

## Техническое описание робота

Состязание: состязания роботов с техническим зрением памяти Виктора Ширшина

Название команды: Таёжные Ёжики

Участники команды: Пильщиков Григорий, Цыганкова Мария

Тренер команды: Косаченко Сергей Викторович

Организация: ОГБОУ «Томский Физико-Технический лицей»

## Основное содержание

Анотация: Цыганкова Мария и Пильщиков Григорий модифицировали робота категории RCJ Rescue Maze для участия в состязании роботов с техническим зрением памяти Виктора Ширшина, разработали алгоритм движения и распознавания для выполнения поставленных целей.

Участники команды (слева направо): Пильщиков Григорий, Косаченко Сергей, Цыганкова Мария



Роли участников команды: Пильщиков Григорий и Цыганкова Мария конструируют и программируют роботов вместе.

## Опыт участия и успехи команды в различных робототехнических соревнованиях и фестивалях

Международный фестиваль Робофинист 2022 — 3 место в категории Robocup Junior Rescue Maze, г.Санкт-Петербург

Кубок Губернатора Томской области 2022 — 2 место в состязании роботов с техническим зрением памяти Виктора Ширшина

XII Региональная олимпиада по образовательной робототехнике школьников Томской области 2023 — 1 место в состязании Robocup Junior Rescue Simulation Webots Erebus

Открытый Российский чемпионат по робототехнике 2023 — 2 место в состязании Robocup Junior Rescue Simulation Webots Erebus  
2022 год — Участие Цыганковой Марии и Пильщикова Григория в фестивале подводной робототехники «АкваРобоФест» в г.Асино

### Описание Робота

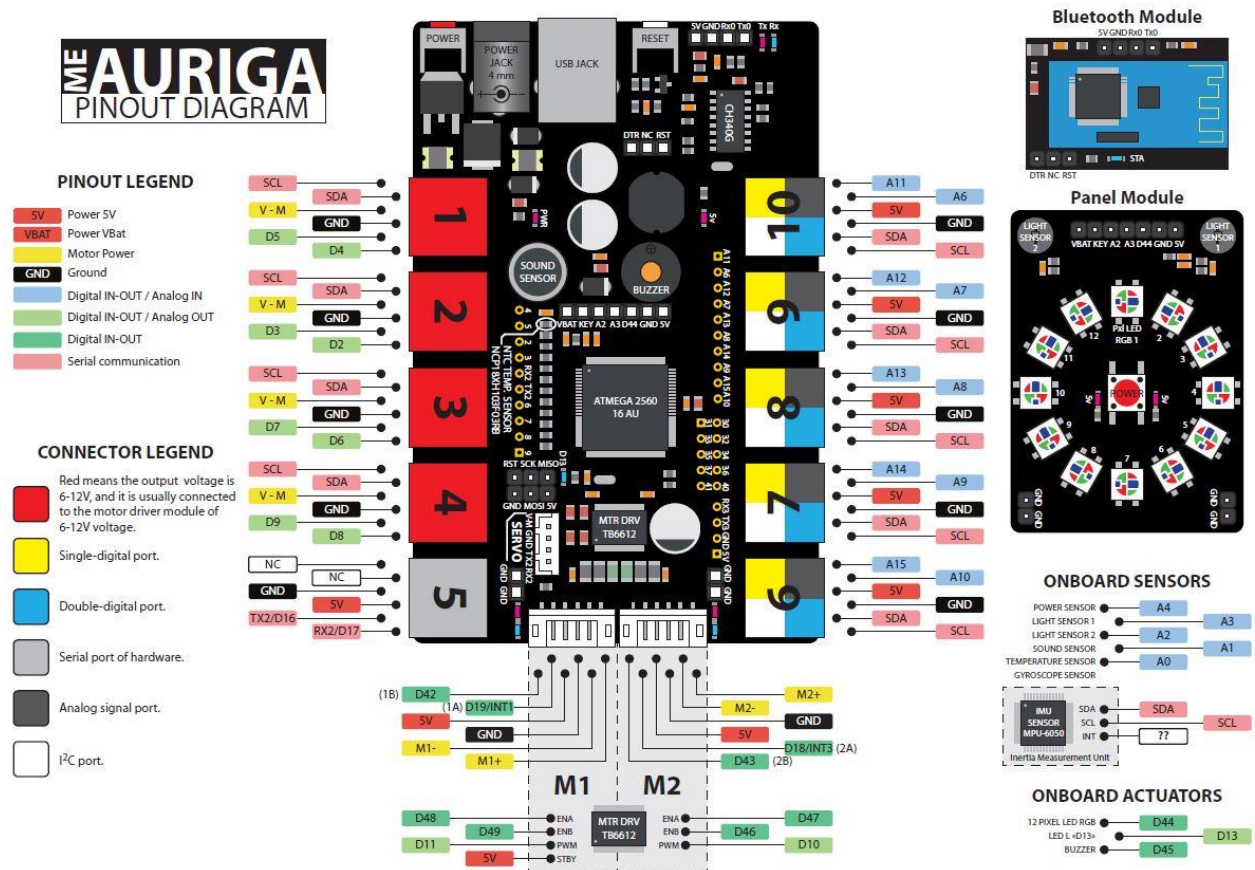
Стратегия выполнения задания роботом:

Робот должен дожидаться разрешающего сигнала семафора и после этого следовать по черной линии до финиша. Определять цвет и форму семафора мы решили с помощью технического зрения: если цвет семафора красный, то стоять на месте, и если цвет семафора зелёный начать движение по линии. Для того, чтобы робот мог стартовать ровно на линии старта мы применили следующее новшество: камера присоединена к сервоприводу, таким образом, при запуске, камера повернута к семафору, после того как появился зеленый свет она поворачивается и начинает движение по линии. Очень часто освещение на поле не предсказуемо, а проводить повторную бинаризацию линии долго. Для решения данной проблемы был разработан особый алгоритм автобинаризации, за счет которой робот может видеть линию при любом освещении и не требует дополнительных настроек (подробнее в разделе «Определение черной линии»).

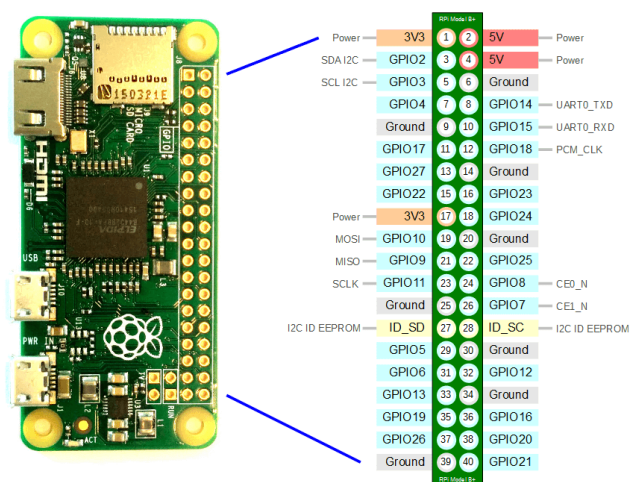
Использование датчиков:

В нашем роботе используется камера, считываемая Raspberry Pi Zero, которая передает данные на meAURIGA, кроме того у нас есть встроенные датчики считывания угловой скорости (энкодеры) с помощью которых управляем моторами из набора MakeBlock. Данные с Raspberry на meAURIGA мы передаем по UART для этого мы самостоятельно спаяли переходную плату, так называемый UART hub с Raspberry на порт MakeBlock RJ12, для подключения моторчика для поворота камерой мы также спаяли переходную плату с портов MakeBlock RJ12 на разъемы с шагом 2.45 мм. Кроме того, на роботе стоит стабилизатор питания с 5 В на 3.3 В. Для более удобного старта на роботе вынесена кнопка запускающая самого робота. Распиновку meAURIGA и Raspberry Pi Zero, мы брали с официальной тех. Документации.

## Распиновки, которыми мы пользовались и самодельные платы робота



## Распиновка meAURIGA

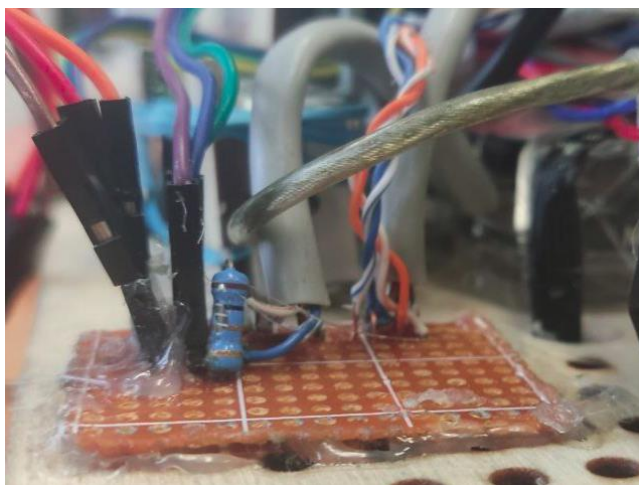


## Распиновка Raspberry Pi Zero,

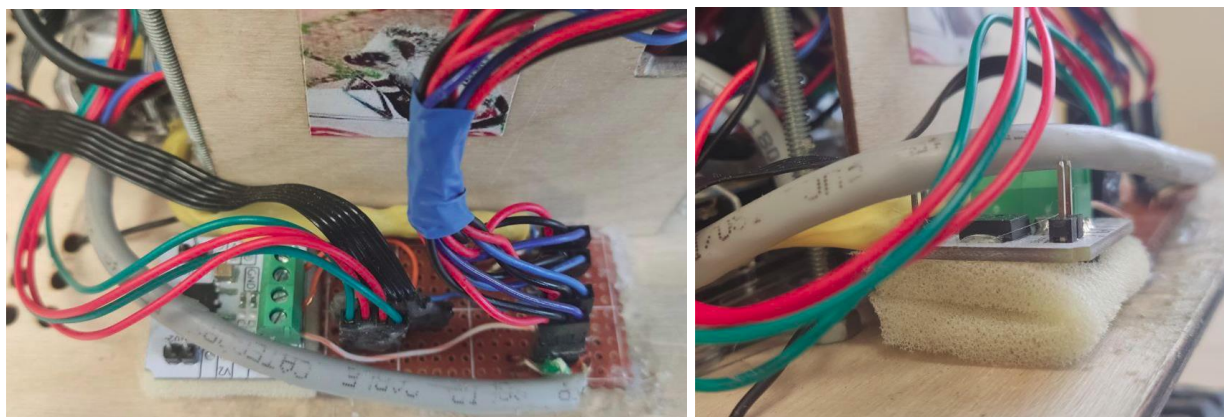


Pin	Name	Function	Color	Pin Numbering
1	ANA	Analog interface, +9V Supply	white	
2	GND	Ground	black	
3	GND	Ground	red	
4	IPOWERA	+4.3V Supply	green	
5	DIGIA0	I <sup>2</sup> C Clock (SCL), RS-485 A	yellow	
6	DIGIA1	I <sup>2</sup> C Data (SDA), RS-485 B	blue	

Распиновка порта MakeBlock RJ12



Самодельный UARThub



переходная плата с портов MakeBlock RJ12 на разъемы с шагом 2.45 мм, стабилизатор питания с 5 В до 3.3 В

(больше распиновок и схем можно найти на нашем [GitHub](#))

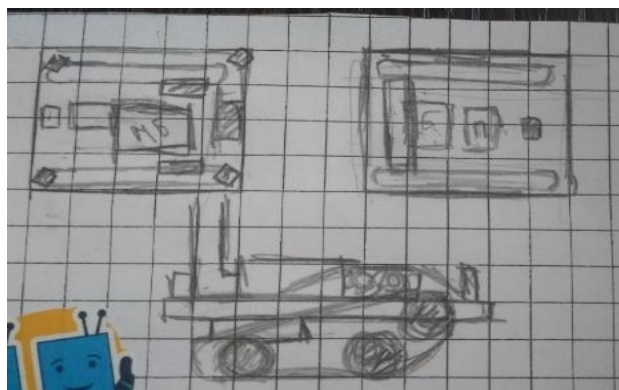
### Конструкция робота:

Конструкция робота предполагает несколько этажей с разным функционалом: на нулевом располагаются моторы, на первом — аккумулятор для meAURIGA и пауэрбанк для Raspberry, на втором — сама meAURIGA и Raspberry, USBhub, самодельный UART hub, переходная плата с портов MakeBlock RJ12 на разъемы с шагом 2.45 мм, стабилизатор питания с 5 В до 3.3 В, на третьем — два экрана для вывода информации и кнопка для быстрого запуска и на четвертом сама камера и моторчик для её мобильности. В пространстве между 2-ым и 3-ем этаже робота располагается коробочка для проводов и meAURIGA.

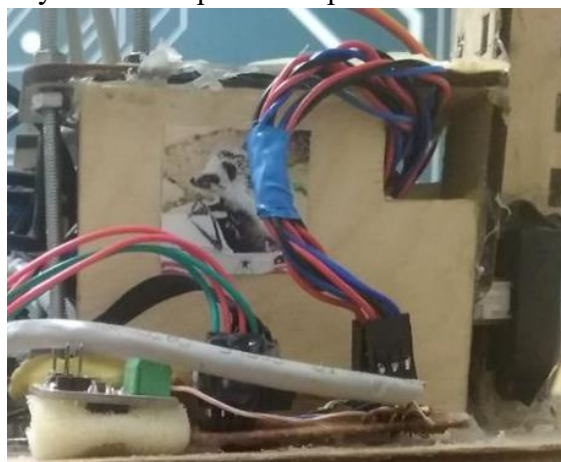
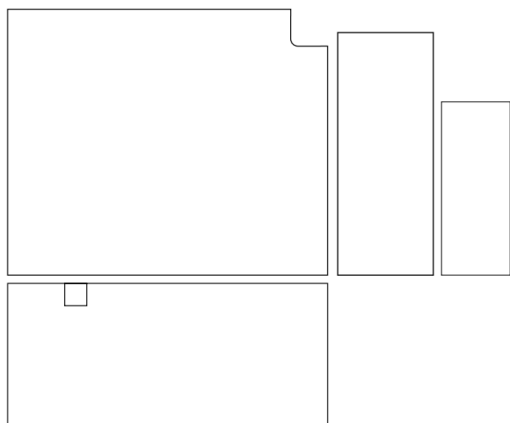
Сначала мы начертили все необходимые детали в векторном формате (в программе inkscape), после чего вырезали на фрезерном станке, изначально вырезали из картона, но позже для прочности перешли на фанеру, однако из-за не до конца спланированных отверстий, еще раз перерисовали и перевырезали основную платформу. Используя вырезанные детали, детали из набора MakeBlock и спаянные нами вышеперечисленные платы собрали самого робота Модернизации конструкции:

Первая версия шасси робота была собрана полностью из конструктора MakeBlock и имел всего 1 этаж. Во 2-й версии робота (можно увидеть на 1-х чертежах конструкции) робот состоял из 2-х этажей, где на 2-ом этаже располагались ультразвуковые датчики расстояния (для выполнения задач RCJ Rescue Maze) и meAURIGA, при размещении камеры команда решила сделать 3-й этаж, на котором и будет располагаться камера, еще позже на этом этаже появились экранчики для вывода информации, а на 2-ом этаже ультразвуковые датчики заменились лазерными. При подготовке к КГР2023 камера переехала на 4-й этаж и у нее появился сервопривод для мобильности, а все датчики были отключены и заклеены изолентой (т.к. в номинации они запрещены).

### Чертежи и макеты корпуса робота

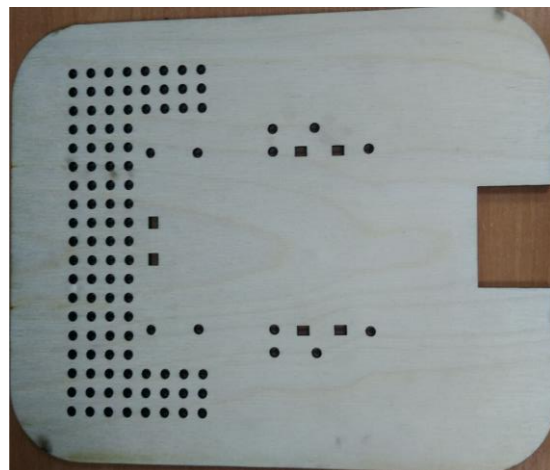
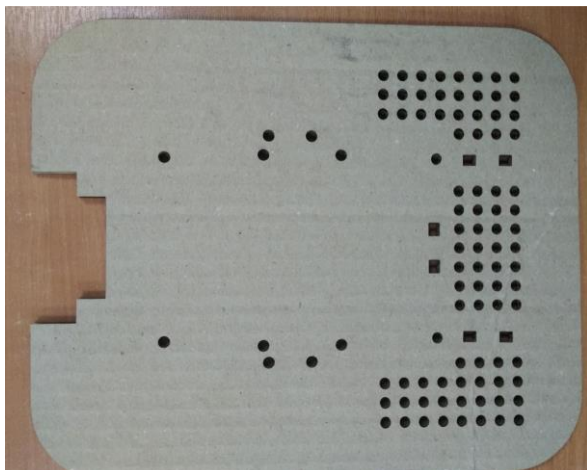


Эскиз/чертеж 2-й версии робота на бумаге и собранная версия

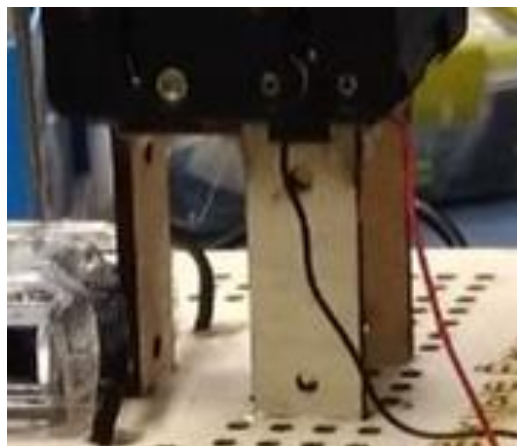
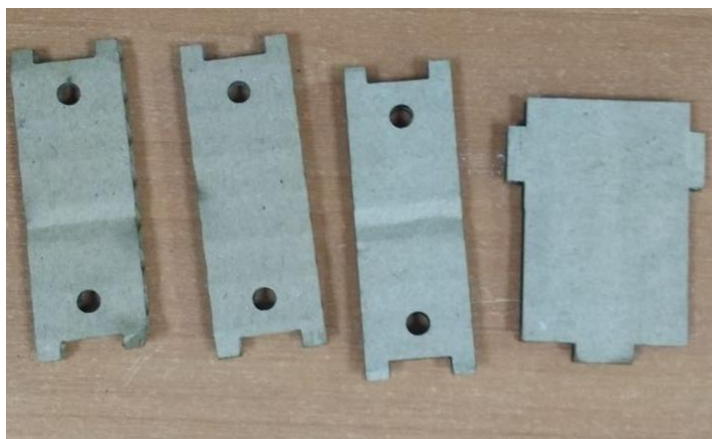




## Чертеж и собранная конструкция корпуса для проводов и meAURIGA

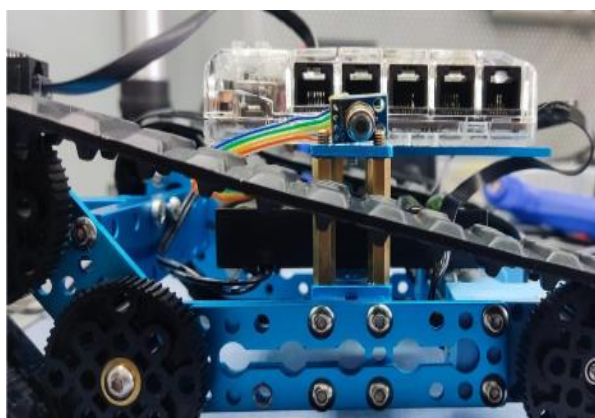
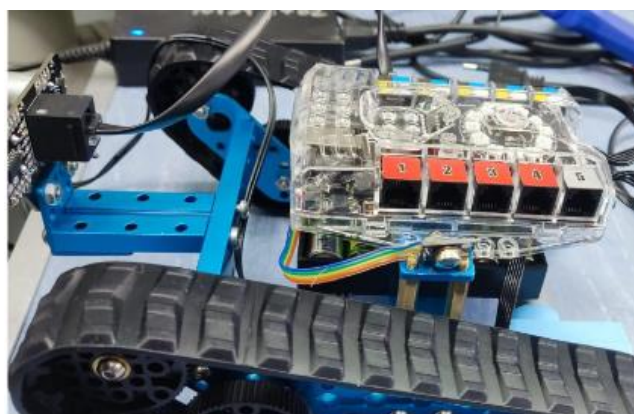


1-я и 2-я версия основной платформы робота

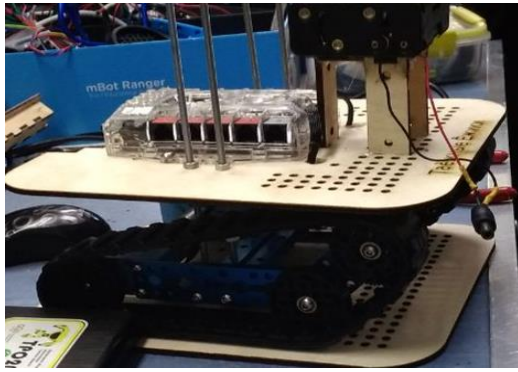


Картонный макет и итоговый крепеж для кнопки  
(Больше чертежей и схем можно найти на нашем [GitHub](#))

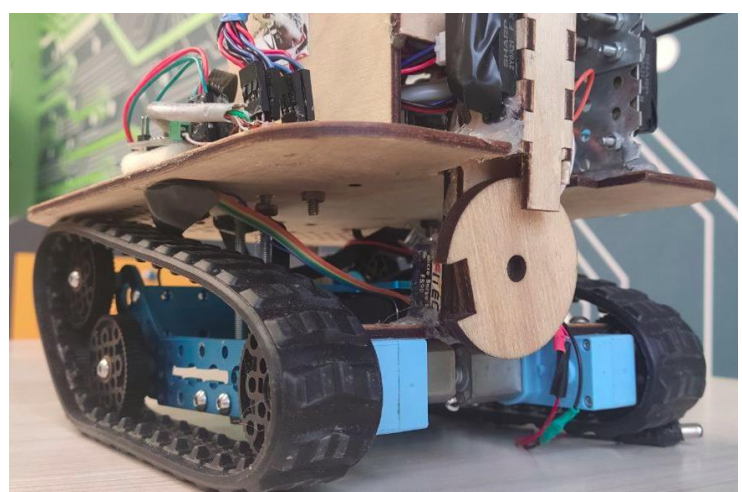
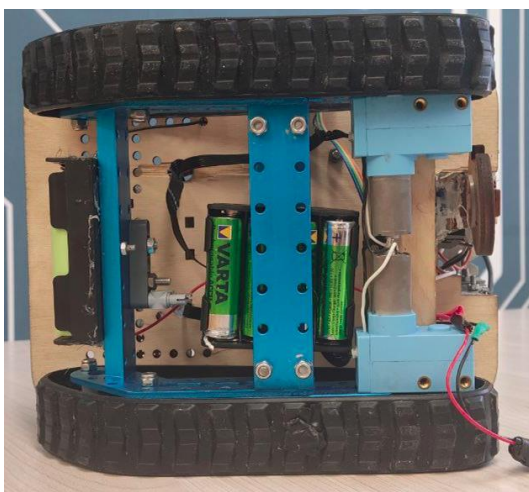
## Фото Робота



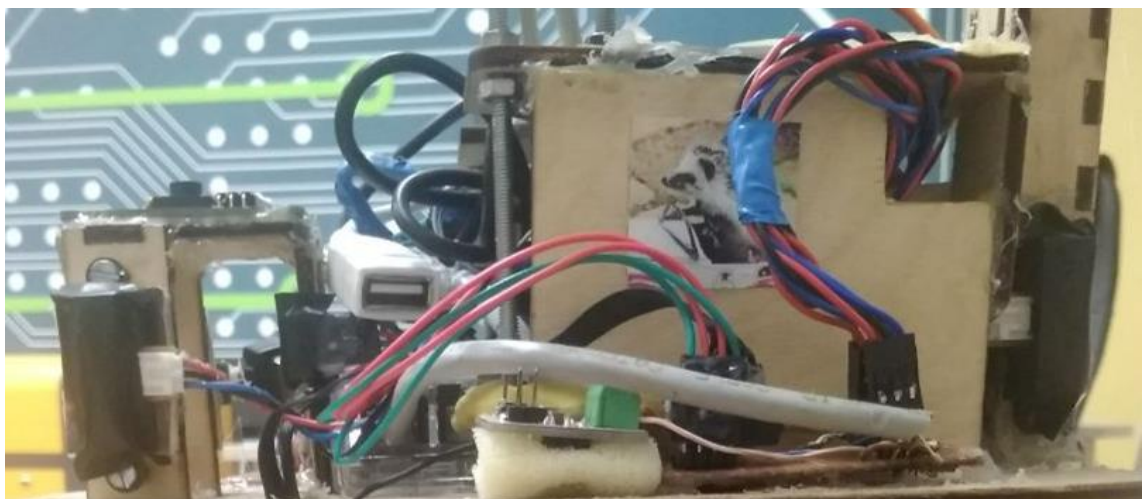
1-я версия шасси для робота



2-я версия шасси для робота

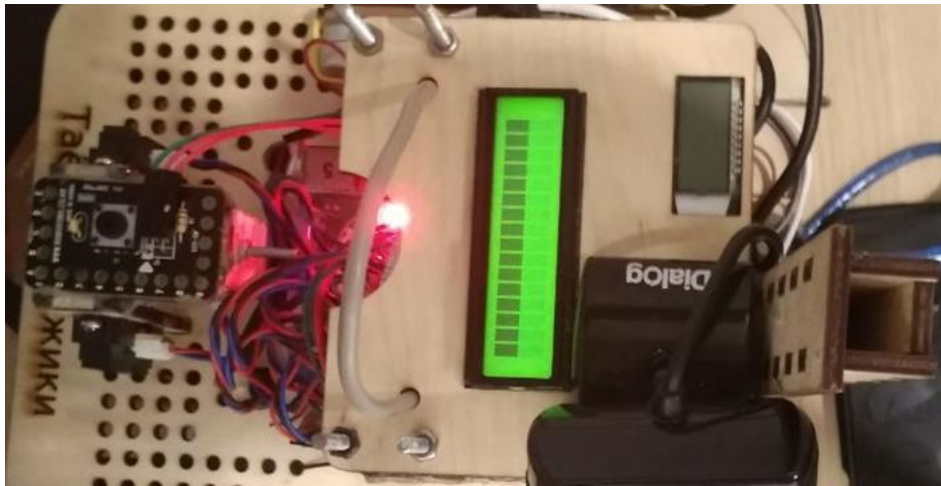


0-й и 1-й этажи робота



2-й этаж робота





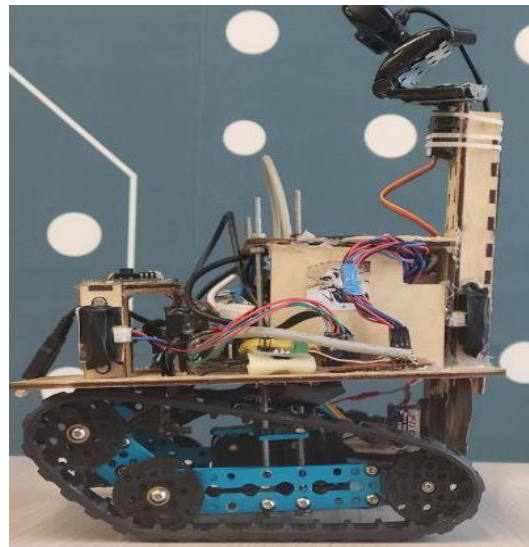
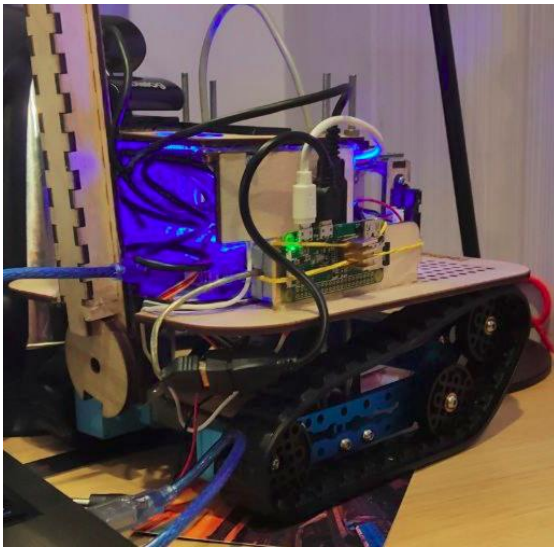
3-й этаж работа



4-й этаж работа

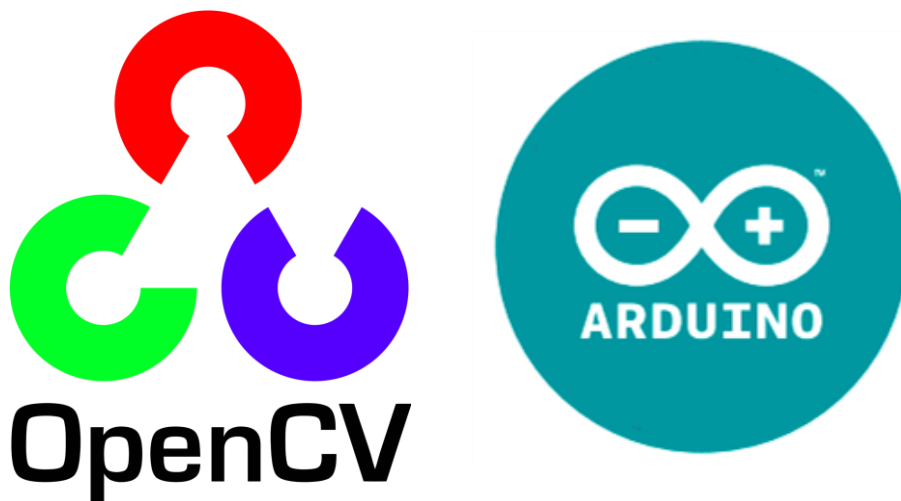
Робот целиком





Программное обеспечение

В качестве программного обеспечения мы использовали написанную самостоятельно программу на C/C++ с использованием библиотеки OpenCV 4 на операционной системе Ubuntu 21.04, для программирования MakeBlock используем программу arduino IDE.



### Работа с веб-камерой и OpenCV

Мы взяли веб-камеру с частотой 30 кадров в секунду. Благодаря этой веб-камере, мы захватываем с нее кадры и бинаризируем изображение, выделяя зеленый цвет, и среди выделенных фигур мы ищем эллипс (зелёный).

Фрагмент программы, работающей с камерой на OpenCV 4

```
//cv::Mat image = mur.getCameraOneFrame();
cap >> image;
cv::imshow("Image", image);
cv::cvtColor(image, image, cv::COLOR_BGR2HSV);
cv::Scalar lower(hMin, sMin, vMin);
cv::Scalar upper(hMax, sMax, vMax);
cv::inRange(image, lower, upper, image);
cv::imshow("Bin", image);
char c = cv::waitKey(10);
if (c == 27) { // Ёёё ёёёё ESC - ёёёёёё
    break;
}
}
```

### Бинаризация для определения зелёного семафора в кадре

Сначала мы создаём кадр и в нём ищем контур круга (эллипса).

Если такой эллипс найден, то этот контур обводится зелёным цветом, и робот начинает своё движение по линии.

Фрагмент кода на OpenCV 4, который ищет контуры:

```
vector<vector<Point>> contours;
vector<Vec4i> hierarchy;
findContours(imgDil, contours, hierarchy, RETR_EXTERNAL,
CHAIN_APPROX_SIMPLE);
for (int i = 0; i < contours.size(); i++){
    int area = contourArea(contours[i]);
```

```

vector<vector<Point>>conPoly(contours.size());
vector<Rect>boundRect(contours.size());
string objectType;
tur = area;
// cout << "! " << tur << endl;
if(tur >= 50){
    dich = 1;
}
if(area > 20000 && area < 70000){
    number = 1;
    float peri = arcLength(contours[i],true);
    approxPolyDP(contours[i],conPoly[i],0.003 * peri,true);
    boundRect[i] = boundingRect(conPoly[i]);
    cout<<"AREA: "<<area<<endl;
    drawContours(img, conPoly,i,Scalar(0,255,0),2);
}
}

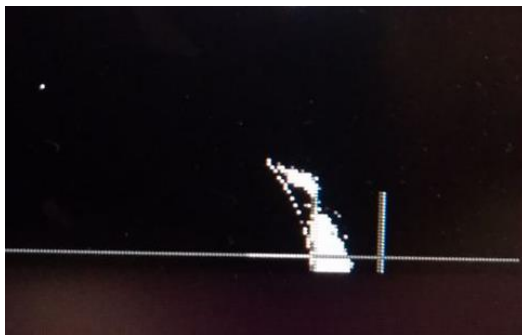
```

### Определение черной линии

Освещение на поле не предсказуемо, в прошлом году нам требовалась проводить бинаризацию для черной линии перед каждым заездом, что задействовало очень много времени. Поэтому мы решили разработать алгоритм автобинаризации. Алгоритм, который мы придумали ищет на изображении самый светлый, самый темный и средне-статистическое значение пикселя и формулой рассчитывает данные для бинаризации на черный (чем темнее освещение на поле, тем больше делителей). Таким образом робот может находить линию даже в сумраке.

Примерная формула, которую мы используем на псевдокоде:

текущий\_пиксель < (min+ср\_знач)/2+ min



### Программа управления для контроллера шасси

Робот по камере находит отклонение центра робота от линии и стремится уменьшить отклонение от линии благодаря П-Регулятору. Следовательно, робот должен выравниваться и ехать по линии. Программу управления для контроллера мы писали на Arduino IDE.

Фрагмент кода реализации П регулятора:

```

// ===== П регулятор
// Рассчитываем отклонение работа от желаемого центра
float error = ((x + xLeft) / 2) - (640/2);
// Рассчитываем пропорциональную часть регулятора

```



```
//angle = 90 + (error * 1.2);  
// Ограничиваем угол поворота сервопривода  
//if(angle < 60) angle = 60;  
//if(angle > 120) angle = 120;  
  
int b = 130 - (error * 0.3); int a = 130 + (error * 0.3);  
  
if(a > 254) { a = 254; }  
if(a < 1) { a = 1; }  
  
if(b > 254) { b = 254; }  
if(b < 1) { b = 1; }
```

### Обсуждение и заключение

Решение проблем:

Во время разработки и модифицирования нашего робота команда столкнулась со следующими проблемами.

- 1) При разработке чертежей робота, необходимо было сразу предусмотреть все необходимые отверстия и крепежи, из-за постоянной модификации конструкции, необходимо заново переделывать их. (основной платформы у нас 3 варианта, последнюю из которых также пришлось модифицировать).
- 2) Освещение на тренировочных полях было очень плохим и к тому же менялось с течением суток, настройка бинаризации очень долгий процесс, из-за чего было принято решение разработать самодельный алгоритм автобинаризации.
- 3) Изначально мы передавали данные с Raspberry на meAURIGA через Serial и по какой-то причине Raspberry пыталась питаться через meAURIGA, а не через пауэрбанк, из-за чего сгорала Raspberry. В результате было принято решение перейти с serial на UART. Возникшая проблема была решена.
- 4) Зачастую у Raspberry сбивается время и программа не компилируется, выводя ошибку «Время изменения файла находится в будущем», для решения данной проблемы мы копируем новый каталог под новым временем и сносим старый с неправильным.
- 5) Библиотеки MeAuriga.h. Мы не могли найти подходящие команды для программирования робота. Мы провели анализ библиотеки и смогли определить необходимую команду.

Чему научились члены команды:

Цыганкова Мария и Григорий Пильщиков познакомились и научились применять функции из OpenCV, работать с Raspberry Pi Zero, захватывать изображение с веб-камеры, применили бинаризацию для обнаружения зеленого семафора и др.

Планы на будущее:

Команда будет продолжать обучаться техническому зрению, в дальнейшем планируем усовершенствовать и уменьшить конструкцию робота, поставить вторую камеру и научиться считывать информацию одной Raspberry с нескольких камер. Разработать упрощенный, но более эффективный алгоритм технического зрения.

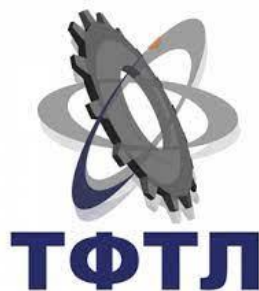
Благодарности:

Благодарим нашего тренера Косаченко Сергея Викторовича за то, что он проводил с нами время и направлял нас на правильные пути и решения. Благодарим НПП Томскую

Электронную компанию коммерческую помощь. А также мы благодарим Томский Физико-Технический Лицей за предоставленные нам ноутбуки и другое оборудование.



Наш тренер



Наши спонсоры

Ссылки:



GitHub



youtube