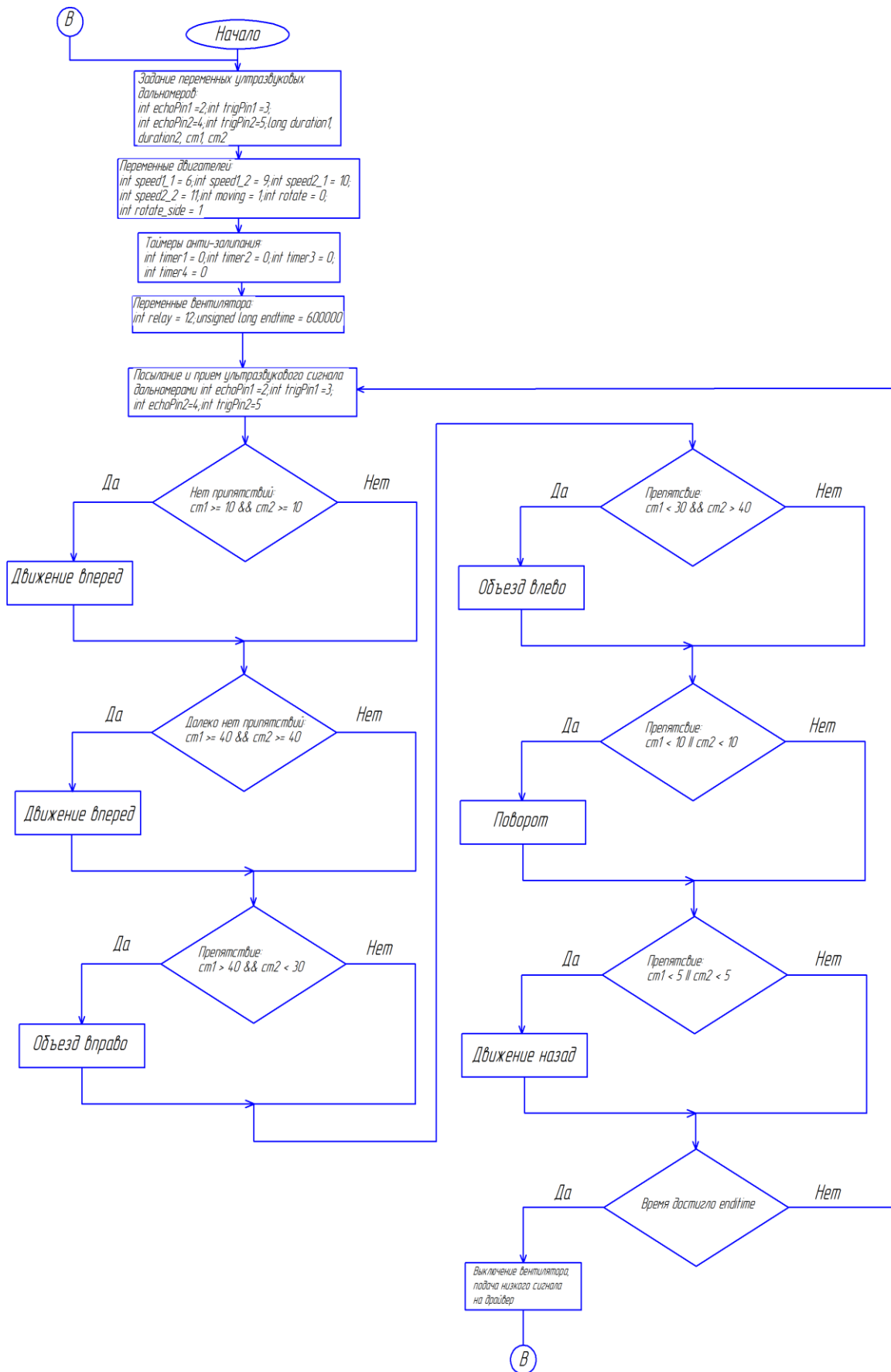


Рисунок 3.1 – Блок-схема управляющей программы

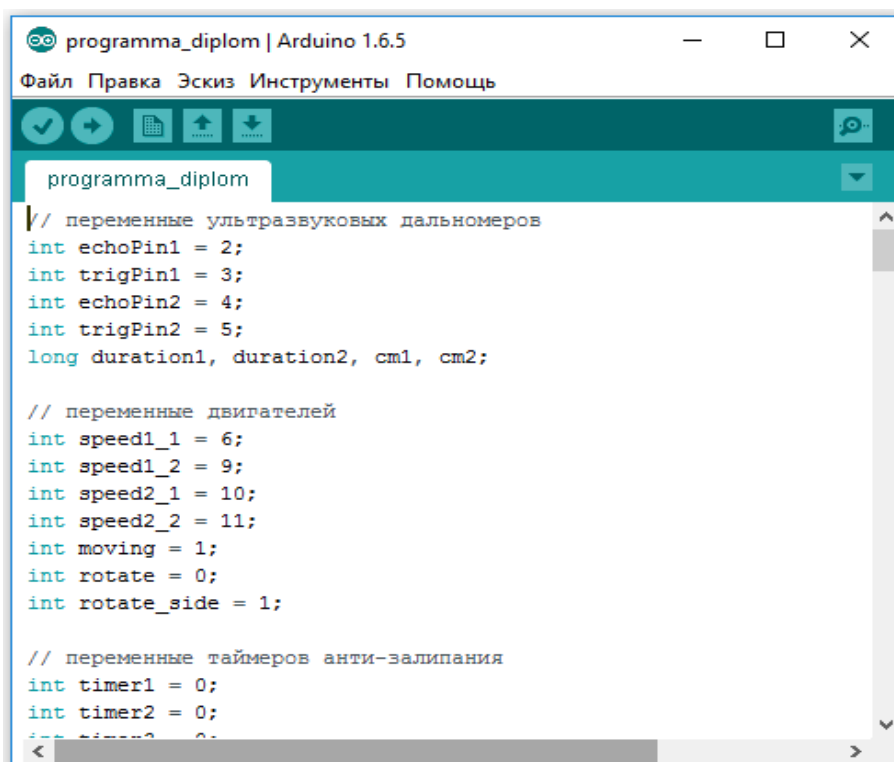
3.2 Разработка управляющей программы

При желании запрограммировать микроконтроллер Arduino любых видов, понадобится загрузить специальное программное обеспечение Arduino IDE с официального сайта разработчика.

Оно позволяет написать множество своих программ, которых еще называют скетчами, для самой платы.

В самой программной среде используется стандартный язык C++, что делает её достаточно понятной и простой в использовании. Среда содержит множество уже готовых библиотек для программирования, которые помогают в работе с различными устройствами и основательно облегчают процесс написания программ самому.

После установки на компьютер Arduino IDE, для загрузки программ в микроконтроллер, к нему необходимо подключить Arduino через USB - порт .

The image shows a screenshot of the Arduino IDE software interface. The window title is "programma_diplom | Arduino 1.6.5". The menu bar includes "Файл", "Правка", "Эскиз", "Инструменты", and "Помощь". The toolbar contains icons for saving, undo, redo, and uploading. The main editor area shows a sketch named "programma_diplom" with the following code:

```
// переменные ультразвуковых датчиков
int echoPin1 = 2;
int trigPin1 = 3;
int echoPin2 = 4;
int trigPin2 = 5;
long duration1, duration2, cm1, cm2;

// переменные двигателей
int speed1_1 = 6;
int speed1_2 = 9;
int speed2_1 = 10;
int speed2_2 = 11;
int moving = 1;
int rotate = 0;
int rotate_side = 1;

// переменные таймеров анти-залипания
int timer1 = 0;
int timer2 = 0;
int timer3 = 0;
```

Рисунок 3.2 – Среда программирования Arduino

На плате должен загореться светодиод, что свидетельствует о работе платформы. Чтобы подключить нужный COM – порт, следует зайти в «Диспетчер устройств», открыть вкладку «Порты (COM и LPT)» и будет виден его номер. Затем надо вернуться в среду программирования и выбрать «Сервис» - «Последовательный порт» - «COM». Также во вкладке «Сервис» - «Плата» можно выбрать вид устройства, которое нужно использовать.

Микроконтроллер «связывается» с ультразвуковыми датчиками за счёт загруженной программы и получает от них данные в режиме реального времени, для осуществления дальнейших вариантов движения.

Код управляющей программы для микроконтроллера:

```
// объявление переменных
// переменные ультразвуковых датчиков
int echoPin1 = 2;
int trigPin1 = 3;
int echoPin2 = 4;
int trigPin2 = 5;
long duration1, duration2, cm1, cm2;
// переменные двигателей
int speed1_1 = 6;
int speed1_2 = 9;
int speed2_1 = 10;
int speed2_2 = 11;
int moving = 1;
int rotate = 0;
int rotate_side = 1;
// переменные таймеров анти-залипания
int timer1 = 0;
int timer2 = 0;
int timer3 = 0;
int timer4 = 0;
// переменные вентилятора
int relay=12;
unsigned long endtime=600000; //автоматическое выключение через 600 секунд
```

```

// setup программы (выполняется 1 раз, при старте)
void setup() {
//назначение портов
pinMode(trigPin1, OUTPUT);
pinMode(echoPin1, INPUT);
pinMode(trigPin2, OUTPUT);
pinMode(echoPin2, INPUT);
pinMode(speed1_1, OUTPUT);
pinMode(speed1_2, OUTPUT);
pinMode(speed2_1, OUTPUT);
pinMode(speed2_2, OUTPUT);
pinMode(relay, OUTPUT);
//генерация рандомного числа со свободной ножки
randomSeed(analogRead(0));
//включение реле
digitalWrite(relay, HIGH); }
// рабочий цикл программы
void loop() {
//цикл выполняется пока время не достигло endtime
if (millis()<endtime) {
//определение препятствий
//первый дальномер
//посылается и принимается звуковой сигнал
digitalWrite(trigPin1, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin1, HIGH);
delayMicroseconds(20);
digitalWrite(trigPin1, LOW);
duration1 = pulseIn(echoPin1,HIGH,100000);
//эти 4 строчки "перезапускают" дальномер
pinMode(echoPin1,OUTPUT);
digitalWrite(echoPin1,LOW);
delay(10);
pinMode(echoPin1,INPUT);
//если дальномер "залип" и показывает "0", то время сигнала выставляется 3 метра

```

```

if (duration1 == 0) {
    duration1=17400;
}
//перевод времени достижения сигнала в сантиметры
cm1 = duration1 / 58;
//небольшая задержка, для предотвращения смещения сигналов со вторым
дальномером
delay(50);
//второй дальномер
digitalWrite(trigPin2, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin2, HIGH);
delayMicroseconds(20);
digitalWrite(trigPin2, LOW);
duration2 = pulseIn(echoPin2,HIGH,100000);
pinMode(echoPin2,OUTPUT);
digitalWrite(echoPin2,LOW);
delay(10);
pinMode(echoPin2,INPUT);
if (duration2 == 0) {
    duration2=17400;
}
cm2 = duration2 / 58;
delay(50);
//определение направления движения
//нет препятствия
if (cm1 >= 10 && cm2 >= 10) {
    moving = 1;
}
//далеко нет препятствий
if (cm1 >= 40 && cm2 >= 40) {
    moving = 4;
}
//препятствие (объезд вправо)
if (cm1 > 40 && cm2 < 30 && moving!=5) {

```

```

moving = 5;
}
//препятствие (объезд влево)
if (cm1 < 30 && cm2 > 40 && moving!=6) {
moving = 6;
}
//препятствие (поворот)
if (cm1 < 10 || cm2 < 10) {
moving = 2;
}
//препятствие (назад)
if (cm1 < 5 || cm2 < 5) {
moving = 3;
}
//движение (min-0 max-255)
//движение вперед
if (moving == 1) {
analogWrite(speed1_1, 150);
analogWrite(speed1_2, 0);
analogWrite(speed2_1, 150);
analogWrite(speed2_2, 0);
delay(100);
timer1 = timer1+1;
timer2=0;
timer3=0;
timer4=0;
}
if (moving == 4) {
analogWrite(speed1_1, 150);
analogWrite(speed1_2, 0);
analogWrite(speed2_1, 150);
analogWrite(speed2_2, 0);
delay(100);
timer4=timer4+1;
timer1=0;

```

```

timer2=0;
timer3=0;
}
//поворот
if (moving == 2 || timer1>25 || timer3>2 || timer4>50) {
rotate_side = random(1,3); //рандомная сторона поворота
if (rotate_side == 1) {
analogWrite(speed1_1, 0);
analogWrite(speed1_2, 150);
analogWrite(speed2_1, 150);
analogWrite(speed2_2, 0);
rotate = random(400,800);
delay(rotate);
}
if (rotate_side == 2) {
analogWrite(speed1_1, 150);
analogWrite(speed1_2, 0);
analogWrite(speed2_1, 0);
analogWrite(speed2_2, 150);
rotate = random(400,800);
delay(rotate);
}
timer2=timer2+1;
timer1=0;
timer3=0;
timer4=0;
}
//объезд вправо
if (moving == 5) {
analogWrite(speed1_1, 150);
analogWrite(speed1_2, 0);
analogWrite(speed2_1, 100);
analogWrite(speed2_2, 0);
rotate = random(400,800);
delay(rotate);
}

```

```

}
//объезд влево
if (moving == 6) {
analogWrite(speed1_1, 100);
analogWrite(speed1_2, 0);
analogWrite(speed2_1, 150);
analogWrite(speed2_2, 0);
rotate = random(400,800);
delay(rotate);
}
//движение назад
if (moving == 3 || timer2>2) {
analogWrite(speed1_1, 0);
analogWrite(speed1_2, 150);
analogWrite(speed2_1, 0);
analogWrite(speed2_2, 150);
delay(500);
timer3=timer3+1;
timer1=0;
timer2=0;
timer4=0; } }
//остановка работы через заданное время
if (endtime<millis()) {
digitalWrite(relay, LOW);
digitalWrite(speed1_1, LOW);
digitalWrite(speed1_2, LOW);
digitalWrite(speed2_1, LOW);
digitalWrite(speed2_2, LOW); } }

```

Вывод по разделу

В данном разделе описан алгоритм работы робота, его траектория движения в зависимости от считывания расстояния датчиками. И обозначено выключение через определенное время

4 Конструкторско-экспериментальный раздел

В качестве корпуса для робота-уборщика был выбран пластмассовый контейнер с крышкой высотой 11 см и 17 см шириной.

Ёмкость для вентилятора будет вынесена за пределы контейнера для удобства очистки от мусора, и чтобы не загромождать место внутри. Так как диаметр вентилятора составляет 8,5 см, размер ёмкости беру 11,5 см для большего сбора грязи. Ёмкость будет внесена внутрь контейнера на 3 см, чтобы провод от вентилятора доставал до места его подключения.

Для установки колес с моторами были вырезаны прямоугольные отверстия длиной 10 см и шириной 4,5 см.

Под ультразвуковые датчики сделаны два отверстия по 4 см длиной, как у самих датчиков, чтобы они держались плотнее и 1,5 см шириной на расстоянии 4,5 см друг от друга.

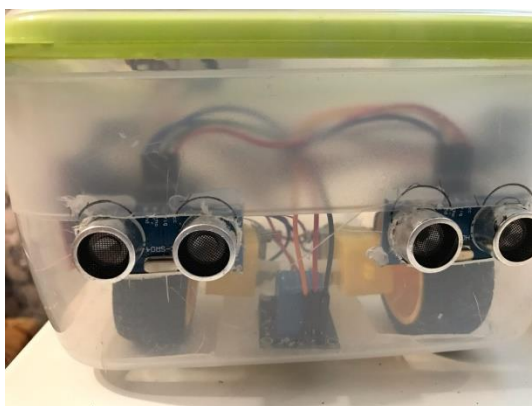


Рисунок 4.1 – Расположение датчиков

Arduino Nano, кнопка, драйвер двигателя, реле прикреплены на горячий клей на удобное месторасположение с помощью термопистолета.

Моторы прикручены к специальному креплению, которое идет в комплекте с ними.

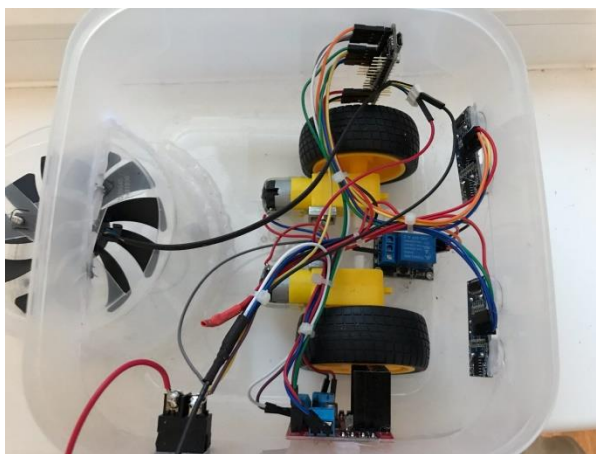


Рисунок 4.2 – Расположение всех компонентов

Аккумулятор расположен на крышке контейнера из-за габаритного размера длиной 9,6 см и 6,2 см высотой по отношению к внутреннему пространству, а также для удобства подключения к блоку питания. Кнопка, подающая питание, расположена сбоку.

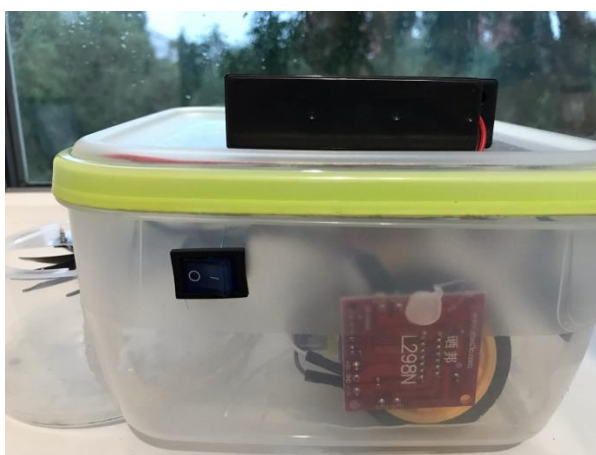


Рисунок 4.3 – Расположение аккумулятора и кнопки

Все элементы были подключены в соответствии со схемой (рисунок 2.1).

Необходимо поставить робота-уборщика на пол, по возможности убрать вещи, чтобы он смог произвести уборку как можно большего пространства, включить кнопку. Напряжение будет подано, включится

вентилятор и робот начнёт свое движение в соответствии с загруженной программой. Через 10 минут он остановит уборку и вентилятор выключится. Следует отключить кнопку и достать мусор из ёмкости с крышкой, в которой закреплён вентилятор. Чтобы повторить работу, нужно включить кнопку заново.

Вывод по разделу

Была наглядно спроектирована конструкция робота-уборщика, что может являться руководством для тех, кто планирует воссоздать похожее техническое устройство.

Заключение

При выполнении выпускной квалификационной работы были изучены литературные источники на тему умных роботов - уборщиков, проанализированы возможные пути решения для проектирования рабочей и недорогой модели автономного робота-уборщика, которая способна двигаться автоматически, благодаря датчикам, и производить уборку помещений. Были спроектированы структурная и электрическая принципиальная схемы и подобраны подходящие элементы. Написана управляющая программа для микроконтроллера на платформе Arduino Nano на языке C/C++. В последствии решены все задачи, чтобы достичь поставленной цели.

Целью работы являлось создание робота-уборщика с автоматическим движением по различным вариантам, за счет считывания информации с датчиков о препятствиях перед ним. Движение осуществляется благодаря соответствующему драйверу двигателя, который управляет двумя моторами и парой подходящих колёс. Драйвер принимает сигнал, идущий с платформы Arduino Nano. На данную плату загружена программа, которая задает команды на все элементы конструкции. Написан специальный алгоритм программы с контролем отключения вентилятора через заданное время. Робот питается путем подключенного аккумулятора. Работа уборщика активируется нажатием на кнопку. Разработанное устройство робота - уборщика имеет меньшую стоимость, которая составила 2480 рублей, что однозначно доступнее, нежели ее аналоги и будет являться спросом у пожилых людей с ограниченным бюджетом и у тех, кто имеет домашних питомцев.

Список используемой литературы

1. Контроллер Arduino Nano [Электронный ресурс]. URL: <https://amperka.ru/> (дата обращения: 04.05.2020)
2. Ревич Ю.В. Занимательная электроника - 3-е изд., и доп. – СПб.: БХВ – Петербург, 2015. – 576 с.: ил. (дата обращения: 06.05.2020)
3. Среда разработки Arduino IDE [Электронный ресурс]. URL: <https://arduinoplus.ru/> (дата обращения: 11.05.2020)
4. Getting started with the Arduino NANO Every [Электронный ресурс] URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/NANOEEvery> (дата обращения 11.05.2020)
5. Arduino IDE [Электронный ресурс] URL: <https://www.st.com/en/development-tools/arduino-pro-ide.html> (дата обращения 11.05.2020)
6. Датчики и модули для Arduino [Электронный ресурс]. URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/drajver-dvigatelya-i-motor-shield-arduino/> (дата обращения: 11.05.2020)
7. Ультразвуковой дальномер [Электронный ресурс]. URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/ultrazvukovoj-dalnomer-hc-sr04/> (дата обращения 11.05.2020)
8. Complete Guide for Ultrasonic Sensor HC-SR04 with Arduino [Электронный ресурс] URL: <https://randomnerdtutorials.com/complete-guide-for-ultrasonic-sensor-hc-sr04/> (дата обращения 11.05.2020)
9. И.М. Чуркин. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. ТГУ, Тольятти, 2011. (дата обращения: 11.05.2020)
10. Драйвер двигателя [Электронный ресурс] URL: <https://robotclass.ru/> (дата обращения: 12.05.2020)
11. How to Use L298N Motor Driver [Электронный ресурс] URL: <https://www.teachmemicro.com/use-l298n-motor-driver/> (дата обращения: 12.05.2020)

12. Подключение вентилятора [Электронный ресурс] URL: https://2shemi.ru/raspinovka-kulera-podklyuchenie-3-pin-i-4-pin-ventilyatora/#_3_pin (дата обращения: 13.05.2020)
13. PWM a 3-pin PC fan with an Arduino [Электронный ресурс] URL: <https://www.baldengineer.com/pwm-3-pin-pc-fan-arduino.html> (дата обращения 13.05.2020)
14. Подключение реле к Arduino [Электронный ресурс] URL: <https://portal-pk.ru/news/163-podklyuchaem-rele-k-arduino-primer-raboty-i-sketch.html> (дата обращения: 13.05.2020)
15. Guide for Relay Module with Arduino [Электронный ресурс] URL: <https://randomnerdtutorials.com/guide-for-relay-module-with-arduino/> (дата обращения 13.05.2020)
16. Каталог электронных компонентов [Электронный ресурс] URL: <https://www.chipdip.ru/> (дата обращения: 15.05.2020)
17. Блок-схема алгоритма [Электронный ресурс] URL: <https://wiki2.org/ru/Блок-схема> (дата обращения: 15.05.2020)
18. Explain Algorithm and Flowchart with Examples [Электронный ресурс] URL: <https://www.edrawsoft.com/explain-algorithm-flowchart.html> (дата обращения: 15.05.2020)
19. Модели современных роботов-уборщиков на рынке [Электронный ресурс] URL: <https://sovetmarka.ru/top-luchshih-robotov-pylesosov-dlya-doma-kakoy-luchshe-kupit-sravnitelnaya-tablitsa> (дата обращения: 15.05.2020)
20. The best robot vacuums [Электронный ресурс] URL: <https://www.businessinsider.com/best-robot-vacuum> (дата обращения: 15.05.2020)

Приложение А

Перечень элементов к схеме принципиальной

Поз.	Наименование	Кол.	Примечани е
	Микросхемы		
DA1	ATmega328 на платформе Arduino Nano	1	
DD2	Драйвер двигателя L298N	1	
	Датчики		
A1,2	Ультразвуковой дальномер HC-RS04	2	
M1,2	Моторы Gekko постоянного тока 6В	2	
K1	Реле одноканальное KY-019	1	
M3	Вентилятор Zotac GTX-060 на 12В	1	
SB	Выключатель аккумуляторной батареи	1	
B1	Перезаряжаемая свинцово-кислотная аккумуляторная батарея Robiton на 12В	1	
20-110304.113/09.307.03 ЭЗ			
Из	Лис	№ докум.	Под Дат
Разраб	Кузнецова		
Пров.	Прядилов А.В.		
Н.конт	Прядилов		
Утв.	Шевцов А.А.		
Автономный робот - уборщик		Лит.	Лист
Перечень элементов			Листов
			1 1
		ТГУ, ЭЛБ-1601а	