

ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

Комитет по образованию

Государственное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Президентский физико-математический лицей №239»

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ

Технология. Профиль “Робототехника”

Проект

Робот для преодоления загромождённой среды

Выполнил: Капустяник Андрей Геннадьевич,
учащийся 9 класса ГБОУ СОШ №376,

ОДОД ГБОУ «Президентский ФМЛ №239»

Руководители: Мерзлякова Юлия Игоревна,

Казанцева Ольга Юрьевна,

педагоги дополнительного образования

ГБОУ «Президентский ФМЛ №239»

Санкт-Петербург 2023

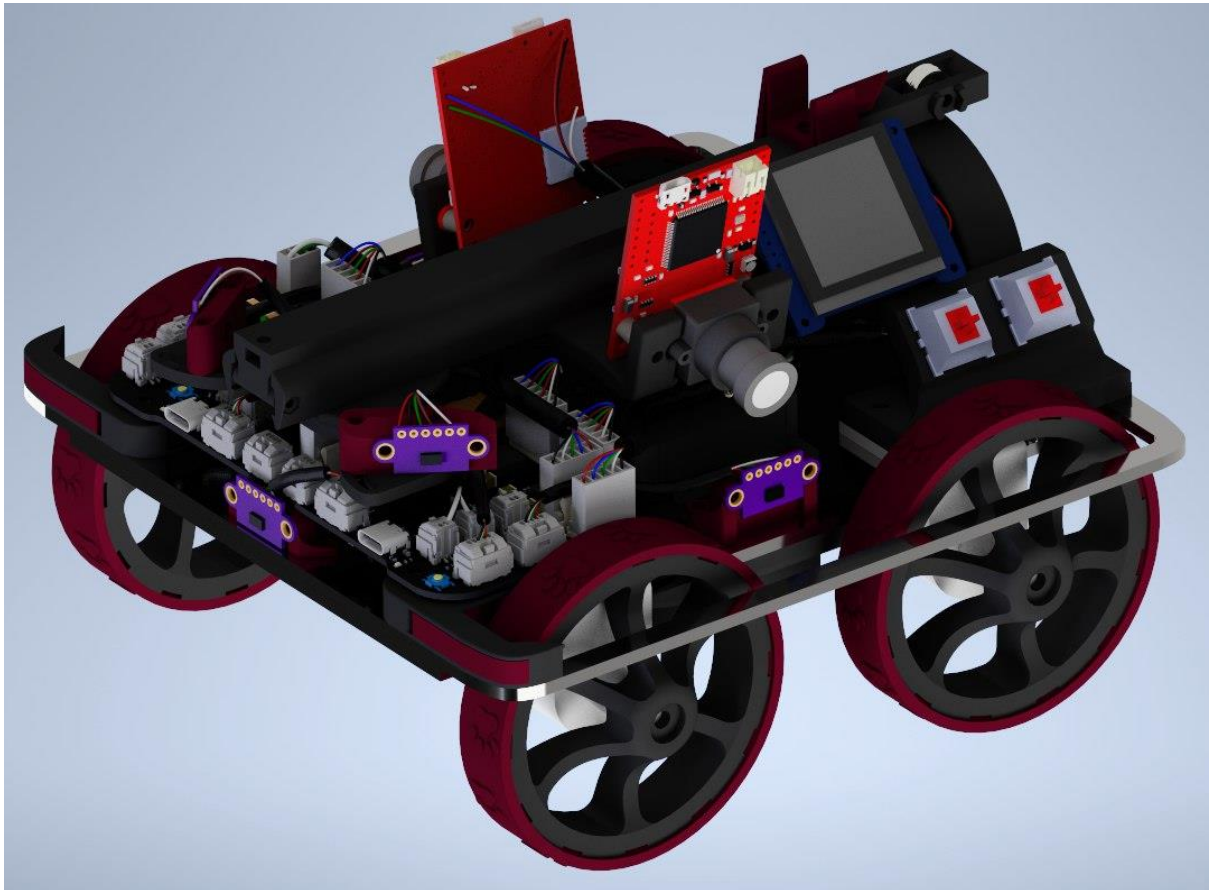


Рисунок 1 – 3D-модель робота

СОДЕРЖАНИЕ

1. ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.1. Актуальность	5
1.2. Цель и задачи.....	5
2. ПРЕДПРОЕКТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ	6
2.1. Аналогии и прототипы	7
2.2. Идея и концепция робота. Структурная схема	9
2.3. Техническое задание.....	11
3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТА.....	12
3.1 Разработка конструкции робота	12
3.1.1 Обоснование выбора САПР	12
3.1.2. 3D-моделирование конструкции робота. Чертежи деталей рамы ...	12
3.1.3. Решения и механизмы воплощённые в конструкции	15
3.1.4. Обоснование выбранных материалов.....	16
3.2. Разработка печатной платы.....	16
3.2.1 Расчёт мощности и подбор электронных компонентов.....	16
3.2.2 Обоснование выбора САПР	17
3.2.3 Создание принципиальной схемы платы	18
3.2.4 Компоновка и трассировка печатной платы	24
3.2.5 Выбор технологии изготовления. Подготовка документации для заказа печатных плат на производстве	25
3.2.6 Создание сборочного чертежа	26
3.3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	28
3.3.1. Алгоритм. Блок схема	28
3.3.2. Обоснование выбора интегрированной среды разработки	30
3.3.3. Реализация алгоритма в программном коде	30
3.3.4. Описание подпрограмм и их значения	30
4. СОЗДАНИЕ, ОТЛАДКА РОБОТА И МОДИФИКАЦИИ РОБОТА	31
4.1. Изготовление деталей.....	31
4.2. Монтаж компонентов на плату.....	31
4.3. Сборка реального робота	32
4.4. Отладка робота	32

4.5. Модификации и исправления робота.....	32
5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	33
5.1 Результат	33
5.2. Выводы и самооценка.....	33
6. Информационные источники.....	34

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1. Актуальность

Робот, находящий и спасающий людей в труднодоступных местах завалов является актуальной задачей в современной робототехнике. Роботы-спасатели крайне востребованы поскольку не всегда есть возможность добраться и вызволить из завалов пострадавших, а компактный робот, который сможет автономно найти пострадавшего и выдать нуждающемуся в помощи спасательный набор будет большим бонусом в спасательной операции и возможно сможет спасти множество жизней. Крупные компании уже создают роботов, подходящих для данных задач, но большинство проектов находятся на стадии разработки или бета-тестировании. В настоящее время направление роботов-спасателей активно развивается, что делает мой проект актуальным и интересным для разработки.

Вместе с тем в настоящее время существуют соревнования RoboCup, которые представляются в виде проекта продвижения робототехники среди школьников и студентов. Они позволяют учащимся присоединиться работе над решением актуальных проблем и задач, в том числе и экстремальной робототехники. Задача RoboCup Rescue Maze является прохождением лабиринта, который служит для имитации разрушенного здания или иной конструкции с труднопреодолеваемыми препятствиями и наличием визуально отмеченных жертв, нуждающихся в определённом количестве спасательных наборов. На полигоне располагаются множество преград в виде лежащих полицейских, насыпи, горки, предметов и визуальных усложнений, представленных чёрной или синей клеткой лабиринта. На стенках полигона нанесены буквенные и цветовые знаки, обозначающие местоположение пострадавших, к которым нужно доставить спасательные наборы в определённом количестве.

Я участвую в соревнованиях RoboCup Rescue Maze, поэтому мой проект посвящён теме спасательных роботов и актуален для меня.

1.2. Цель и задачи

Целью проекта стало создание робота, для прохождения лабиринта с препятствиями и нахождения в нём обозначенных пострадавших и выдача им спасательных наборов. Робот должен соответствовать требованиям регламента соревнований RoboCup Rescue Maze.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- На основе аналогов и прототипов представить концепцию робота.
- Сформулировать техническое задание (ТЗ) для разработки робота.

- Создать подробную 3D-модель компактного робота, с жёсткой рамой, системой выдачи спасательных наборов, с возможностью сброса в обе стороны.
- Спроектировать в САПР материнскую плату и создать печатную плату для робота.
- Изготовить детали, выполнить монтаж компонентов и электроники на плату и собрать робота.
- Разработать алгоритм, написать программу и отладить её работу на роботе.
- Проверить работоспособность робота и внести необходимые исправления при обнаружении недочётов.

2. ПРЕДПРОЕКТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Информацию для разработки была взята из регламента соревнований Robocup Rescue Maze, сравнивал и анализировал аналогичные конструкции других участников моей номинации, консультировался с педагогами и выбирал лучшие варианты решения поставленных задач. В проекте был использован опыт более опытных участников соревнований и учтены все ошибки, удачные решения и наиболее корректные технологии изготовления деталей при создании робота.

На основе личного опыта участия в номинации Rescue Maze было выделено несколько основных критериев при для разработки робота в них вошли:

- Стабильность робота.
- Прочность конструкции.
- Низкий центр тяжести.
- Высокий клиренс (более 20мм).
- Защитная рама по всему периметру робота.

Этими характеристиками обладали прототипы и предыдущие аналоги этого робота, которые положительно сказались на прохождении полигона роботом. К сожалению прошлые модели робота не смогли соответствовать всем характеристикам, поэтому было решено создать робота отвечающего всем представленным критериям с учётом неудачных решений старых моделей.

Во время отладки прототипов и предыдущих аналогов было выявлено множество недостатков, а именно:

- Большие габариты робота, ограничивающее манёвренность и усложняющие объезд высокого препятствия. По регламенту минимальное расстояние от стенки до

высокого препятствия составляло 200мм. Решение данной проблемы требовало уменьшить габариты и установить концевые переключатели, для определения препятствия и возможности его объезда.

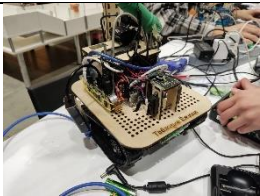
- Высокий центр тяжести, вследствие чего робот переворачивался на горках из-за чего полностью пропадала стабильность робота.
- Низкий дорожный просвет. При проезде через клетку с лежащим полицейским либо развороте на нём робот застревал на препятствии и не мог продолжать движение самостоятельно.

2.1. Аналоги и прототипы

Важной частью при разработке проекта является сравнение и анализ аналогов и прототипов. Анализируя ошибки и удачные решения у других роботов проще конкретизировать требования к роботу и максимально уменьшить количество ошибок, учась на опыте других команд. Информация о других командах их роботах находится в свободном доступе в интернете.

Наиболее яркими аналогами для сравнения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Аналоги и прототипы

Робот	Описание робота	Выводы
 <p>Таежные ёжики</p> <p>Аналог</p>	<p>Управляет роботом Raspberry pi, сама конструкция собрана из набора с использованием вырезанной на станке фанеры.</p> <p>На роботе установлены камеры, с помощью которых можно распознавать все нужные метки.</p>	<p>Использование микрокомпьютера смелое и практичное решение при стабильной работе конструкции, но требует детальной отладки.</p> <p>Гусеницы обеспечивают большую свободу движения, но не практичны из-за застревающего в них препятствия мусора. Камеры - хорошее и практичное решение.</p>

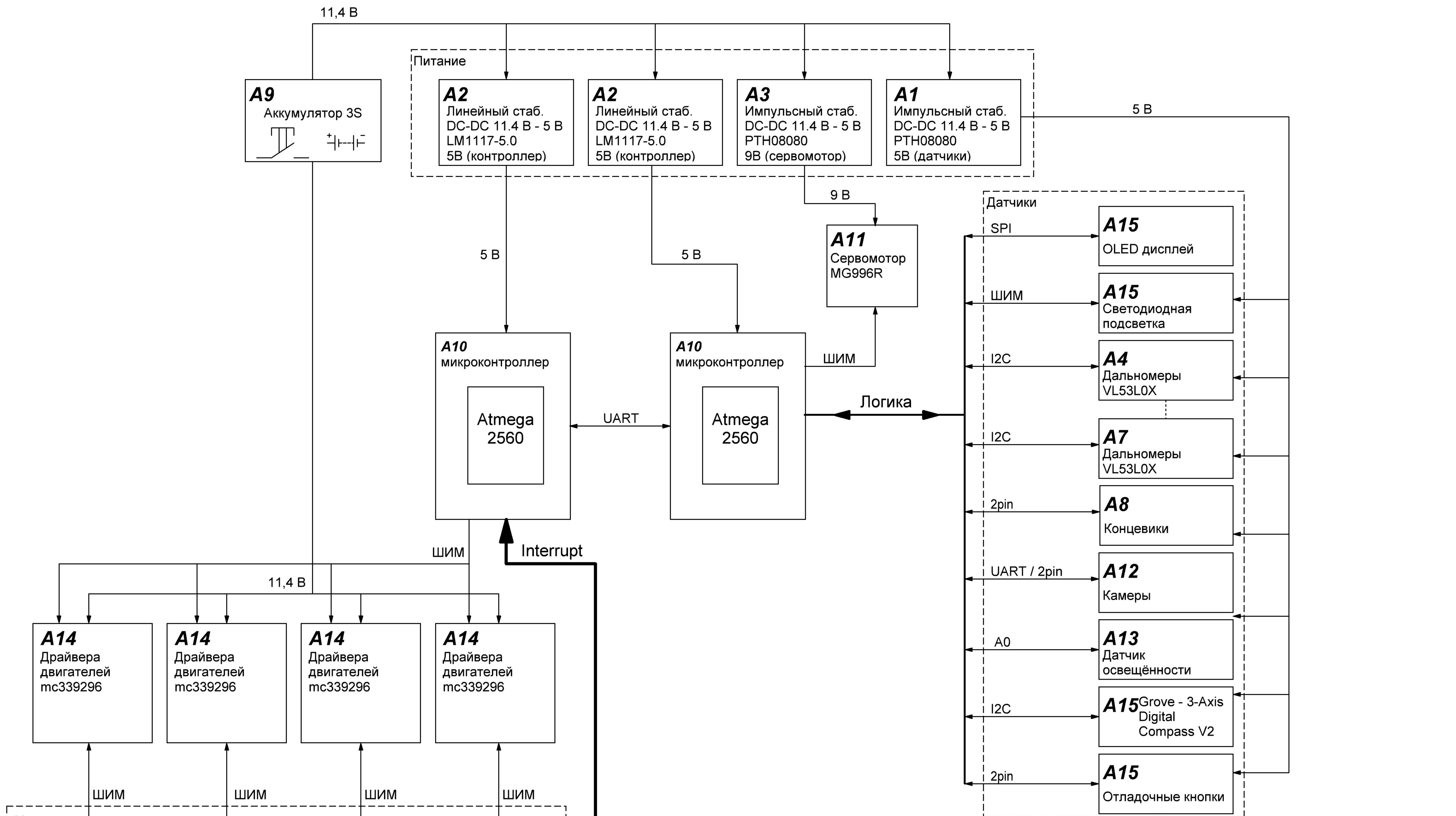
 <p>СН</p> <p>Прототип</p>	<p>Конструкция имеет шаговые двигатели и плату Arduino Мега, управляющую роботом</p>	<p>Шаговые двигатели стали сомнительным решением из-за нередкого проскальзывания на них шагов и прокручивания моторов. Atmega2560 не требует навыков программирования повышенной сложности.</p>
 <p>СН Прототип</p>	<p>Робот, построенный на легио с использованием датчиков от компании mindsensors</p>	<p>Крайне стабильный робот, но из-за ограниченного количества портов EV3 потенциал конструкции не раскрыт по максимуму.</p>
 <p>МК</p> <p>Аналог</p>	<p>Основным управляющим микроконтроллером стал STM32, для определения меток установлены камеры и датчики тепла. На роботе поставлены концевые переключатели для объезда препятствий. Для этого робота были изготовлены печатные платы.</p>	<p>STM32 - мощный и быстрый контроллер с множеством возможностей, но более сложное программирование. Собственные печатные платы расширяют возможности и варианты размещения и компоновки электроники.</p>

2.2. Идея и концепция робота. Структурная схема

Ходовая часть конструкции робота будет сделана на четырех моторах с энкодерами и колёсах, соответствующе поставленных на каждый мотор. На основной раме нужно поставить крепления под датчики, систему крепления аккумулятора и систему выдачи спасательных наборов. Система выдачи будет сделана на пружине в пользу её долговечности и надёжности.

В электронике робота используются лазерные датчики расстояния, датчик отражённого света и две камеры Open MV. Вся периферия и моторы подключены к материнской плате робота, которая принимает входящие сигналы с датчиков и управляет роботом. На материнской плате робота поставлено два микроконтроллера для распределения между ними задач и ускорения обработки данных. Полная структурная схема представлена на рисунке 2, на ней в соответствии со схемой подключены все функциональные части электроники робота.

Рисунок 2 - структурная схема



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.										
Проверил										
Т.контр.								Лист 2	Листов	
Н.контр.										
Утв.										

Копировал

Формат

2.3. Техническое задание

Для реализации данного проекта нужно соблюдать чёткие критерии при создании робота и выбора материалов деталей.

Для создания робота требуется:

1. Робот должен соответствовать правилам регламента соревнований Robocup Rescue Maze.
2. Использование жёсткой рамы из прочного материала.
3. Рамка крепления аккумулятора должна быть сделана из износостойкого материала.
4. Робот должен иметь возможность поворота внутри клетки 300×300 и вписываться в её габариты.
5. Шины должны быть выполнены из полиуретана.
6. Дорожный просвет должен составлять не менее 2 сантиметров.
7. В Аккумуляторе должны быть использованы высокоточные аккумуляторы 18650.
8. Аккумулятор робота должен быть компактным с быстросъёмным креплением.
9. На каждом моторе должны быть поставлены энкодеры.
10. В качестве датчиков должны использоваться шесть лазерных датчиков расстояния, датчик отраженного света, концевые выключатели и две камеры, определяющие буквенные и цветные метки.
11. Должна быть создана собственная материнская плата, соответствующая требованиям:
 - 11.1. На плате должны располагаться разъёмы под датчики, моторы и питание платы.
 - 11.2. Должны быть размещены два микроконтроллера для распределения задач между ними и два программатора для каждого из них.
 - 11.3. Плата должна быть компактной и не мешать остальным деталям конструкции, отверстия для крепления должны соответствовать посадочным отверстиям на роботе.
12. На роботе должна быть установлена система выдачи спасательных наборов, способная выдать наборы с обеих сторон робота.
13. Для отладки на роботе должен быть установлен дисплейный модуль и отладочные кнопки.
14. Робот должен быть оснащен концевыми переключателями.

3. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТА

3.1 Разработка конструкции робота

3.1.1 Обоснование выбора САПР

Для разработки и проектирования модели робота был использован Autodesk Inventor, позволяющий сделать сборку и спроектировать все нужные для модели детали робота. Inventor удобен в проектировании и имеет множество инструментов для 3D-моделирования, с его помощью были проложены провода внутри модели робота для понимания их положений и крепления проводов на роботе.

3.1.2. 3D-моделирование конструкции робота. Чертежи деталей рамы

3D-модель робота смоделирована вокруг двух металлических пластин толщиной 3мм каждая, представляющих собой раму робота. При помощи металлических уголков на раме были закреплены моторы. Остальные элементы сборки были закреплены винтами, проходящими через основную металлическую пластину. Чертежи вырезанных из металла пластин рамы представлены на рисунках 3 и 4.

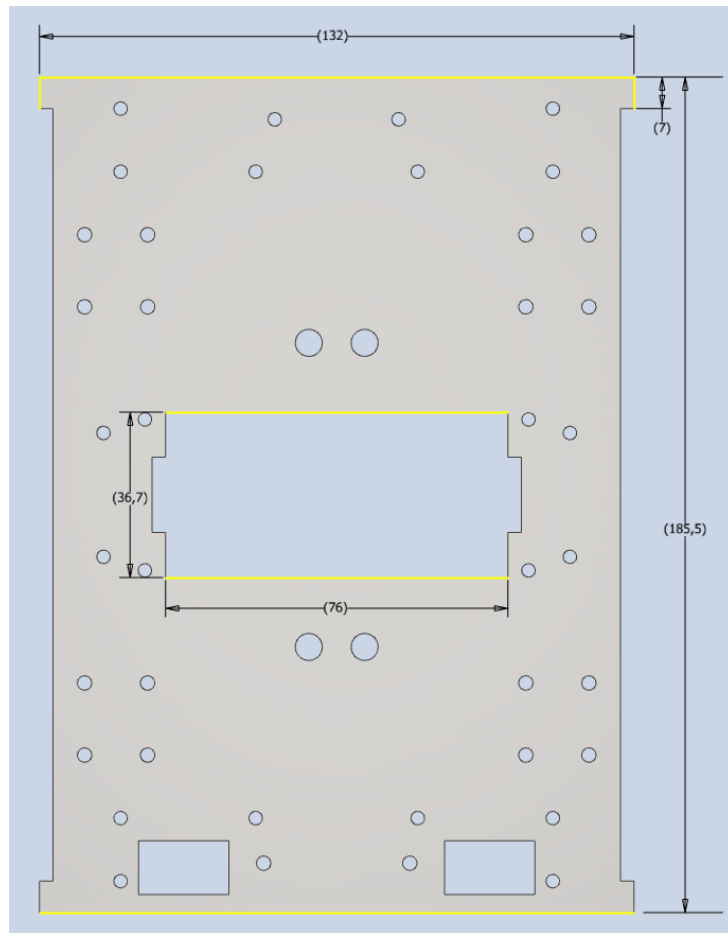


Рисунок 3 - основная рама конструкции

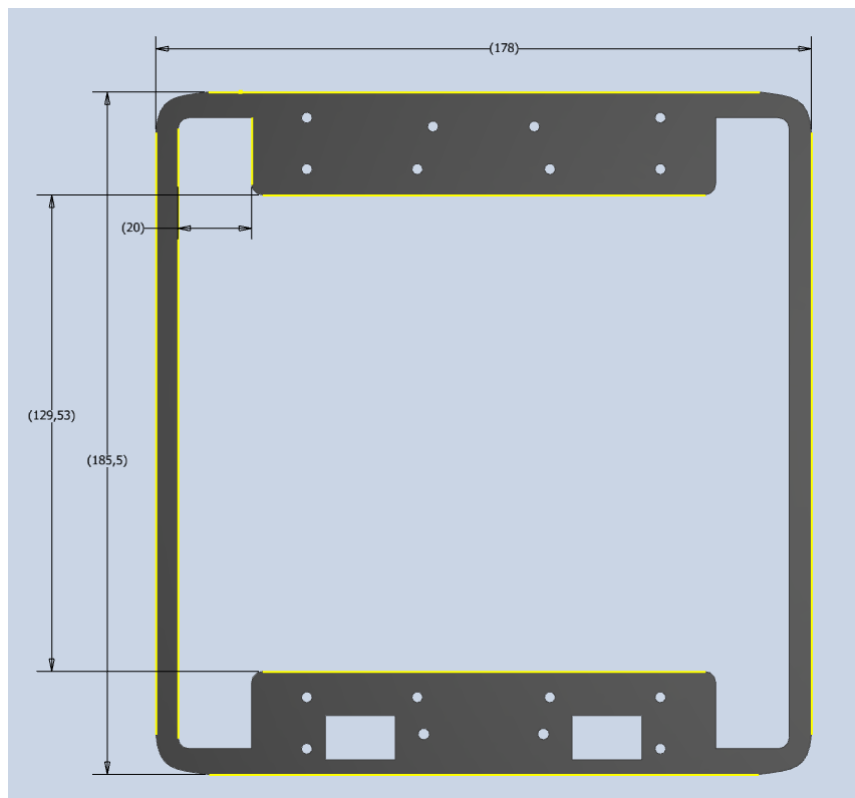


Рисунок 4 - Защитная рама

В основу системы выдачи был взят принцип зарядки скоб в степлер. Система имеет крышку, оттягивающую подпружиненным тросиком каретку и освобождающую место под наборы. Сам механизм выбрасывания спасательных наборов, представленный на рисунке 5 исполнен в виде треугольника с упорами, представленного на рисунке 6 сталкивающимися набор на нужную горку.

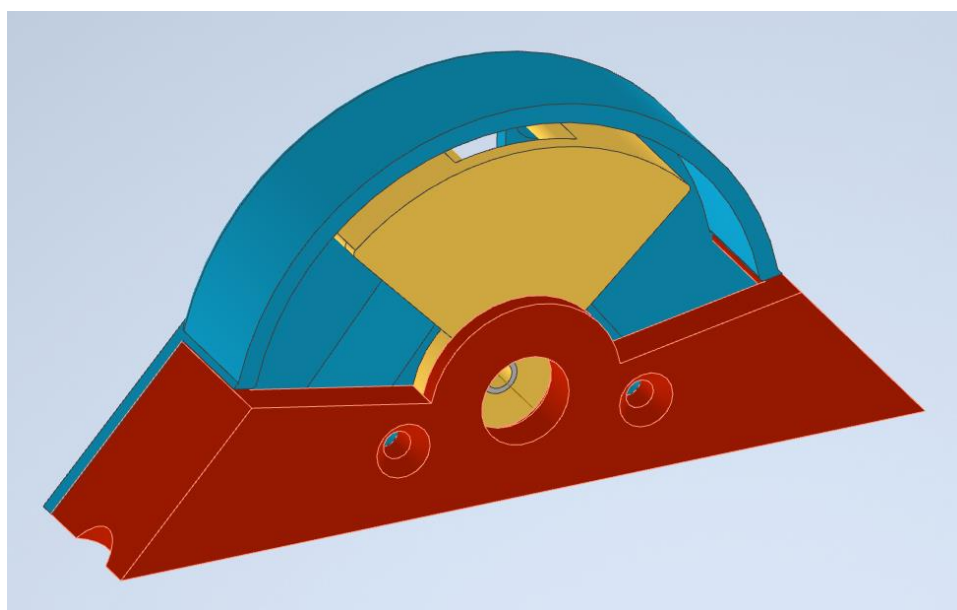


Рисунок 5 - механизм выдачи

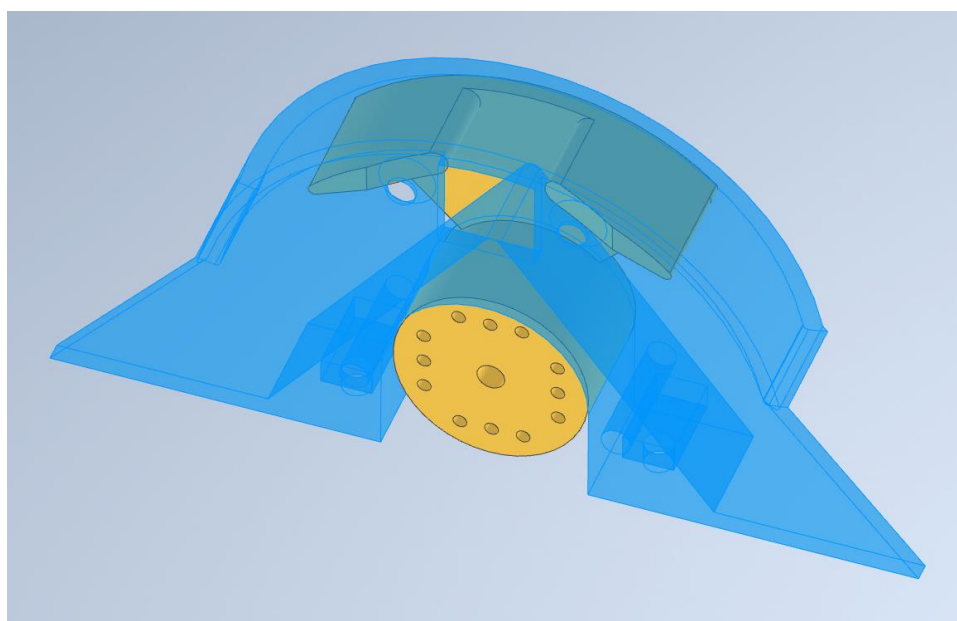


Рисунок 6 - сталкивающий диск выдачи

Не менее интересной является система быстросъёмного аккумулятора, показанная на рисунке 7. Для закрепления аккумулятора внутри робота на нём присутствуют две защёлки, выгибающиеся и зацепляющиеся за металлическую рамку системы крепления.

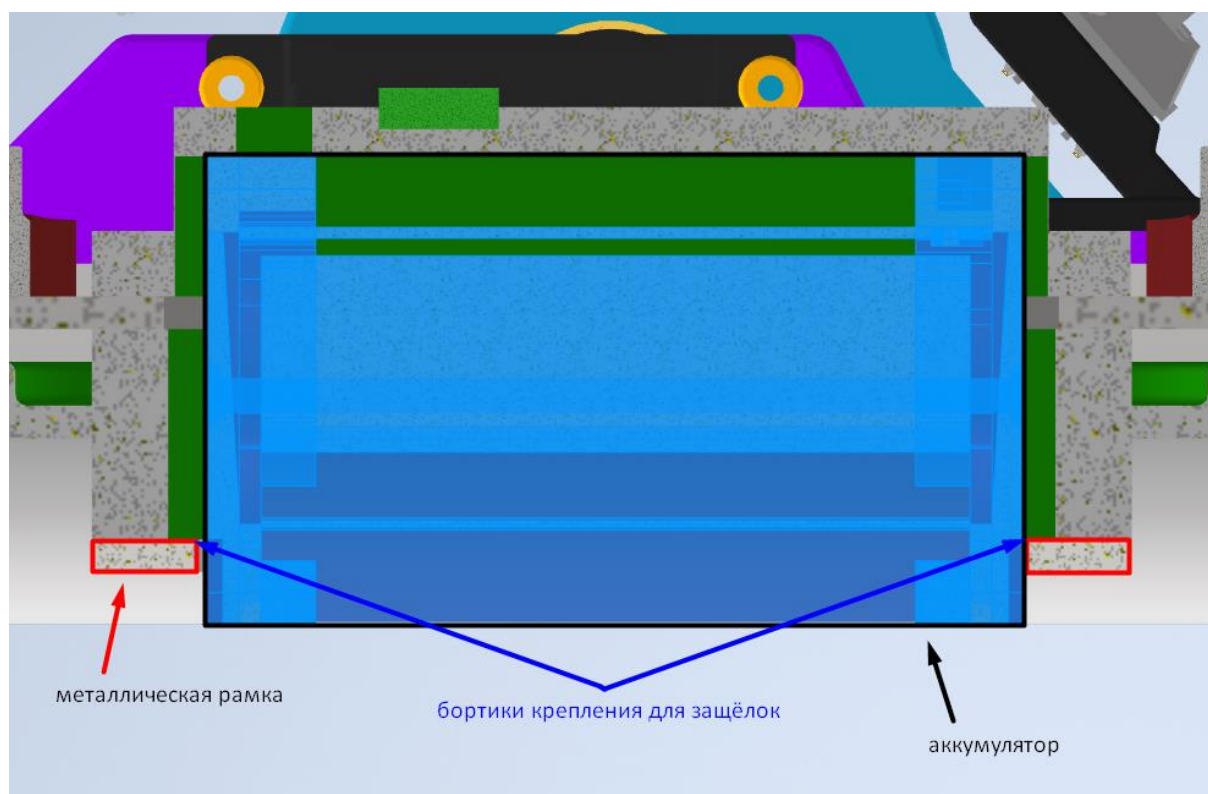


Рисунок 7 - система быстросъёмного аккумулятора

Для изготовления шин был использован коэффициент Пуассона, материалом шин был выбран полиуретан, коэффициент которого составляет 0.496. По формуле $\mu = -\frac{\Delta d}{d} \times \frac{l}{\Delta l}$ (где l – длина и d - поперечный размер образца до деформации) были рассчитаны размеры будущих шин в состоянии покоя.

3.1.3. Решения и механизмы воплощённые в конструкции

При проектировании модели робота была разработана система выдачи, частично напоминающая работу канцелярского степлера. Данное решение значительно ускоряет и упрощает загрузку спасательных в робота. Для надёжности и стабильности работы была использована металлическая пружина. По сравнению с резинками и падающими под силой тяжести пружина гораздо устойчивее к износу и даёт возможность не зависеть выдаче спасательных наборов от внешней среды.

Система быстрой замены аккумулятора стала отличительным решением от большинства аналогов и прототипов. Данная система позволяет быстро заменять аккумулятор, что в критических ситуациях бывает крайне важно и даёт большое преимущество по сравнению с другими конструкциями. В системе быстросъёмного

крепления аккумулятора была поставлена металлическая пластина, благодаря которой система удобна и устойчива к износу.

В данных конструктивных решениях было создано множество вариантов, из которых были выбраны самые лучшие и практичные для решения данной задачи. В системе выдачи поставлена пружина, обеспечивающая надёжность и стабильность работы, по сравнению с резинками.

3.1.4. Обоснование выбранных материалов

Опыт предыдущих моделей показал что жёсткая рама важный элемент конструкции, позволяющий надёжно закрепить остальные элементы конструкции. Поскольку рама робота является несущей конструкцией, для робота было решено заказать вырезку металлической пластины. Немаловажным стала возможность исправления и корректировки детали в случае незначительных изменений, поскольку металл по сравнению с композитными материалами проще обрабатывать в условиях лица.

Для деталей крепления датчиков и системы выдачи требовался прочный, простой в изготовлении материал, по этим критериям была выбрана печать PLA пластик. Данный материал доступен, прост в обработке и нетребователен к условиям печати. По сравнению с аналогами PLA экологичен и имеет увеличенный запас прочности.

3.2. Разработка печатной платы

Создание платы было разделено на 3 основных этапа:

- Создание контура платы, его экспортирование в Altium и выделение самой платы по контуру.
- Размещение компонентов на плате с учётом возможности дальнейшей их трассировки.
- Трассировка платы и выгрузка GERBER файлов для заказа печати платы на производстве.

3.2.1 Расчёт мощности и подбор электронных компонентов

Для выбора компонентов нужно рассчитать потребляемую мощность периферии, все расчёты представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Расчёт мощности потребляемой компонентами.

Наименование	Входное напряжение, В		Потребляемый ток, А		Потребляемая мощность, Вт		Кол-во	Сумм потребление мощности, Вт		Тип нагрузки
	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Ном.	Макс.				
Лазерный дальномер VL53L0X	3.3	5	0.01	0.02	0.033	0.1	6	0.198	0.6	активная
Камеры OpenMV H7 Plus	1.7	5	0.15	0.2	0.255	1	2	0.51	2	активная
Дисплей Waveshare 1.5 RGB	3.3	5	0.03	0.05	0.099	0.25	1	0.099	0.25	активная
Сервопривод MG 996R	5	9	0.5	0.9	2.5	8.1	1	2.5	8.1	активная
Гироскоп Grove - 3-Axis Digital Compass V2	3.3	5	0.01	0.01	0.033	0.05	1	0.033	0.05	активная
датчики холла и прочая нагрузка	3.3	5	0.01	0.05	0.033	0.25	1	0.033	0.25	активная
Суммарное потребление датчиков								0.87	3.1	
Общее потребление								3.373	11.25	

На основе вычислений из таблицы 2, было решено поставить готовый понижающий преобразователь напряжения РТН08080 для питания датчиков и отдельный преобразователь на сервопривод для снижения помех по питанию.

3.2.2 Обоснование выбора САПР

При проектировании печатной платы мной была изучена профессиональная среда разработки печатных плат - Altium Designer. Она позволяет разработать схему платы и

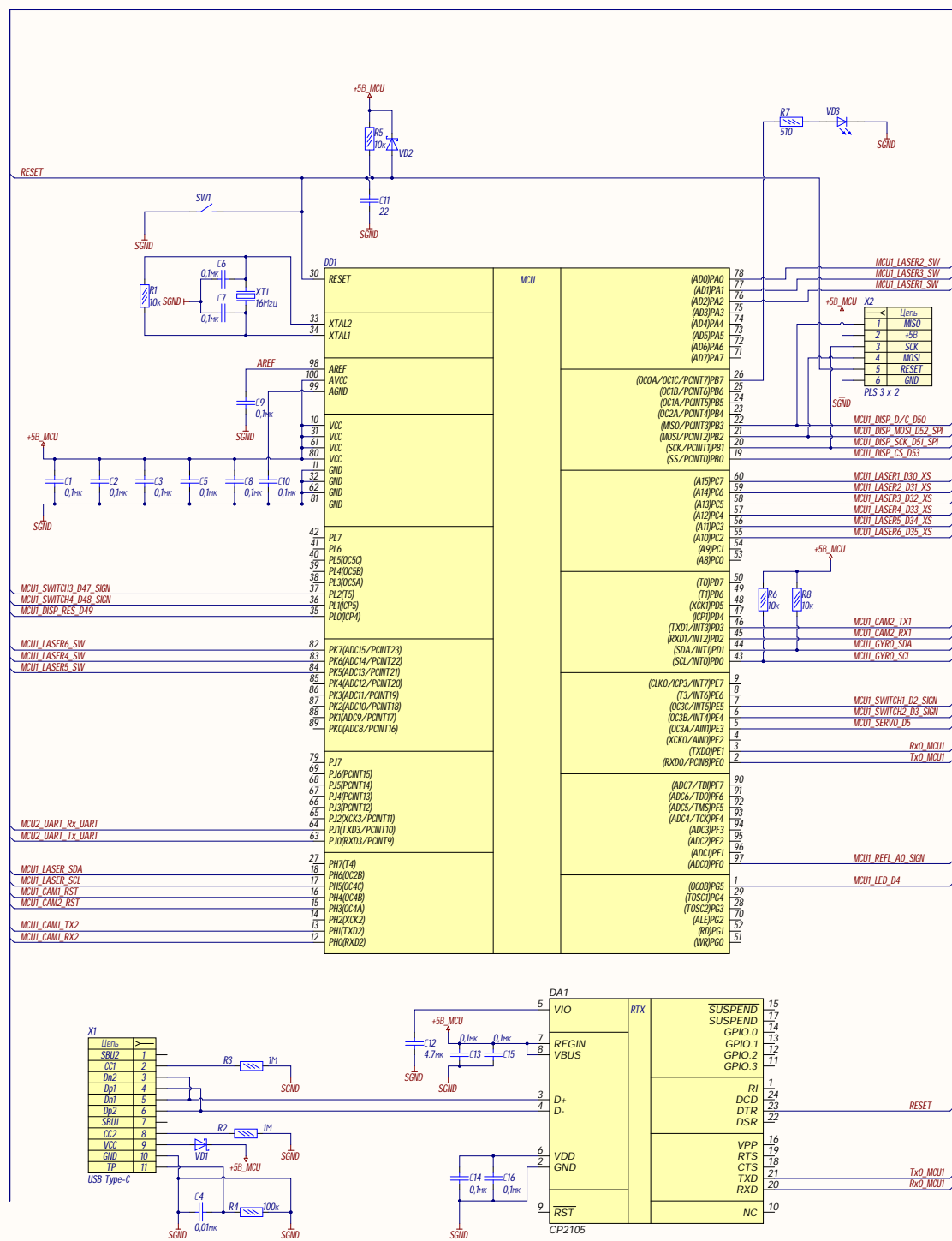
перенести её в виде компонентов на 3D-модель платы, трассировать дорожки и выгрузить готовые к печати файлы платы.

3.2.3 Создание принципиальной схемы платы

Опираясь на документацию используемых электронных компонентов и учётом их потребления была составлена схема платы, разделённая на пять основных частей.

- Микроконтроллер, отвечающий за датчики
- Микроконтроллер, отвечающий за перемещение робота
- Драйвера моторов
- Подключение разъёмов для периферии
- Стабилизаторы напряжения для питания электроники и периферии

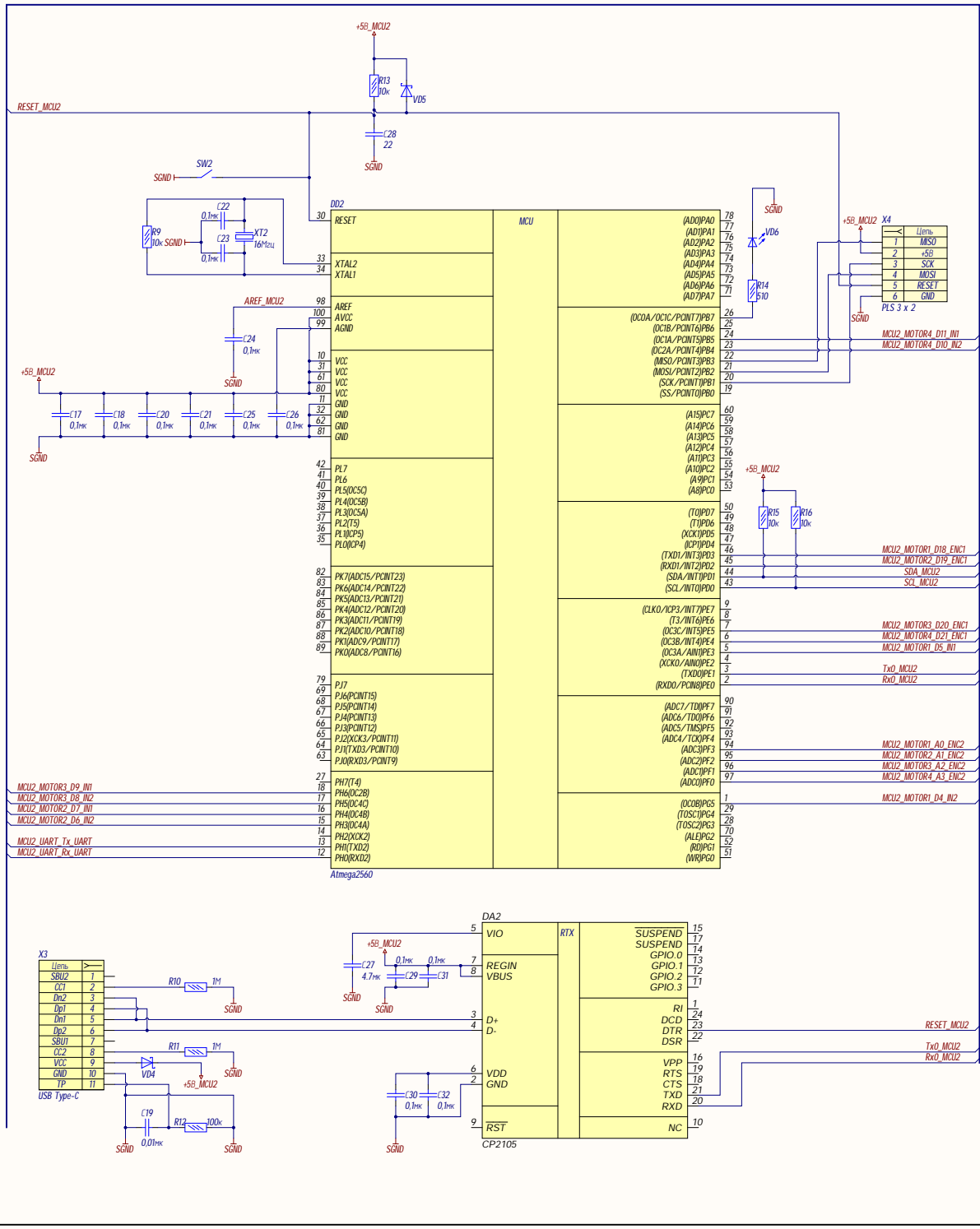
На страницах 19 – 23 представлены получившаяся принципиальная схема, разработанная для формата А1 в соответствии с ЭЗ по ЕСКД.



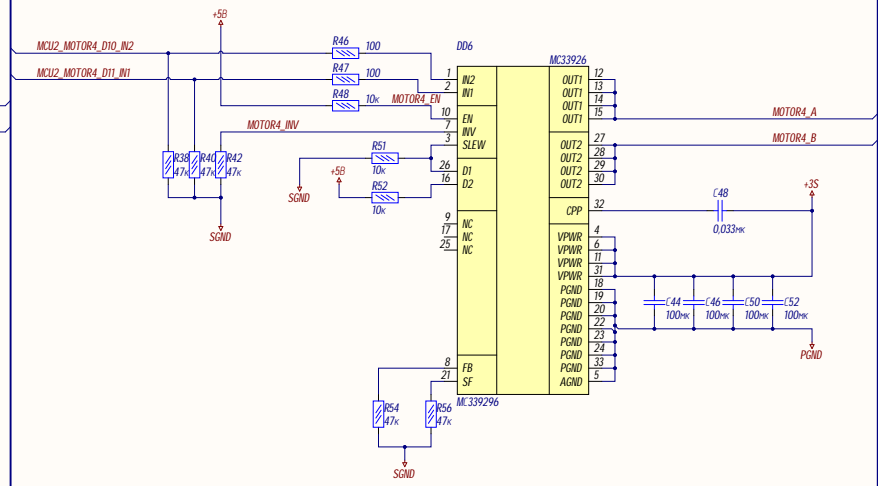
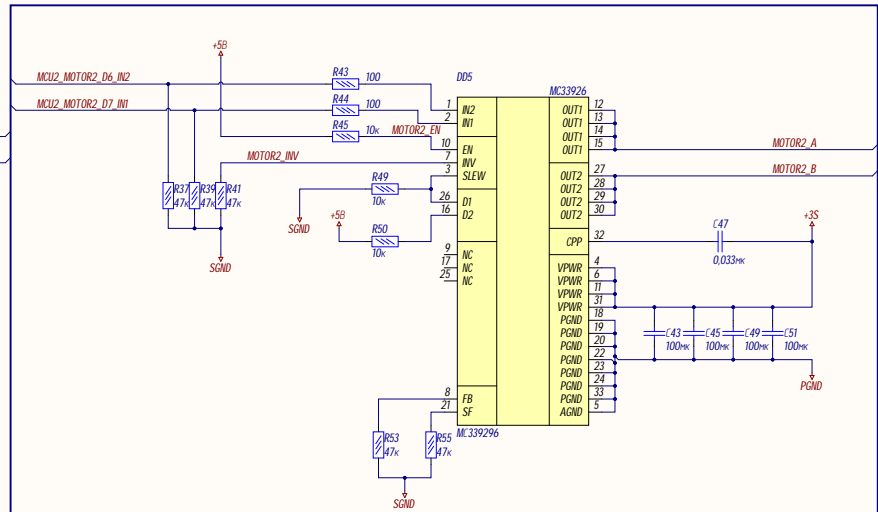
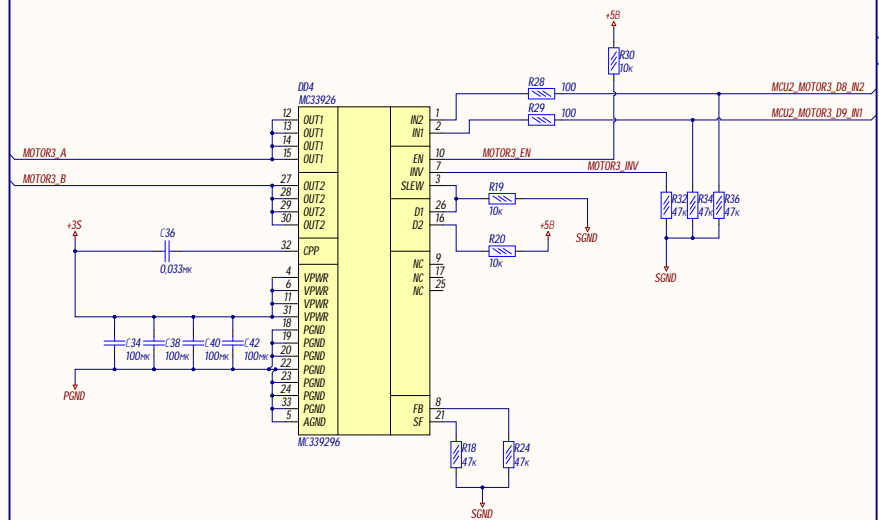
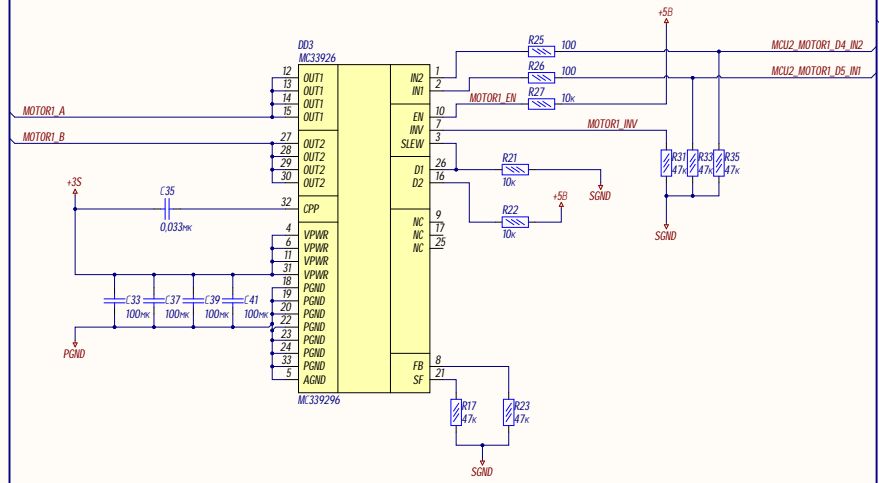
Титульный лист

Имя файла:
 Номер документа:
 Дата разработки:

Имя разработчика:
 Имя монтажника:
 Имя оператора:
 Имя владельца:

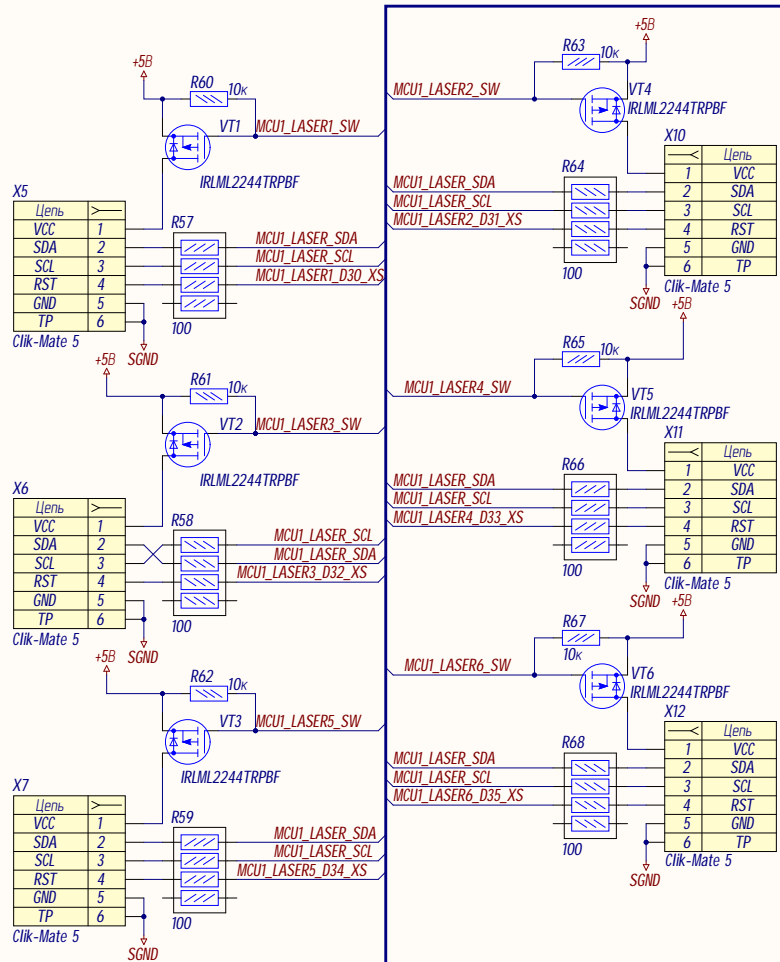


Вид	Лист	№ докум.	Попр.	Дата	Лист	Масштаб	Масштаб
Разраб.							
Провер.							
Тех. контр.					Лист 2	Листов 5	
Н. контр.							
Уте.							

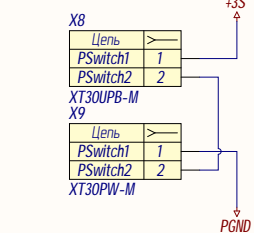


Имя файла: []
 Имя докум: []
 Имя листа: []

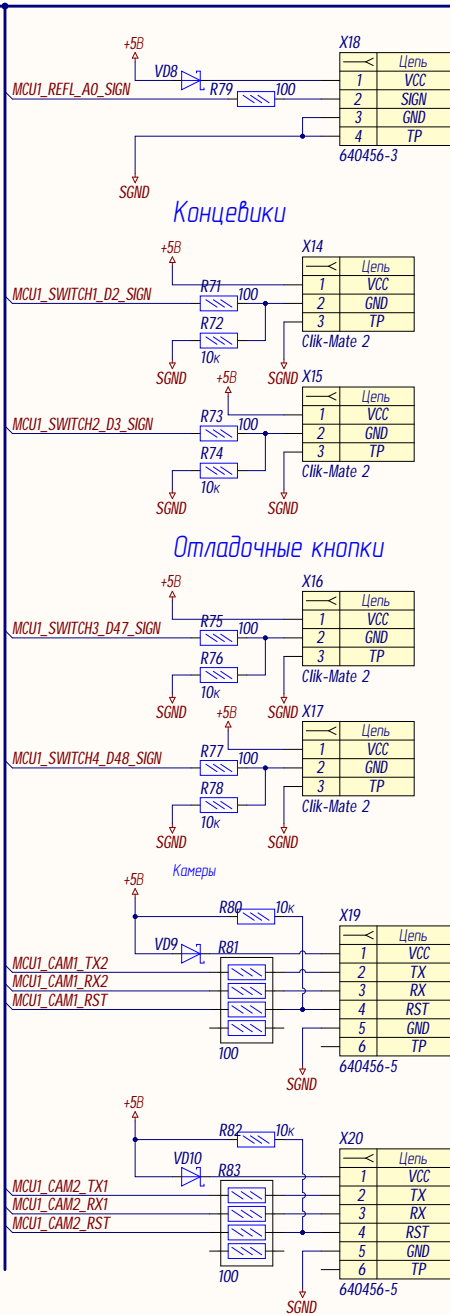
Датчики расстояния



Питание



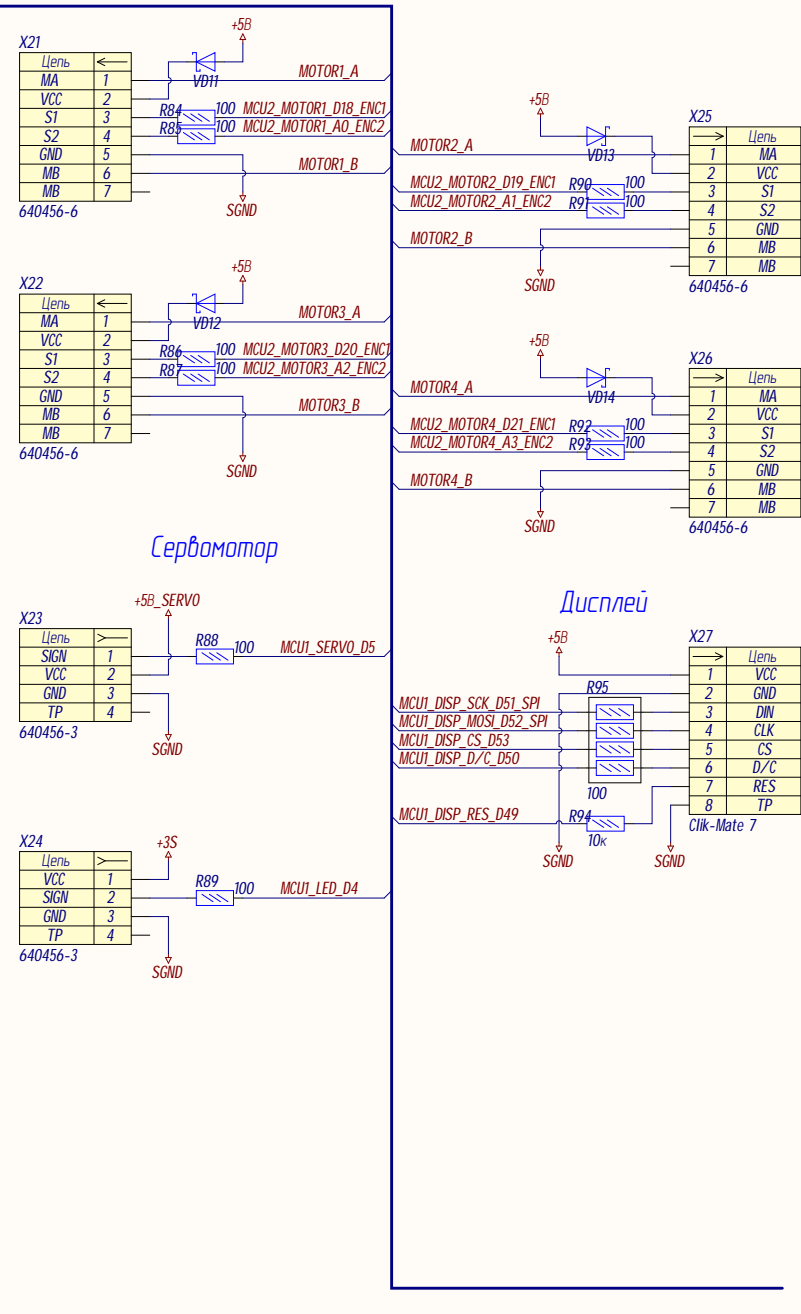
Датчик освещённости



Концевики

Отладочные кнопки

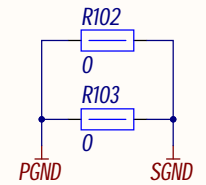
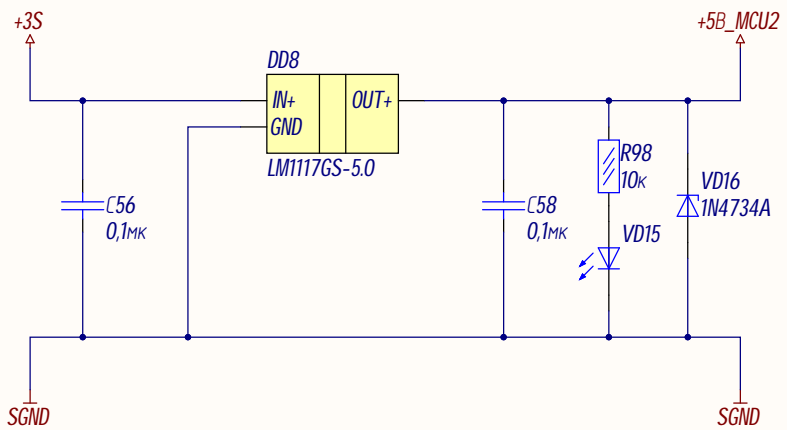
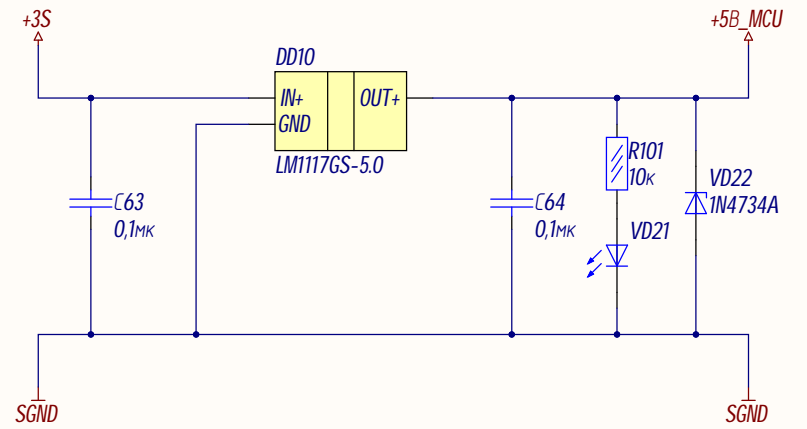
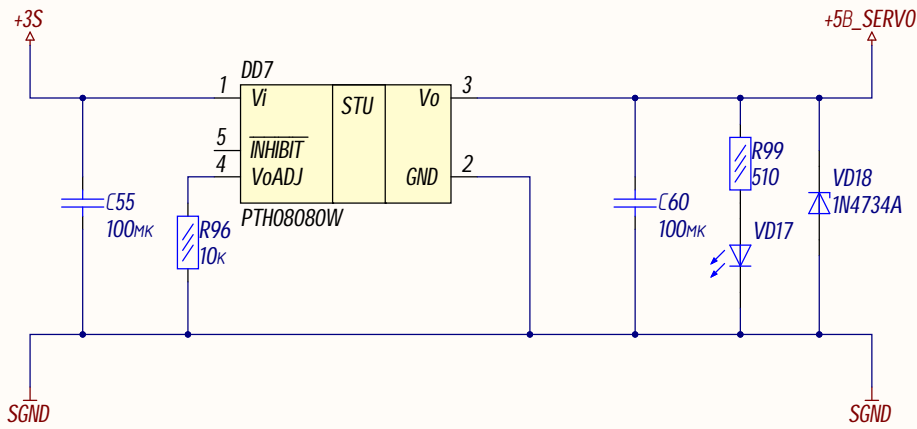
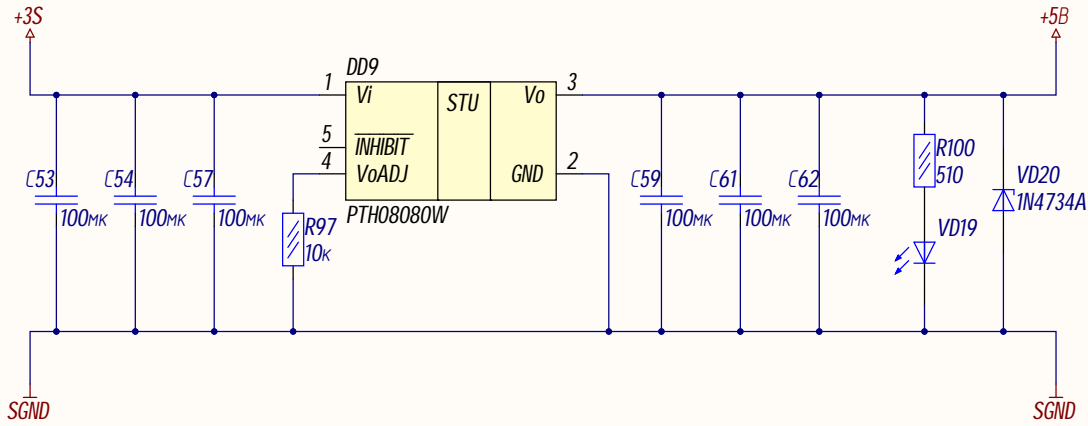
Моторы



Дисплей

Имя, № подл. Подп. и дата. Инв. № дубл. Инв. № докум. Подп. и дата.

*



Ив. № подл.
Подп. и дата
Взам. инв. №
Ив. № дубл.
Подп. и дата

3.2.4 Компоновка и трассировка печатной платы

Для создания контура платы была создана модель платы с учётом всех компонентов и их расположения, размещённую в модели, с которой в дальнейшем был экспортирован контур платы.

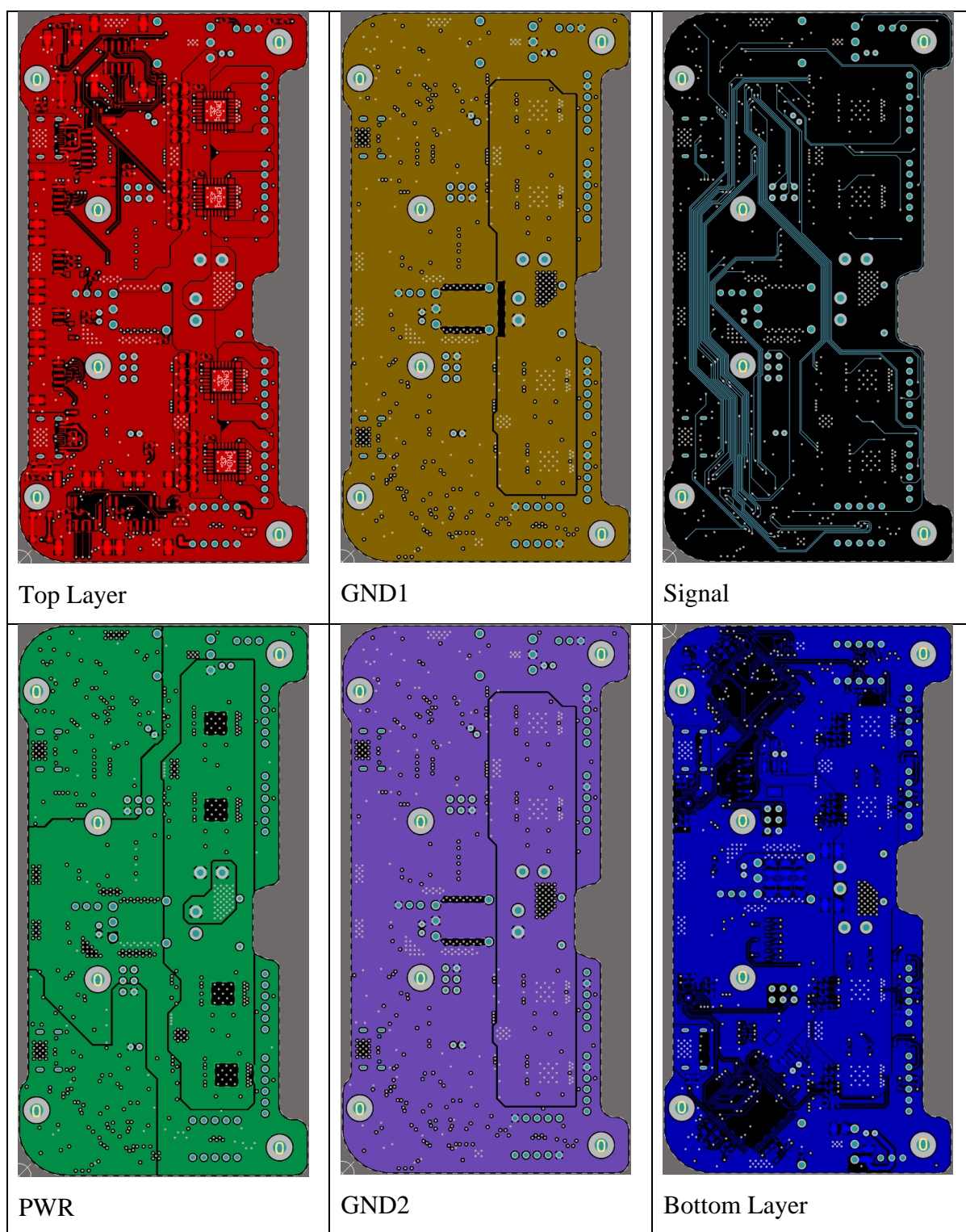
Размещённые компоненты и полигоны не должны конфликтовать между собой и разделяться на силовую и логическую части во избежание короткого замыкания или иных помех, мешающих корректной работе робота.

Плата была сделана шестислойной для упрощения трассировки слоёв, вследствие чего слои были разделены следующим образом:

1. Top Layer – Верхний слой.
2. GND1 – Разделяющий внутренний слой земли.
3. Signal – Внутренний логический слой.
4. PWR – Внутренний слой питания служащий для подключения питания к периферии.
5. GND2 – Разделяющий внутренний слой земли.
6. Bottom Layer – Нижний слой.

Для представления представлено послойное представление материнской плате в таблице 3.

Таблица 3 – послойное представление платы.



3.2.5 Выбор технологии изготовления. Подготовка документации для заказа печатных плат на производстве

Поскольку шестислойную плату невозможно изготовит в условиях лица плата была заказана на производстве. Печать платы выполнила компания ООО «Резонит», требующая для печати оформления документы для производства и прикреплённые GERBER-фалы.

Altium Designer позволяет автоматически выгружать GERBER файлы для дальнейшего производства. GERBER файлы представляют собой формат хранения печатной платы, готовой для производства. Каждый файл отвечает за определённый слой либо инструкции для обработки.

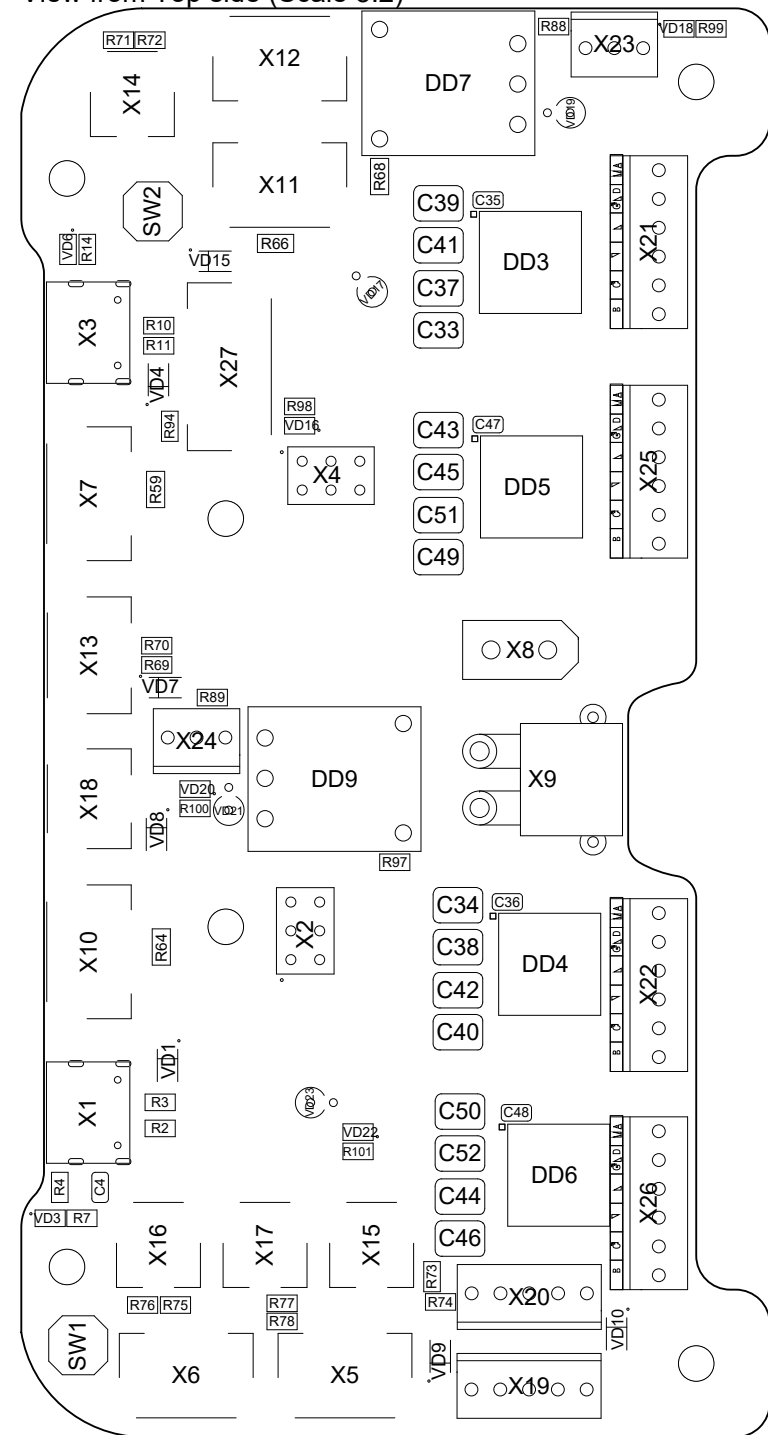
3.2.6 Создание сборочного чертежа

Для удобного монтажа компонентов на плату был создан сборочный чертеж, с перенесённой со схемы нумерацией компонентов.

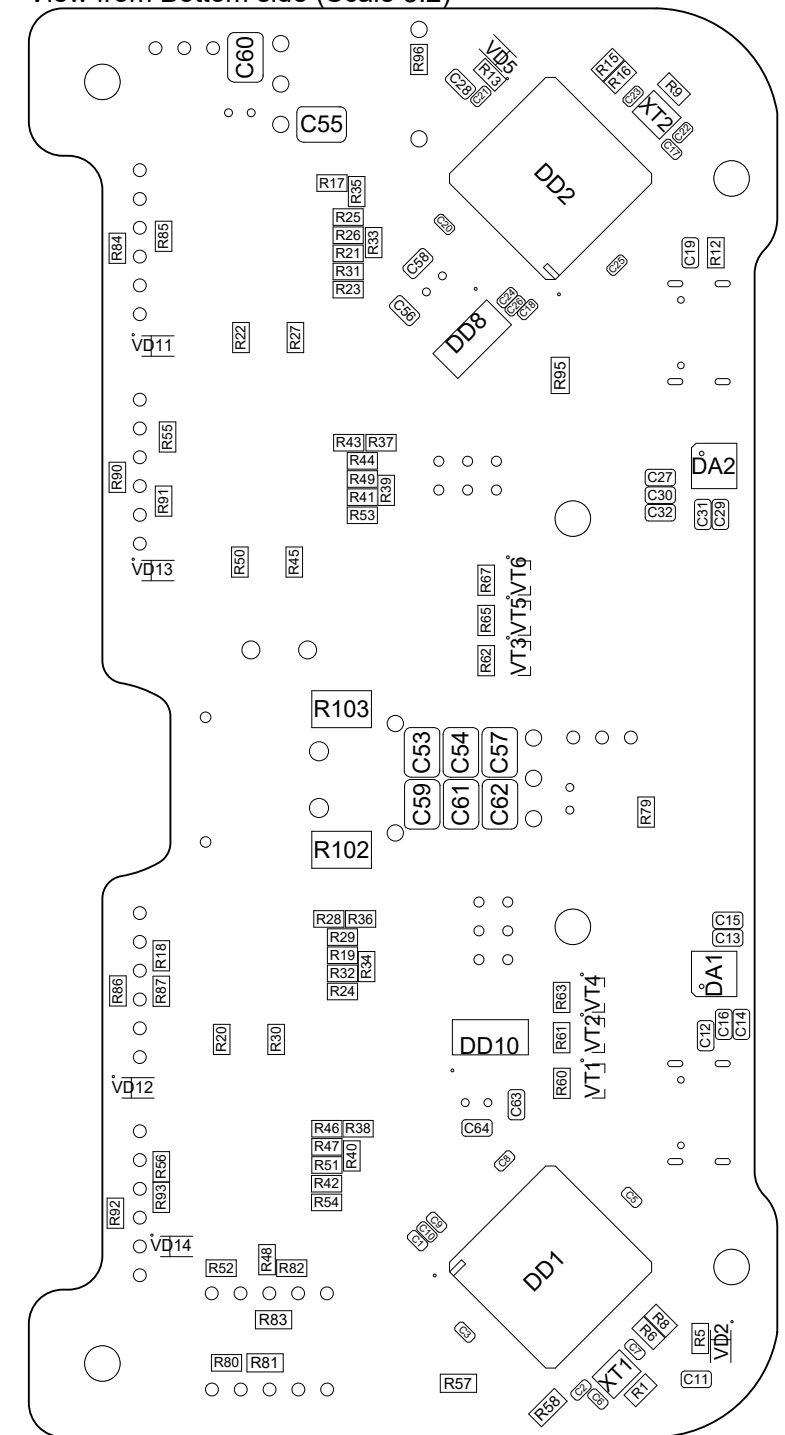
THIS DOCUMENT AND THE DATA DISCLOSED HEREIN OR HERewith IS THE PROPERTY OF ALTIUM LIMITED AND MAY BE FREELY DISTRIBUTED IN WHOLE. NO RIGHTS ARE RESERVED OR EXPRESS OR IMPLIED WARANTEE GIVEN.

REV STATUS OF SHEETS		REV										REVISIONS				
REV SHEET												ZONE	REV	DESCRIPTION	DATE	APPROVED

View from Top side (Scale 3:2)



View from Bottom side (Scale 3:2)



PART NO: =PCB_PART_NUMBER

APPROVALS		DATE
ENGINEER:	=PCB_ENGINEER	=PCB_ENGINEER
DESIGNER:	=PCB_DESIGNER	=PCB_DESIGNER
CHECKER:	=PCB_CHECKER	=PCB_CHECKER

Reference Documents

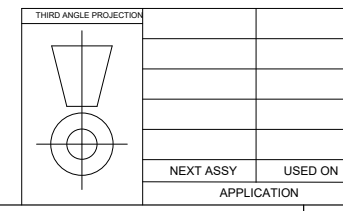
BOM DOC:	=DOC_NO_BOM
ASSY DOC:	=DOC_NO_FAB_DWG
SCH DOC:	=DOC_NO_SCH_DWG
PCB DOC:	=PCB_DWG_NO

DESIGN ITEM: .Item DESIGN ITEM REVISION: .ItemRevision

TITLE: =PCB_TITLE_1
=PCB_TITLE_2

SIZE: B CAGE CODE: =CAGE_CODE DWG NO: REV:

SCALE: FILE NAME: Motherboard.PCBDwf SHEET: 1 OF 1



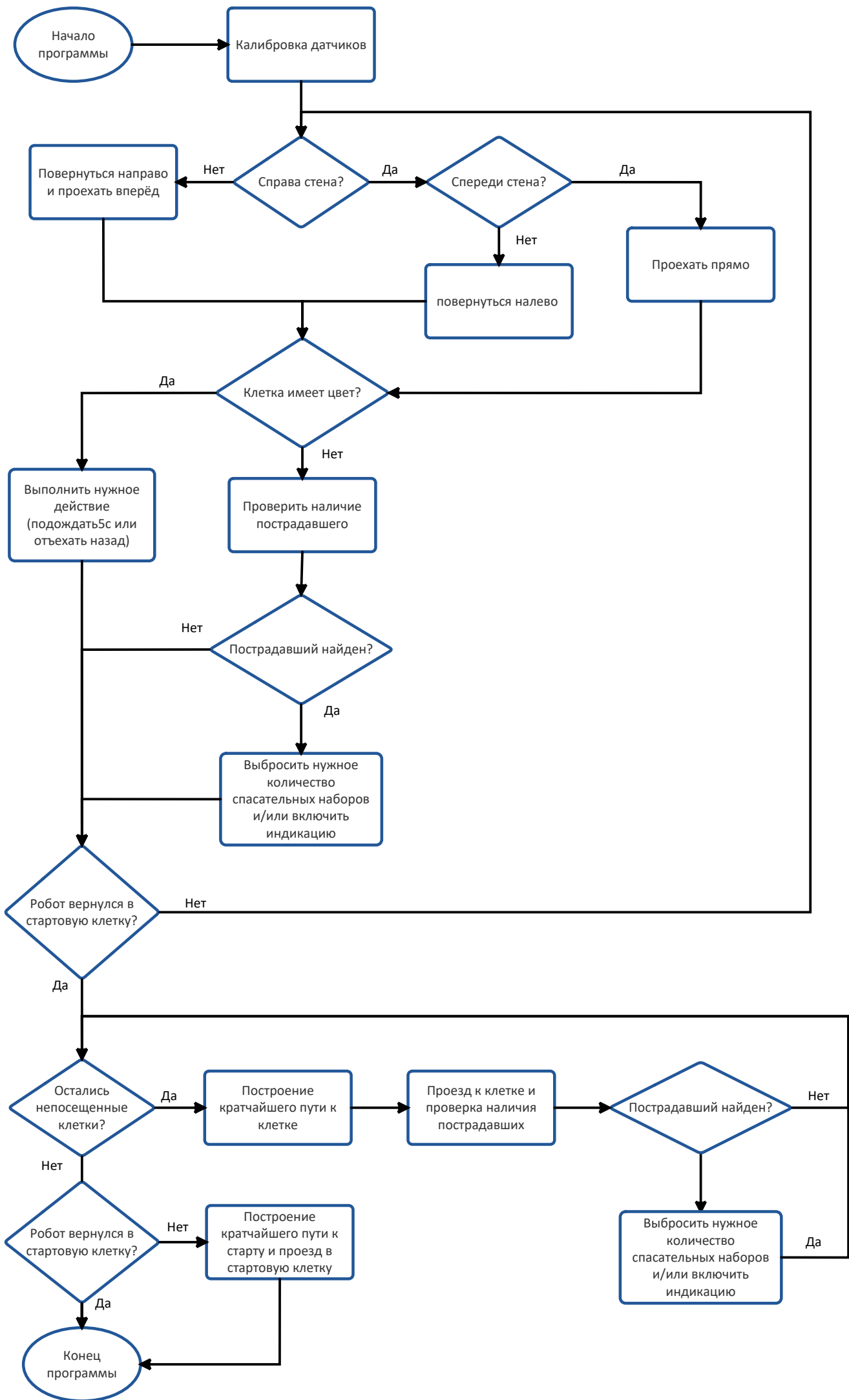
3.3. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

3.3.1. Алгоритм. Блок схема

Ни рисунке 7 представлена блок схема алгоритма выполнения задачи роботом. Алгоритм разделен на 4 основных этапа-проверки.

- Алгоритм прохождения лабиринта методом правой руки.
- Проверка цвета клетки и нахождения в ней пострадавшего.
- Проверка расположения робота относительно стартовой клетки.
- Проверка наличия непосещённых клеток и построения к ним маршрута.

Рисунок 7 - блок схема



3.3.2. Обоснование выбора интегрированной среды разработки

Для создания программы была выбрана среда разработки “Arduino IDE 1.8.19”. Это официальная среда разработки для контроллеров Arduino, она была выбрана поскольку микроконтроллером робота является Atmega2560. В данную среду разработки занесены множество программаторов что позволяет без проблем подключиться и прошить микроконтроллер робота под выбранную задачу. Плюсом данной программы является удобное подключение библиотек, что значительно упрощает программирование робота.

3.3.3. Реализация алгоритма в программном коде

3.3.4. Описание подпрограмм и их значения

- Подпрограмма передвижения

Подпрограмма принимает значения, приходящие с основного микроконтроллера и в зависимости от принятого значения выполняет прописанное действие.

- Подпрограмма определения и выброса спасательных наборов

Определение пострадавшего происходит полностью на микроконтроллере камеры Open MV, полученные значения принимаются микроконтроллером на материнской плате. При обнаружении пострадавшего робот получает сигнал остановки и выполнения нужного действия.

- Подпрограмма нахождения кратчайшего пути

Для построения кратчайшего пути был выбран метод волновой трассировки. Алгоритм, по которому определяется кратчайший путь основан на подсчёте минимального количества ходов до каждой клетки полигона, с каждым циклом алгоритма происходит определение следующих клеток, записывая в них количество ходов потребовавшихся для посещения прошлой клетки с прибавлением единицы. После определения ближайшей неизвестной клетки робот повторяет маршрут, построенный алгоритмом и повторяя цикл посещает все неизвестные клетки. После посещения роботом всего лабиринта, целью робота становится стартовая клетка, маршрут к которой находится тем-же алгоритмом.

- Подпрограмма записи полигона в массив

Для записи полигона используется двумерный массив, в ячейки которого записываются закодированные значения каждой клетки. Записанное значение представляет собой 4 числа,

каждое из которых показывает наличие или отсутствие стенки с определённой стороны вне зависимости от поворота робота относительно стартового положения.

4. СОЗДАНИЕ, ОТЛАДКА РОБОТА И МОДИФИКАЦИИ РОБОТА

4.1. Изготовление деталей

Большая часть деталей была изготовлена из PLA пластика на 3D принтере. Данный способ изготовления деталей даёт возможность гибкой настройки печати и выбора материала. Большим преимуществом является доступность, что дало возможность выявить большую часть ошибок и создать крепкую конструкцию с правильными размерами деталей и доступностью к замене в случае поломки. Пластик PLA был выбран в пользу его меньшей токсичности, увеличенным запасом прочности и неприхотливости в печати в отличии от аналогов, что существенно облегчает изготовление деталей.

Для рамы была заказана вырезка металлических деталей у компании “LimaLux”. Производство печатных плат было заказано в ООО «Резонит». Данные компании находятся в Санкт-Петербурге, благодаря чему платы и вырезанные из металла детали были изготовлены и доставлены в течении 10-15 рабочих дней.

4.2. Монтаж компонентов на плату

Монтаж множества малогабаритных компонентов на материнскую требует затратить много времени на припаивание каждого компонента в отдельности. Этот вариант был посчитан не рациональным при возможности использования паяльной пасты и конвекционной печи. Выбранный способ монтажа компонентов предполагает нанесение паяльной пасты с использованием трафарета, изготовленного на производстве с печатной платой, аккуратного размещения компонентов при помощи пинцета и помещения платы в конвекционную печь для запекания. Данный способ значительно ускоряет монтаж большей части компонентов на плату. Оставшиеся компоненты были напаяны с использованием паяльника и паяльного фена.

4.3. Сборка реального робота

4.4. Отладка робота

4.5. Модификации и исправления робота

Во время моделирования деталей конструкции было создано множество вариаций деталей для выбора лучшей идеи и дальнейшего её развития и воплощения в работе.

Одной из таких деталей стала крышка системы выдачи. В ней была воплощена идея закрепления подшипника подпружиненными ножками, показанная на рисунке 8, которые должны крепко зажимать его внутри детали, но у детали был маленький диаметр отверстия и её создание было затруднительно, поэтому было решено сделать обычное отверстие под подшипник.

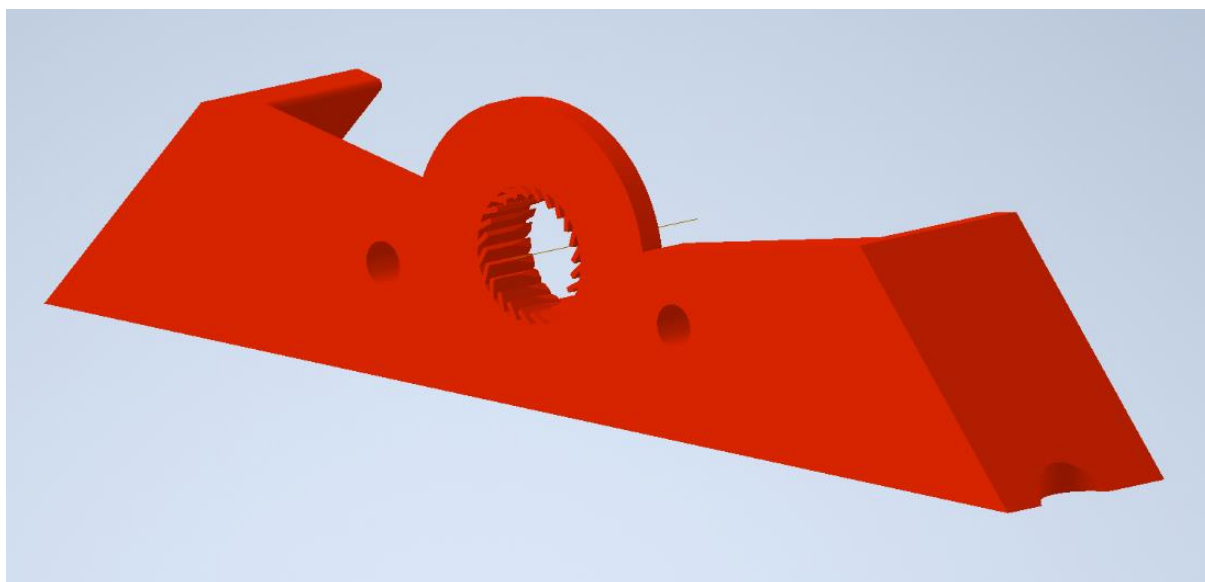


Рисунок 8 - Крышка системы выдачи

Серьёзной модификации подверглись диски. Поскольку робот должен быть компактным было решено сместить крепление колеса и выдавить их в наружу от робота, из-за невозможности поставить моторы глубже внутрь робота, итоговая модель дисков представлена на рисунке 9.

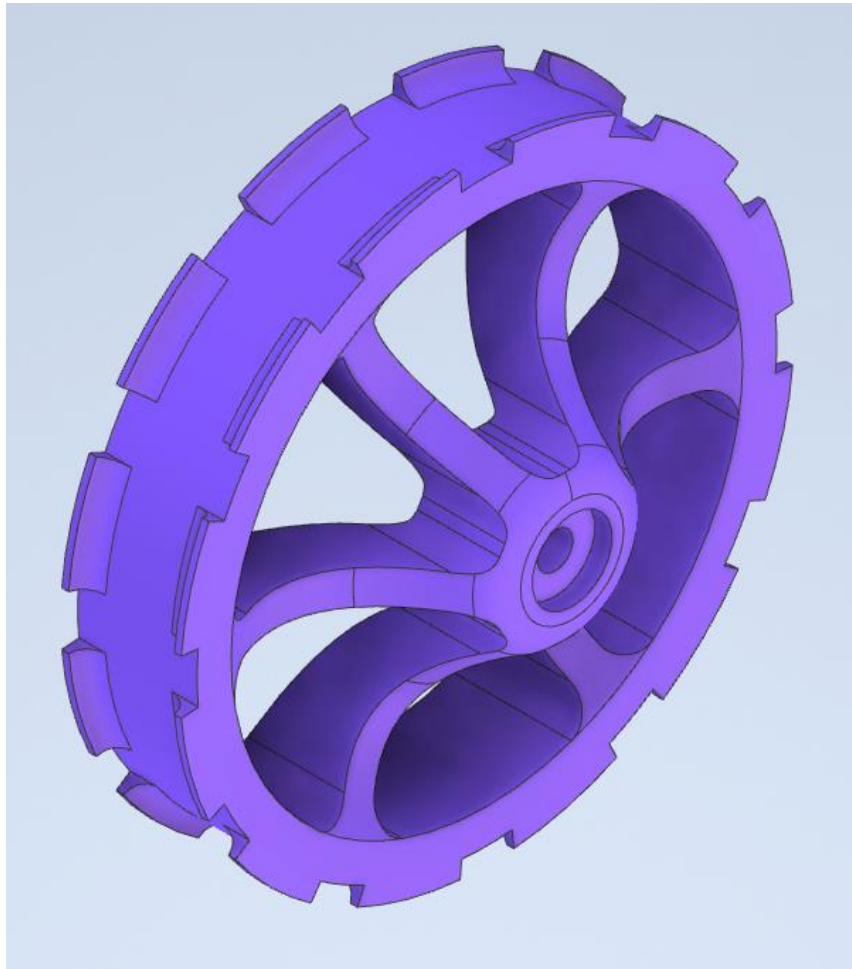


Рисунок 9 - модель диска

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

5.1 Результат

Результатом проведённой работы стал полностью работоспособный робот для прохождения лабиринта с препятствиями, по регламенту соревнований Robocup Rescue Maze. Были выполнены все поставленные цели и задачи.

В процессе работы над проектом я научился работать в новом для меня САПре Altium Designer и с его помощью разводил печатные платы. Для проекта было сделано много необычных деталей, таких как отлитые из полиуретана шины или собственные печатные платы, которые повысили мои навыки моделирования и трассировки.

5.2. Выводы и самооценка

В готовом изделии была воплощена большая часть идей, придуманных при создании этого робота. В данной конструкции были собраны самые практичные и удачные решения из проанализированных аналогов. Для разработки проекта я научился работать в

профессиональном САПРе для разработки печатных плат, а также значительно улучшил свои навыки моделирования.

6. Информационные источники

1. Регламент соревнований RoboCup Junior Rescue Maze - <https://junior.robocup.org/wp-content/uploads/2023/01/RCJRescueMaze2023RulesFinal.pdf>
2. Сайт соревнований RoboCup Junior - <https://junior.robocup.org>
3. Документация по работе с Altium Designer - <https://www.altium.com/ru/documentation/altium-designer>
4. Сайт ООО “Резонит” - <https://www.rezonit.ru>
5. Сайт компании “LimaLux” - <https://лималюкс.рф>