

Научное общество учащихся «Эврика»
Клуб изобретательства и робототехники ДОСААФ
Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение «Лицей 38»
Советского района г.Н.Новгорода

3д-модель и действующий макет марсохода с дистанционным управлением

Выполнил:

Ложкин Владислав, ученик 10 класса МАОУ «Лицея №38»

Научные руководители:

Моисеев Антон Евгеньевич, старший преподаватель НГТУ
им. Алексеева, Клуб изобретательства и робототехники
ДОСААФ

Тукова Надежда Борисовна, учитель физики высшей
квалификационной категории

Содержание

	Стр.
Введение	3
1. Проектирование модели ровера	4
1.1. Корпус	4
1.1. Колеса.....	5
1.2.1. Теория о rocker-bogie.....	5
1.2.2. Проектирование колеса	7
2. Электроника	10
2.1. Датчики	10
2.1.1. Датчик давления.....	10
2.1.2. Датчик температуры и влажности	11
2.2. Система питания	12
2.3. Платы	13
2.3.1. Плата управления 6-ю моторами	14
2.3.2. Плата джойстика	15
3. Программа управления ровером.....	17
Заключение	18
Список литературы и интернет ресурсов	19
Приложение №1	20

Введение

От самого зарождения и по сей день человечество стремится совершенствоваться. Люди стараются узнать и изучить все больше и больше нового, неизведанного и улучшить старое. Но для более глубокого изучения требуются новейшие технологии.

Развитие технологий напрямую связано с экономической составляющей. По своей сути технология – это искусство преобразования одной модели процесса в усовершенствованную модель того же процесса или создание чего-то нового. Технологии в настоящее время стали очень быстро развиваться, что позволяет с помощью них создавать исследовательскую технику и изучать новое.

Актуальность работы также заключается в том, что недавно, а именно 18 февраля 2021 года прошла успешная посадка марсохода Perseverance, который был запущен 20 июля 2020 года. Этот факт подтверждает потребность в исследовательской технике. В данной работе демонстрируется пример создания модели ровера. Его задача хоть и не настолько сложная, как у Perseverance, но тоже очень востребованная: исследование окружающей среды. Реальный робот может использоваться для изучения поверхностей, поиска в труднодоступных местах.

Цель проекта: спроектировать и собрать ровер

Задачи:

1. Изучить теорию, связанную с роверами
2. Спроектировать форму всех деталей ровера и конечную модель корпуса
3. Подобрать материалы, электронику и закупить ее
4. Изучить работу датчиков и выбрать необходимые
5. Составить схему работы электроники
6. Настроить электронику на работу

1. Проектирование модели ровера

1.1. Корпус

Для того, чтобы начать проектировать, нужно было образно представлять, какую работу предстоит проделать. Для этого нужно было изучить похожие модели роверов, марсоходов у организаций или индивидуальных разработчиков. Были найдены источники, в которых было представлено достаточно фото- и видеоматериалов, что позволило расширить область для выбора общей модели будущего робота. Из различных источников были взяты идеи конструкции такого робота, но по итогу сформирован собственный вид.

Для начала нужно задать «коробке» размеры. Для этого нужно определить примерно и скомпоновать все элементы, составляющие электронику робота. Это было сделано следующим образом (рис. 1) (впоследствии внешний вид «коробки» несколько раз менялся, так же, как и расположение деталей).

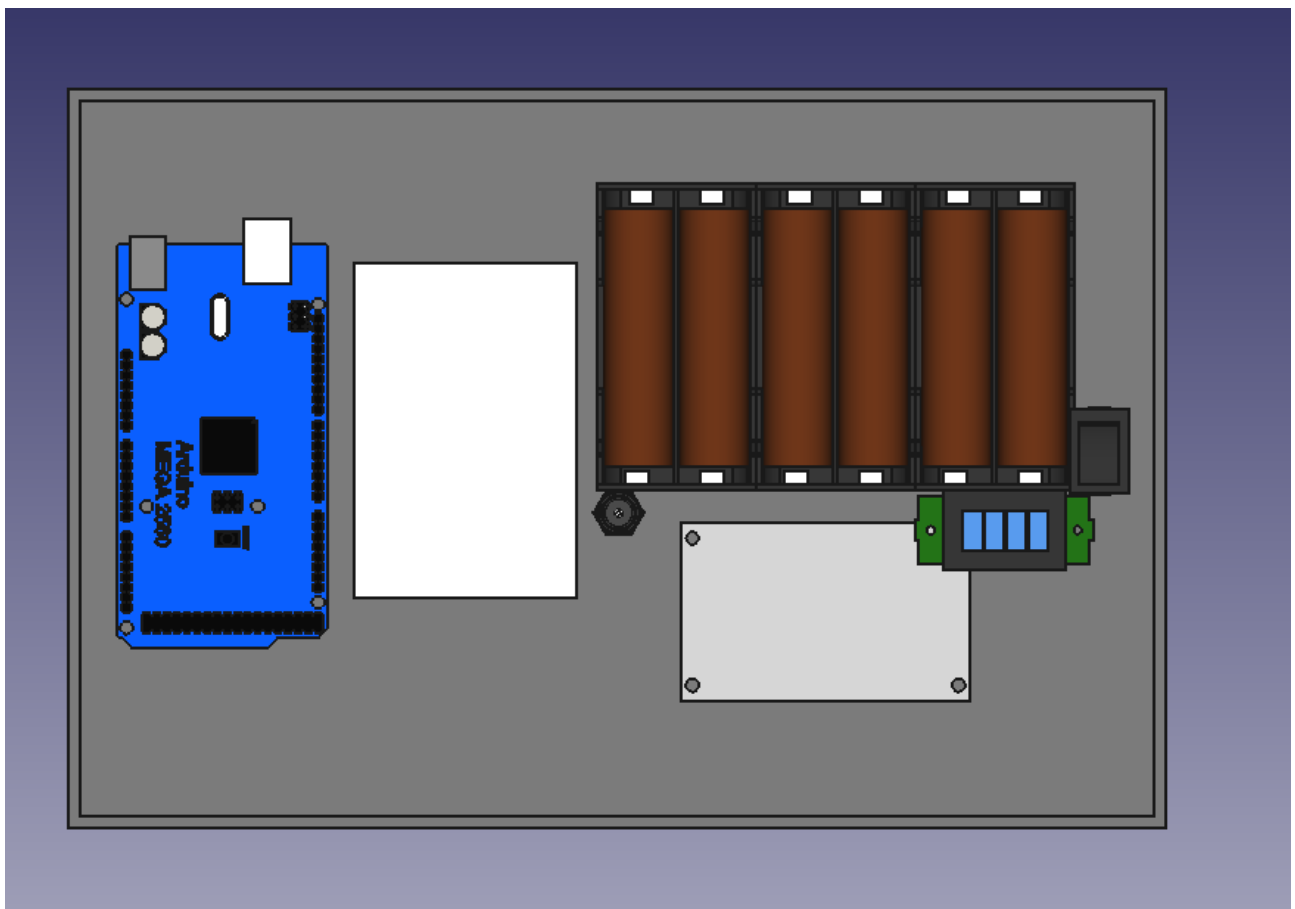


Рис. 1

Такая компоновка позволяет одновременно сэкономить место в «коробке» и сделать расположение проводов эргономичными. Также оно правильно с точки зрения распределения массы компонентов. Большую часть массы составляют аккумуляторы, которые здесь стоят близко к центру «рычага» и являются противовесом ко всем другим более легким компонентам. После того, как была определена компоновка, «коробке» задали следующие размеры. Итоговые размеры самой коробки составили 276*183*67 мм (рис. 2).

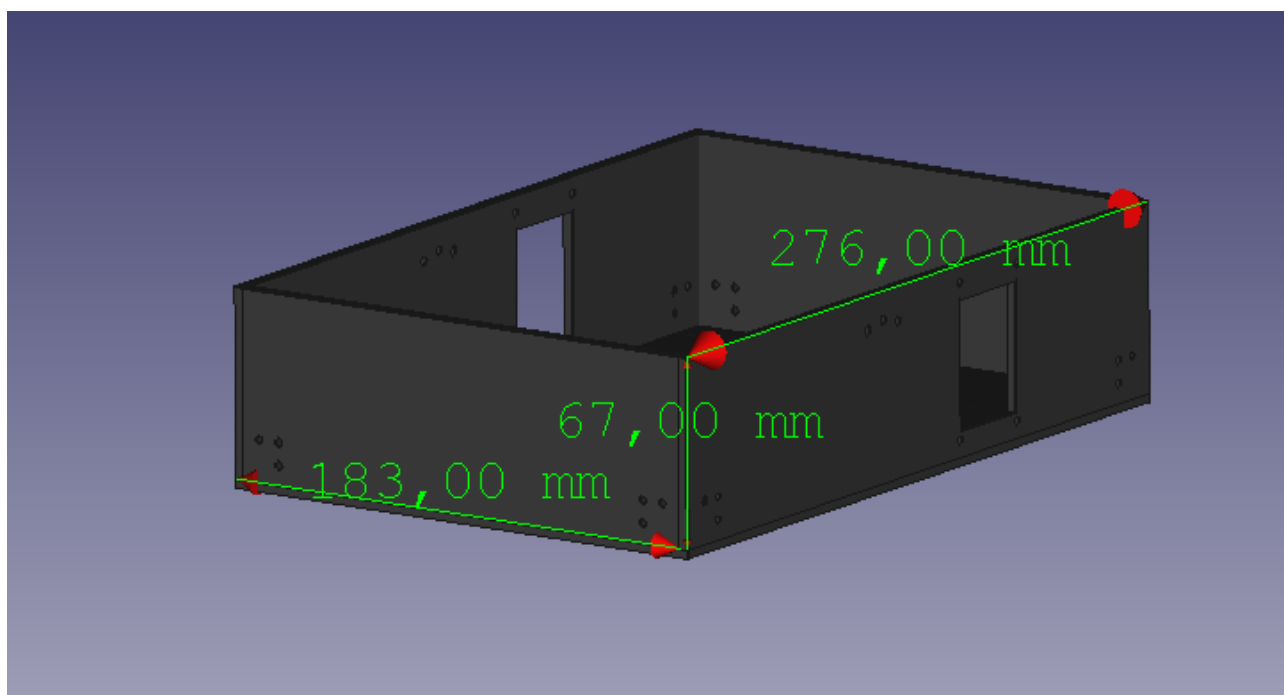


Рис. 2

1.1. Колеса

1.2.1. Теория о rocker-bogie

Система rocker-bogie (с англ. - коромысло-тележка) - это подвесное устройство, разработанное в 1988 году для использования в марсоходе NASA "Sojourner", и который с тех пор стал любимым дизайном НАСА для марсоходов. Он был использован в 2003 году роботами миссии Mars Exploration Rover Spirit

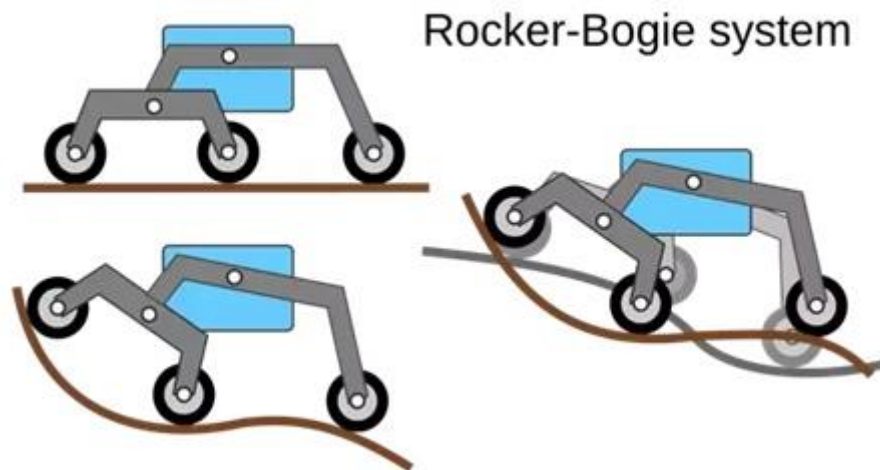


Рис. 3

and Opportunity, на марсоходе Curiosity миссии Mars Science Laboratory (MSL), и марсоходе Perseverance Mars 2020.

Установка rocker-bogie (рис. 3) не имеет пружин или осей для любого колеса, что дает возможность роверу справляться с препятствиями, такими как камни, которые дважды превосходят диаметр колеса, при этом все шесть колес находятся на земле. Так же, как и с другими системами подвесок, устойчивость к опрокидыванию ограничивается возвышенностью центра тяжести. Системы, в которых применяются пружины, обладают тенденцией проще опрокидываться благодаря боковой нагрузке. Основанный на центре масс маркер Mars Science Laboratory позволяет выдерживать отклонение не менее 45 градусов во всяком направлении без опрокидывания, но автоматические датчики сдерживают поворот на склонах более 30 градусов. Конструкция изобретена для использования на низкой скорости приблизительно 10 сантиметров в одну секунду (3,9 дюйма/сек), дабы минимизировать динамические и непрямые ритмы движения транспортного средства для преодоления внушительных препятствий.

Лаборатория реактивного движения NASA заявляет, что эта система rocker-bogie уменьшает движение корпуса наполовину в отличии от других систем подвесок. Каждый из шести колес ровера имеет независимый мотор. У обоих передних и двух задних колес есть индивидуальные двигатели рулевого управления, которые позволяют роверу поворачиваться на место. Каждое колесо

также имеет протектор, обеспечивающий большее сцепление с поверхностью для более простого передвижения. Наибольшая скорость роботов, функционирующих таким образом, ограничена, дабы ликвидировать как можно больше возможностей появления динамических эффектов, для того, чтобы моторы могли быть направлены вниз, позволяя каждому колесу отдельно поднимать большую долю массы всего робота.

Для того чтобы справиться с преградами, передние колеса прижимаются к ней центральными и задними колесами. Вращением переднего колеса идет подъем передней части робота вверх по преграде. Потом среднее колесо прижимается к преграде задними колесами также прижимается к преграде впереди, до тех пор, пока оно не поднимается наверх и вперед. В конечном счете, заднее колесо тянется через преграду передними 2-мя колесами.

1.2.2. Проектирование колеса

В ходе работы над моделью колеса был сделан протектор на колесах следующего вида (рис. 4) в количестве 15 штук на колесо, который напоминает протектор на марсоходе Curiosity (рис. 5), но потом узнав, что подобный «рисунок»

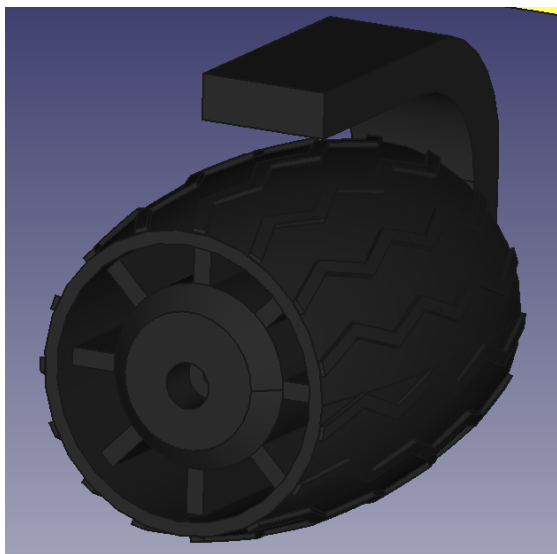


Рис. 4



Рис. 5



Рис. 6

оказался неэффективным в условиях марсианского рельефа (рис. 6), было решено его изменить. В новом марсоходе Perseverance протектор уже изменили (рис. 7). Это связано с тем, что старый протектор не лучшим образом повлиял на разрушаемость колеса. Количество протекторов было мало для той среды, в



Рис. 7

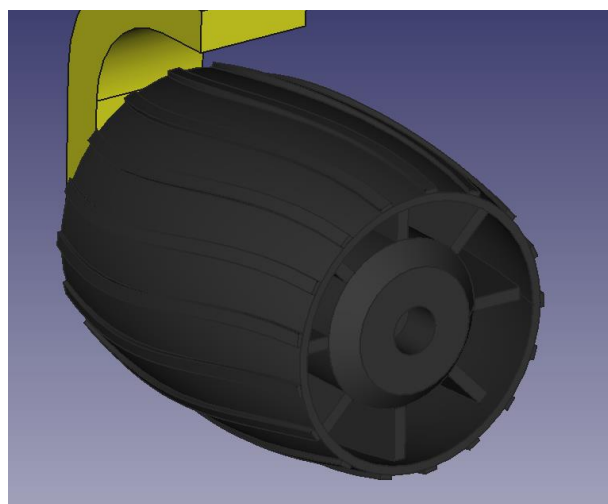


Рис. 8

которой использовался марсоход, поэтому сделав больше протекторов на колесе, расстояние между ними сократилось, что уменьшило воздействие острых камней и улучшило период работы конструкции. Для данного проекта возможно не так важны подобные изменения протектора, но все-таки решив не отставать от складывающихся тенденций, протектор ровера сделан похожим как у нового

марсохода (рис. 8), а количество его секций увеличено с 15 до 17.

При дальнейшей проектировке были сделаны крепления системы колес параллельно основному корпусу, но далее решено было отвести крепление на угол 25 градусов от корпуса (рис. 9), что позволило при подъеме колеса, креплению, соединяющему колеса с корпусом, ничего не задевать.

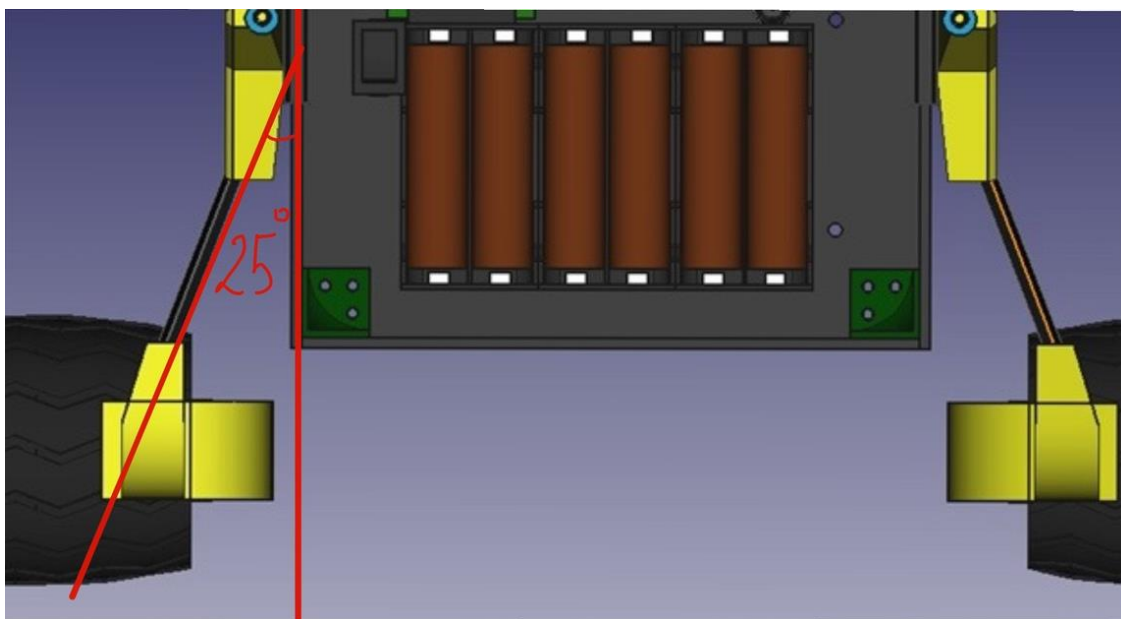


Рис. 9

По итогу конечный вариант модели (рис. 10) робота получился следующим:

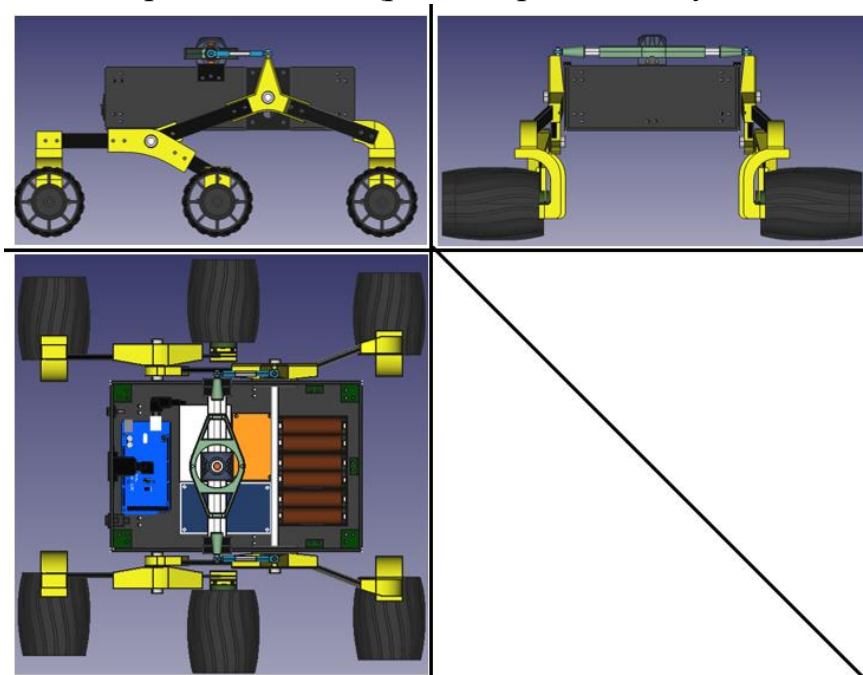


Рис. 10

2. Электроника

2.1. Датчики

Некоторые датчики были выбраны заранее, но на данном этапе постановку датчиков было решено реализовать позже, т. к. на саму модель они сейчас не влияют, а в дальнейшем их набор будет точнее скорректирован для необходимых целей.

Среди всех датчиков предварительный выбор пал на датчики температуры, влажности и давления, так как они потенциально нужны для исследования определенных территорий и поверхностей. Ниже представлены их характеристики и краткое описание.

2.1.1. Датчик давления

Барометр – устройство, измеряющее атмосферное давление. Электронные барометры используются в робототехнике и разных электронных устройствах. Наиболее популярными и доступными являются датчики давления: это BMP085, BMP180, BMP280 и другие. Первые два похожи между собой: BMP280 – это более новый и усовершенствованный датчик.

Датчики давления работают по принципу преобразования давления в движение механической части. Эти датчики давления состоят из преобразователя с чувствительным элементом, корпуса, механических элементов и электронной схемы.

Датчик BMP280 создан для приложений, где нужны маленькие размеры и небольшое потребление энергии. К таким приложениям относятся навигационные системы, прогноз погоды, индикация вертикальной скорости и другие. Датчик обладает высокой точностью, хорошей стабильностью и линейностью. Технические характеристики датчика BMP280:

- Габариты 2 x 2,5 x 0,95 мм.
- Давление 300-1100гПа;
- Температуры от 0 °С до 65 °С;
- Поддержка интерфейсов I2C и SPI;
- Напряжение питания 1,7В – 3,6В;
- Средний ток 2,7мкА;

Датчик BMP280 имеет 3 режима работы – режим сна, режим FORCED (проведение измерения, считывание значения, переход в спящий режим), режим NORMAL (перевод датчика в циклическую работу – устройство самостоятельно через определенное время выходит из режима сна, проводит измерения, сохраняет их и переходит в режим сна).

2.1.2. Датчик температуры и влажности

DHT-22 представляет собой датчик влажности и температуры с цифровым выходом, для измерения используется емкостной датчик влажности и термистор.

Технические параметры

- Модель: DHT22
- Напряжение питания: 3.3 В ... 5 В
- Выходной сигнал: цифровой
- Чувствительный элемент: полимерный конденсатор
- Диапазон измерения влажности: 0 ... 100%, погрешность $\pm 2\%$
- Диапазон измерения температуры: -40°C ... $+80^{\circ}\text{C}$, погрешность $\pm 0.5^{\circ}$
- Задержка: 2с

- Габариты: 15.1 мм x 25.1 мм x 7.7 мм

Общие сведения:

Датчики DHT22 состоит из чувствительного емкостного датчика и NTC-термистора, а также 8-ми битного чипа, который преобразует аналоговый сигнал с датчиков, в цифровой на выходе. При производстве, компоненты, входящие в модуль DHT22, имеют разные параметры, и чтобы показания были реальными, производитель калибрует каждый датчик DHT22 в калибровочной камере, а поправочный коэффициент сохраняется в памяти и вызывается при считывании данных. Преимущество данных датчиков: небольшие размеры, низкое энергопотребление, высокая дальность передачи (до 20м). К недостаткам можно отнести задержку передачи показаний в 2 секунды.

2.2. Система питания

Электроника на самом ровере без датчиков содержит:

1. 6 моторов 12В (максимальный ток 1А; 70 об/сек) (рис. 11)
2. Плата Arduino Mega (рис. 12)
3. Модуль Bluetooth HC-05 (рис. 13)
4. Драйвер двигателя l293d (рис. 14)
5. Микросхема логики 74АС04РС (логическое not) (рис. 15)
6. Индикатор заряда (рис. 16)
7. 6 аккумуляторов 18650 на 3000 мА (рис. 17)
8. Кнопка вкл/выкл (рис. 18)
9. Плата защиты аккумуляторов 4s (рис. 19)

10. Штекер питания (рис. 20)



Рис. 11



Рис. 12



Рис. 13



Рис. 14



Рис. 15



Рис. 16



Рис. 17



Рис. 18

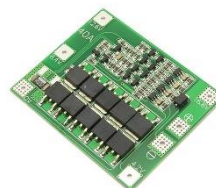


Рис. 19



Рис. 20

Для управления ровером используется 6 моторов для которых нужно питание 12В и 1А при максимальном потреблении. Для питания такой конструкции было решено 6 аккумуляторов разделить на 3 пары, в каждой из которых 2 аккумулятора соединены параллельно, чтобы была возможность давать 6А на 6 моторов, а так как их три, то общее выдаваемое напряжение равно около 12,6В. Индикатор питания позволяет определять уровень «разряженности» аккумуляторов, кнопка позволяет безопасно включать их, чтобы не случилось случайного КЗ, а штекер питания позволяет заряжать аккумуляторы от 12В блока питания, не вытаскивая их из отсеков. Arduino Mega необходима для управления моторами, а также другими датчиками.

2.3. Платы

Для того, чтобы подключить все датчики, моторы, питание к плате необходимо большое количество проводов. Чтобы заметно снизить их количество и повысить надежность платы (провода могут вылететь), используются платы.

2.3.1. Плата управления 6-ю моторами

В данном проекте для управления 6 моторами была спроектирована плата, которая позволяет питать и управлять каждым из них по отдельности. Она была создана в среде автоматизации проектирования электроники программе EasyEDA. Сначала была создана схема подключения всех элементов платы (рис. 21), а после разведены дорожки (рис. 22). Плата была вырезана в сервисе JLCPCB и к ней готовой припаяны все компоненты (рис. 23).

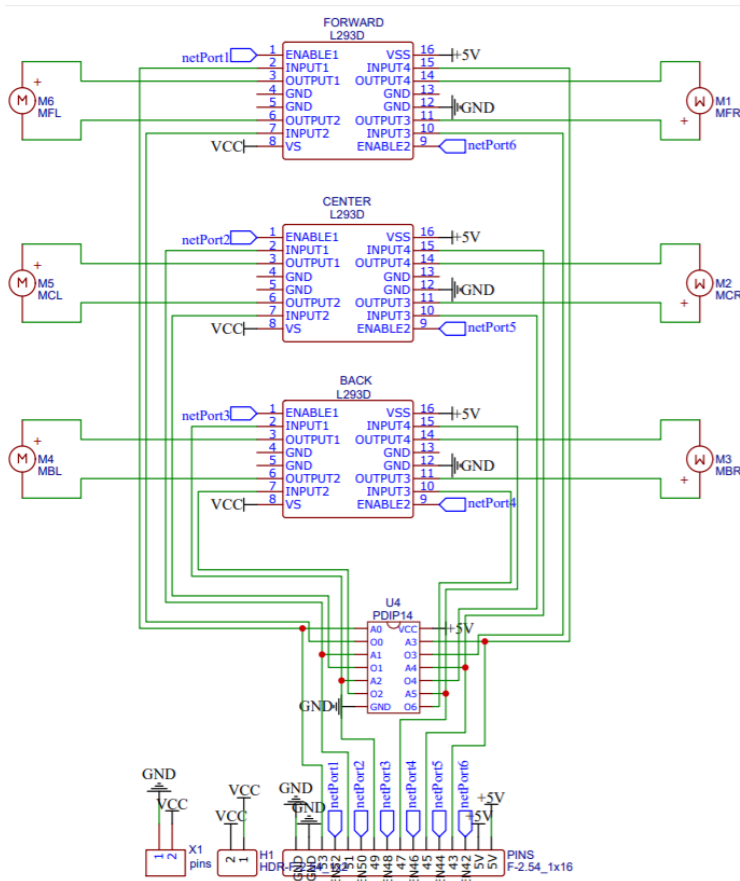


Рис. 21

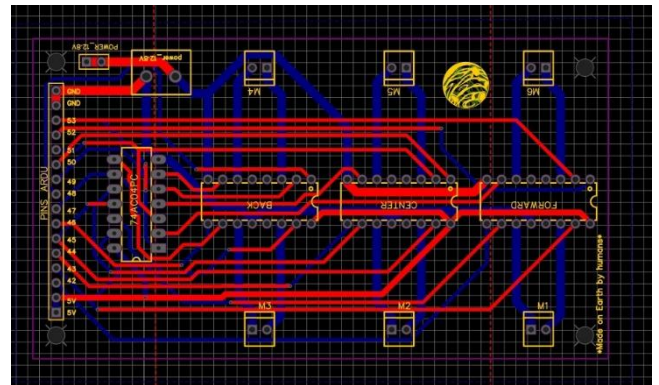


Рис. 22

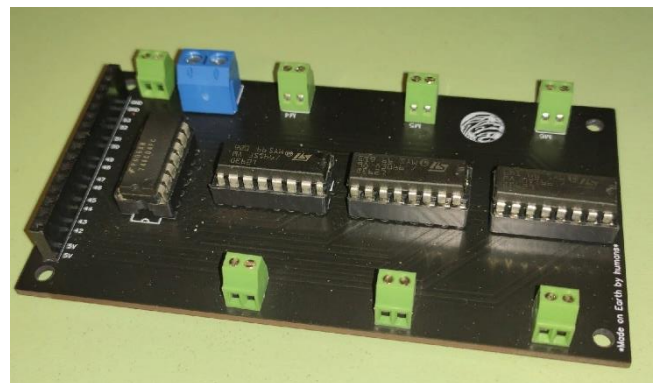


Рис. 23

2.3.2. Плата джойстика

Для управления всем ровером на расстоянии были подобраны следующие компоненты:

1. Arduino nano (рис. 24)
2. 2 джойстика (рис. 25)
3. Модуль Bluetooth HC-05
4. 2 аккумулятора 18650 на 3000 мА*ч
5. Индикатор питания 2s (рис. 26)
6. Кнопка вкл/выкл
7. Разъем usb type C (рис. 27)
8. Плата защиты 2S (рис. 28)

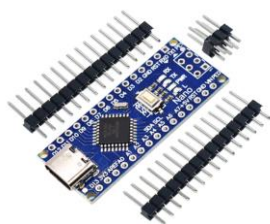


Рис. 24



Рис. 25



Рис. 26

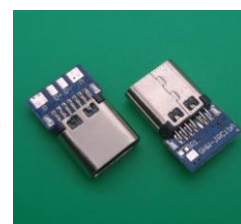
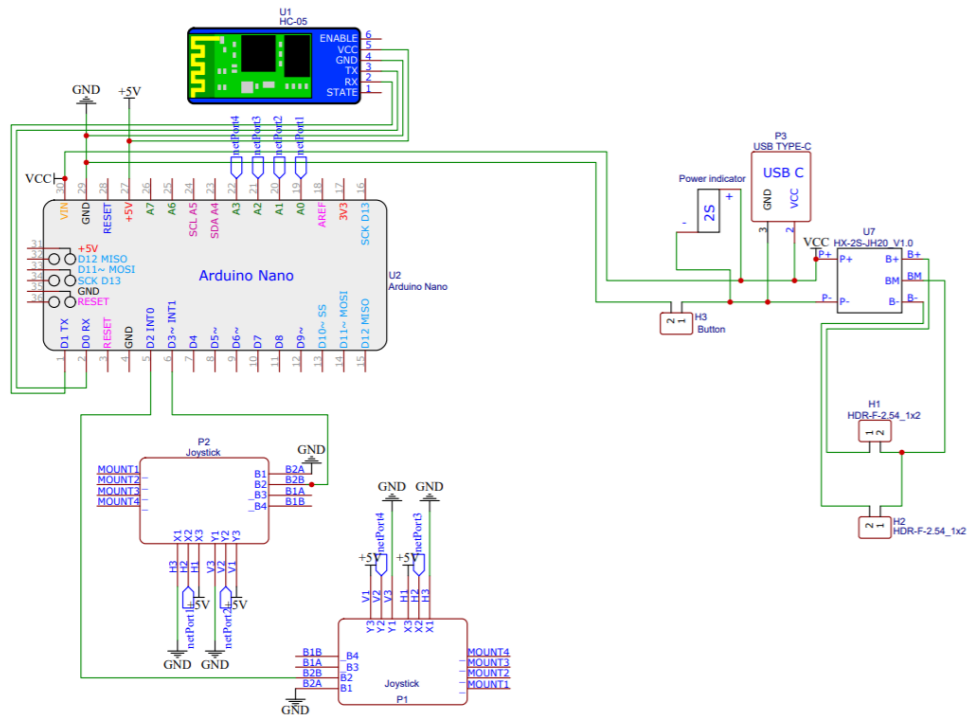


Рис. 27

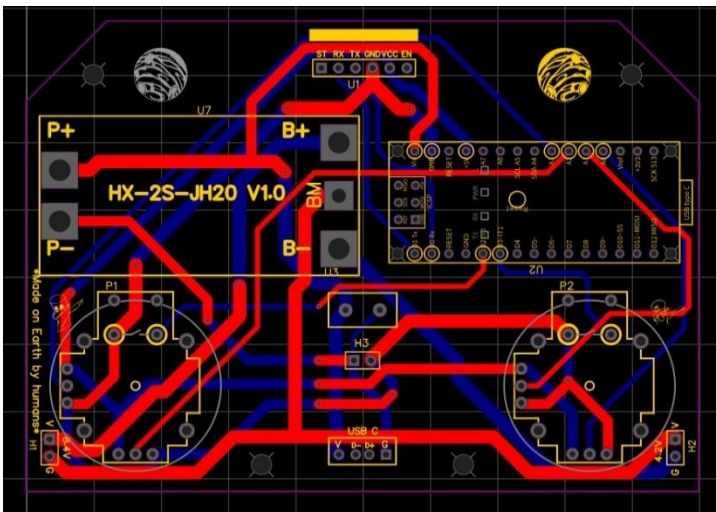


Рис. 28

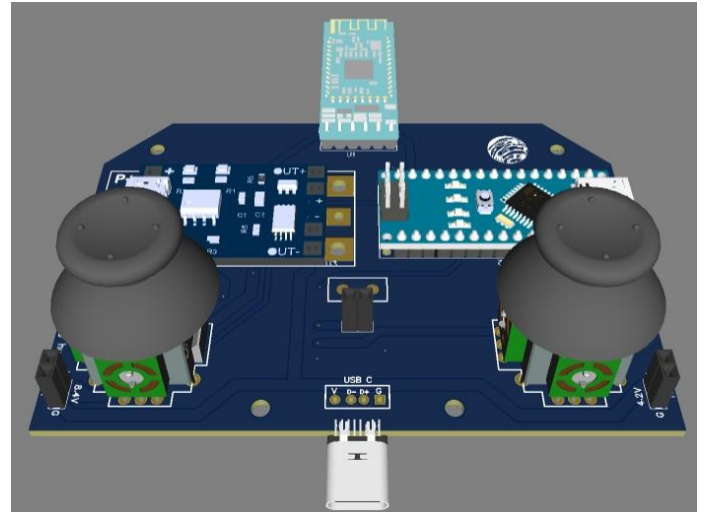
Для платы управления тоже была составлена схема (рис. 29) соединений, а потом разведена плата (рис. 30). Выглядеть плата джойстика будет примерно так. (рис. 31). На данный момент плата джойстика еще не распаяна, а управление осуществляется с помощью джойстика, собранного на макетной плате (рис. 32).



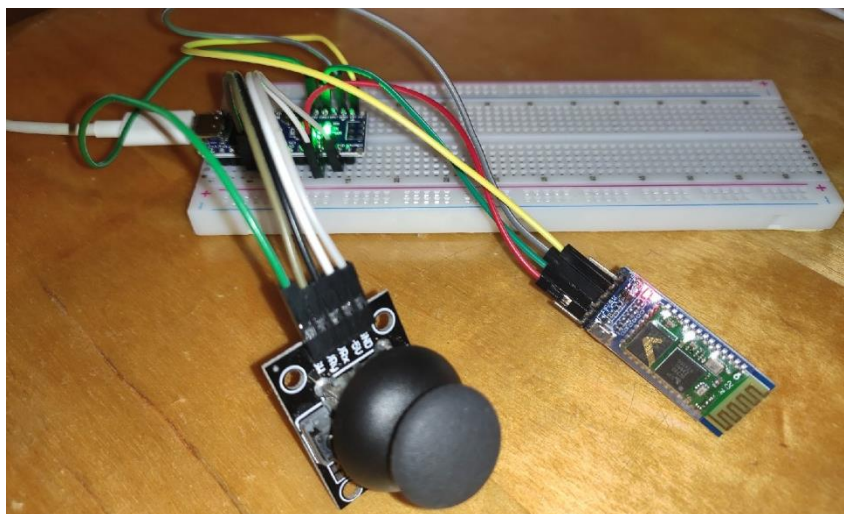
Puc. 29



Puc. 30



Puc. 31



Puc. 32

3. Программа управления ровером

Для управления ровером было написано две программы. Одна из них предназначена для джойстика – отправитель, вторая для самого ровера – получатель. Джойстик передает информацию об отклонении в определенную сторону на Arduino nano, которая преобразует эту информацию в направление и скорость совершения действия. Программа на отправителе определяет одно из восьми направлений движения (рис. 33): вперед, назад, поворот вправо «танком», влево «танком», вперед-вправо, вперед-влево, назад-вправо, назад-влево – а то, насколько сильно джойстик отведен в соответствующую сторону,

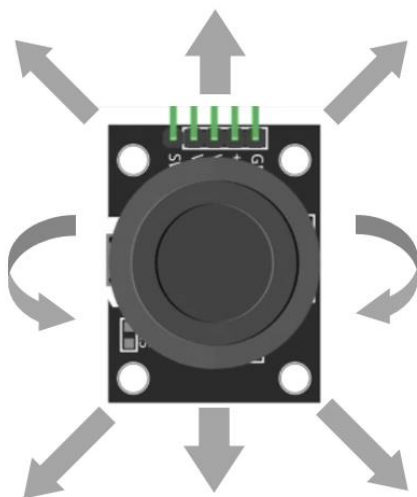


Рис. 32

преобразуется в интенсивность поворота. Программа получатель принимает символы, которые несут за собой определенные команды, и изменяет направление, скорость моторов, благодаря ШИМ.

Заключение

В заключение можно сказать, что поставленные цели были выполнены. Был спроектирован и собран рабочий ровер, управляемый с джойстика. Таким образом в работе было сделано следующее:

- Была изучена теория по роверам
- Выбраны датчики для установки
- Спроектированы все детали ровера и его конечная модель
- Были напечатаны или вырезаны все части робота
- Был полностью собран ровер
- Электроника настроена на работу

Фотографии собранного ровера можно посмотреть в приложении №1.

В дальнейшем планируется проект развивать дальше, есть уже идеи, как его можно усовершенствовать:

- Доделать джойстик, сделать для него корпус
- Установить датчики и сделать вывод данных на джойстик
- Укрепить все соединительные части робота
- Установить подвижный лидар для сканирования окружающих объектов и получения карты местности

Список литературы и интернет ресурсов

- 1) Hackaday Platform: [Электронный ресурс]. URL: <https://hackaday.io/project/158208/gallery#49d1e23bb708a2bb2666ebb58de97c05>
- 2) Onliner.by: [Электронный ресурс]. URL: <https://tech.onliner.by/2019/10/31/kak-sdelat-marsohod>
- 3) Kostin: [Электронный ресурс]. URL: <https://kostin.by/2018/01/21/marsohod-v-domashnih-uslovijah-korpus-i-mehanika/>
- 4) «Политринг»: [Электронный ресурс]. URL: <https://politring.com/country/16368-belorus-sozdat-kopiyu-marsohoda-nasa-curiosity.html>
- 5) Wikipedia: [Электронный ресурс]. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Rocker-bogie>
- 6) Cyberleninka (электронная библиотека): [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-podvizhnosti-marsohodov-dlya-razrabotki-sistem-peredvizheniya-i-algoritmov-upravleniya-planetohodami-novogo-pokoleniya/viewer>
- 7) Adafruit: [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.adafruit.com/2015/02/19/rc-mars-rover-3dprinting/>
- 8) MakerBot thingiverse: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.thingiverse.com/>
- 9) Easyeda: [Электронный ресурс]. URL: <https://easyeda.com/>
- 10) «Habr»: [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/259847/>
- 11) Avtowikia: [Электронный ресурс]. URL: <https://avtowikia.ru/wiki/Rocker-bogie>
- 12) 7lestnic: [Электронный ресурс]. URL: <https://7lestnic.com/bez-rubriki/vse-uzlyrezultat-klasterizaciibarometr-svoimi-rukami.html>
- 13) «Яндекс Дзен»: [Электронный ресурс]. URL: <https://zen.yandex.ru/media/id/5d0992b0a0412200b1332b91/datchiki-davleniia-arduino-bmp280-bmp180-bme280-5f2c1a5be8756b075d665811>

Приложение №1

