

Описание роботов команды CPC_LightWeight

Название лиги:	RoboCup Junior Soccer LightWeight
Название команды:	CPC_LightWeight
Состав команды:	Одышев Артемий Полянский Станислав
Руководитель:	Иванов Сергей
Организация:	МАОУ Центр “Планирования карьеры”
Город:	Томск
Дата:	12.09.2023

Введение

Команда CPC_LightWeight, представляет Центр “Планирования карьеры” на соревнованиях RoboCup Junior Soccer LightWeight. Наша команда участвует в этой лиги уже более трех лет и постоянно улучшает свой результат. В этом году было переосмыслено множество нюансов в конструкции робота и архитектуре программного кода. Команда полностью закончит сборку новой конструкции робота к фестивалю “РобоФинист” 2023г.

За время выступления на соревнованиях наша команда неоднократно занимала призовые места на региональных и всероссийских соревнованиях:

- Открытый чемпионат по робототехнике РобоКап Россия 2023 (3 место).
- Соревнования по образовательной робототехнике на Кубок Губернатора Томской области 2021 года (1 место).
- Региональная олимпиада по образовательной робототехнике Томской области 2022 год (1 место).
- Региональная олимпиада по образовательной робототехнике Томской области 2023 год (1 место).

Члены команды

- *Одышев Артемий* занимается моделированием, изготовлением и сборкой роботов, разработкой плат, пайкой электроники, разработкой оптической системы навигации.
- *Полянский Станислав* занимается сборкой роботов, пайкой электроники, программированием системы передвижения робота, отладкой кода.

Спецификация роботов

Дата разработки:	2022 год	2023 год
Габариты (ширина; длина), мм:	200x200	
Общая масса, гр:	1095	900
Используемые моторы:	Pololu 25Dx48L 12V	Pololu 25Dx48L 6V
Мотор дриблера:	PULSE 4450KV	SURPASS HOBBY 750KV
Главный контроллер:	ATmega2560	STM32F446RET
Датчики линии:	TCRT500L - 16 штук	Самодельные датчики на фоторезисторах - 16 штук
Способ определения положения мяча	HiTechnic NXT IRSeeker	Плата собственной разработки с датчиками TSSP4038 в количестве 32 штук
Дополнительные датчики:	WT901, датчики для определения наличия мяча в лунке	
Элементы питания:	2 элемента форм-фактора 18650	

Таблица 1. Сравнение спецификаций роботов 2023 и 2022 года разработки

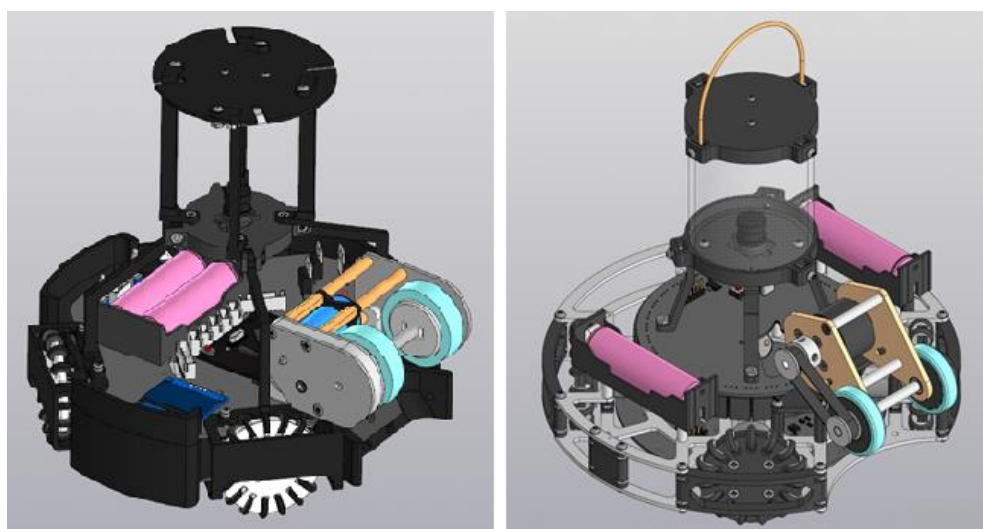


Рисунок 1, 2. Электронная модель робота 2022 года (слева) и робота 2023 года (справа)

Конструкционные особенности

Роботы представляют из себя омниплатформу, благодаря этому реализуется передвижения по игровому полю в любом направлении без необходимости изменения курса. В конструкции омниплатформы присутствует четыре двигателя с самодельными колесами (см. рисунок 3).

Контроль мяча на поле осуществляется при помощи дриблера. Наша команда спроектировала и протестировала множество вариантов этого устройства, в процессе было испытано множество прототипов с разной конструкцией и способом передачи вращательного движения с вала мотора на силиконовые валики. В конечном итоге наиболее удачным вариантом оказалась конструкция с расположением роликов за пределами основных прочностных пластин (см. рисунок 3). Использование ременной передачи позволило сделать дриблер намного тише предыдущих прототипов. Ссылка на видео тестирования дриблера: [VK-видео](#).

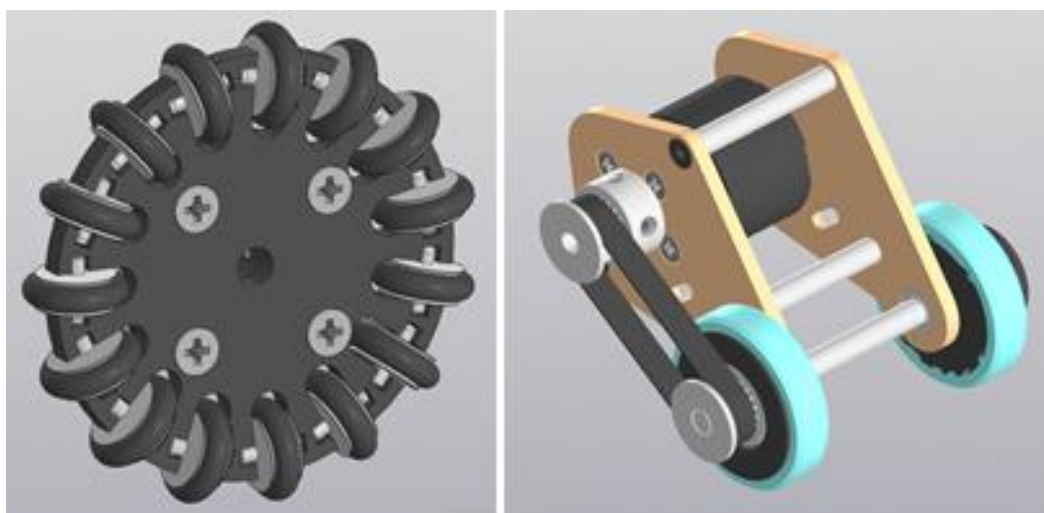


Рисунок 3. Электронные модели колеса без ответной крышки (слева) и дриблера (справа)

Конструкция нашей оптической системы с использованием гиперболоидного зеркала (см. рисунок 4) позволяет камере охватить все игровое поле, что делает возможным реализацию стабильной локализации робота в любой точке поля.

В наших роботах, также используется инерционный модуль (датчик совмещает в себе гироскоп, акселерометр, магнитометр). Датчик расположен в полости зеркала, такое решение позволяет ориентировать

датчик точно в центре робота и исключить влияние магнитного поля от моторов. Благодаря этому датчику мы можем рассчитать актуальный курс робота. Совмещая данные о курсе с системой оптической навигации можно получить точную информацию о положении робота в пространстве.

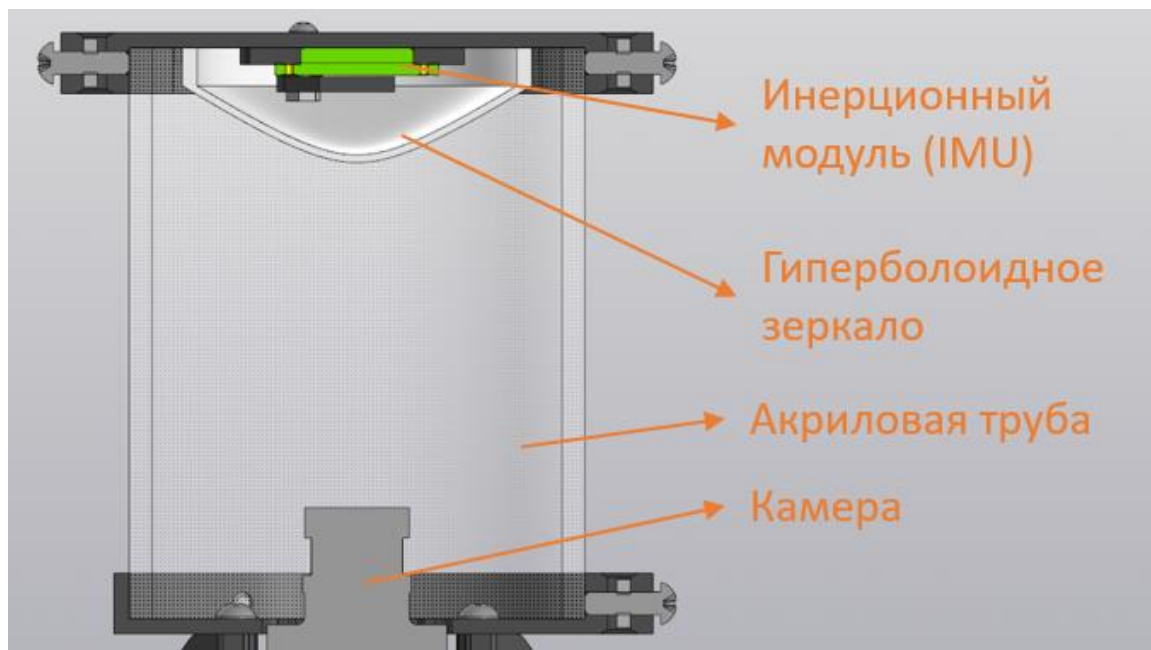


Рисунок 4. Электронная модель оптической системы робота, полученная сечением плоскостью исходной модели

Электроника

В ходе работы над роботами наша команда разработала 2 печатные платы. Основная/материнская плата (см. рисунок 5) включает в себя множество важных цепей, таких как:

- Понижающий стабилизатор напряжения (понижает напряжение с аккумуляторов 9В до 5В и до 3.3В).
- Логическая часть в основе, которой лежит микроконтроллер STM32F446RET.
- Повышающий стабилизатор напряжения (повышает напряжение с аккумуляторов 9В до 48В) для работы пиналки.
- Цепь управления моторами, в основе схемы лежит драйвер DRV8870 (по одному на каждый мотор).

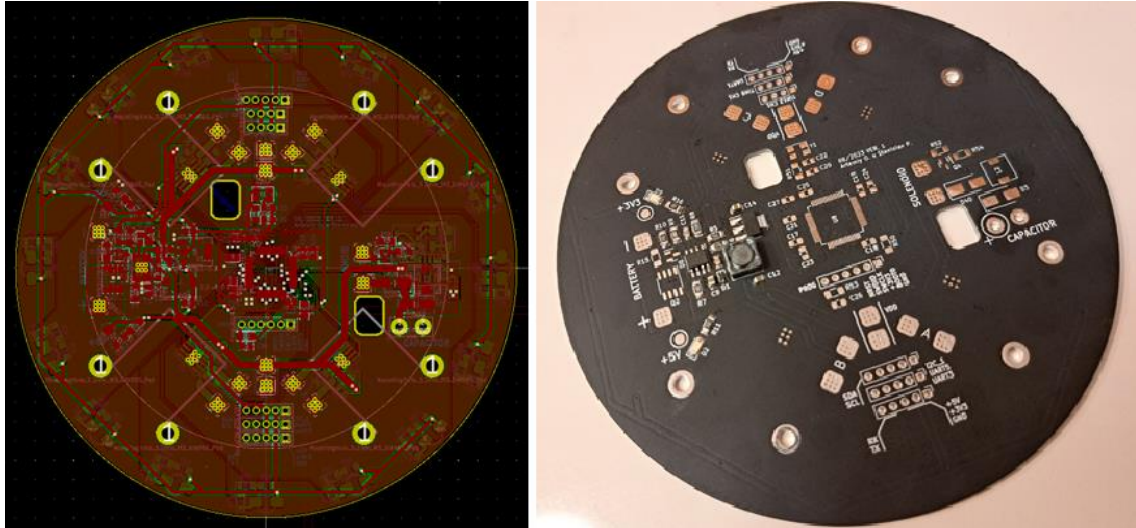


Рисунок 5. Модель материнской платы в программе KiCad (слева) и изготовленная плата (справа)

Также мы разработали плату для определения положения игрового мяча относительно робота (см. рисунок 6), в основе схемы лежит инфракрасные приемники TSSP4038 в количестве 32 штук. Обработкой значений с датчиков занимается микроконтроллер STM32F107RET6. Обработанные данные передаются на материнскую плату посредством интерфейса I2C.

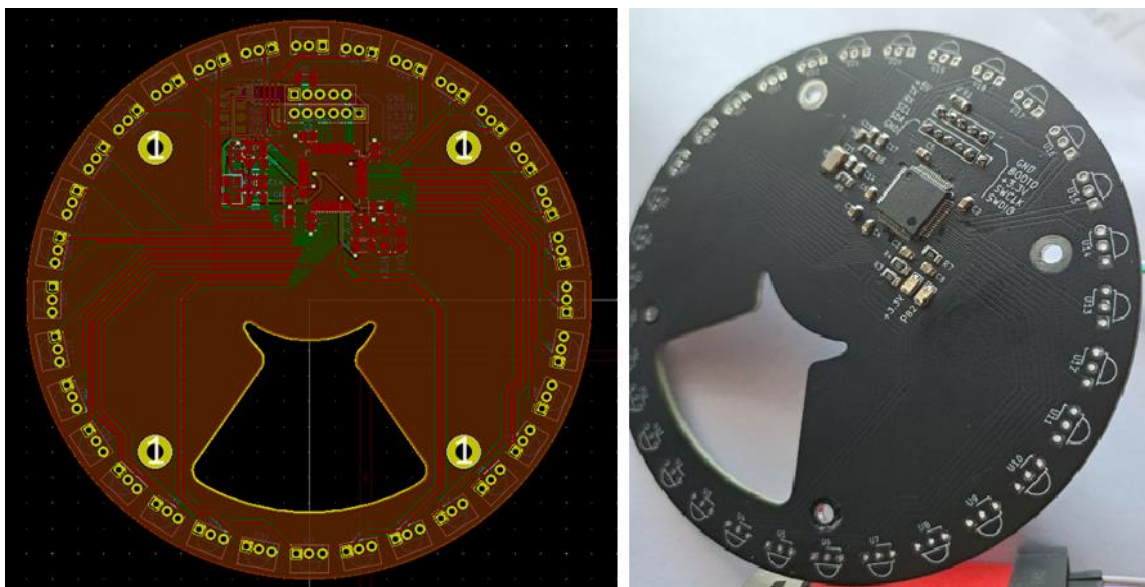


Рисунок 6. Модель платы поиска мяча в программе KiCad (слева) и изготовленная плата (справа)

Программирование

Все микроконтроллеры роботов программируются на языке C++. Реализованы следующие алгоритмы:

- Подъезд к мячу по специальной радиальной траектории, которая рассчитывается на основе положения мяча. Такой подход позволяет быстро подъехать к мячу и захватить его дриблером.
- Удар мячом из-за спины, после захвата мяча роботом используется оптическая локализация для наведения на ворота соперника (робот в этот момент смотрит на свои ворота). Последующий резкий рывок робота, позволяет высвободить мяч и направить его в нужные ворота.
- Исправление искажений на изображениях, полученных с использованием гиперболоидного зеркала. Алгоритм позволяет практически полностью исключить искажения на изображении (см. раздел [Оптическая система](#)). Оптическая локализация, реализуется за счет настройки камеры TrackingCam на распознавание своих и чужих ворот. Зная положения ворот относительно робота, можно определить актуальную позицию робота на игровом поле.
- Регулятор управления омниплатформой, рассчитывает скорость и направление вращения каждого мотора в зависимости от необходимого направления движения и скорости робота.

При разработке программного кода для роботов мы следуем парадигме ООП для структуризации нашего кода. Такой подход позволяет разделить ответственность в коде и упрощает процесс дальнейшей разработки.

Все датчики подключаются к микроконтроллеру материнской платы посредством интерфейсов UART и I2C.

Оптическая система

Как было описано в разделе выше, наша команда разработала алгоритм исправления искажений для изображений, полученных с

камеры TrackingCam. Следующий алгоритм включает в себя несколько этапов:

- Указание реперных точек (реперные точки могут быть просто черными кругами, главное, чтобы их было хорошо видно на полученном изображении). Для каждой такой точки указывается расстояние от центра точки до центра робота в мм и расстояние в пикселях на изображении.
- Используется алгоритм интерполяции (интерполяционный многочлен Лагранжа) для получения формулы $f(x) = y$, где f - функция интерполяции, x - расстояние от реперной точки до центра кадра в пикселях, y - расстояние от реперной точки до центра робота в мм. Такое выражение должно выполняться для всех реперов с необходимой точностью (в районе нескольких мм).
- Декартовы координаты каждой точки исходного изображения преобразуются в полярные координаты (r, ϕ) .
- Для каждой новой координаты пересчитывается радиус в соответствии с интерполяционной функцией $f(r) = R$, где R - новый радиус в мм для каждой точки изображения.
- Полярные координаты (R, ϕ) обратно преобразуются в декартовы для каждой точки изображения.

Ниже вы можете наблюдать результат работы нашего алгоритма (см. рисунок 7), также мы разработали программу для быстрого поиска интерполяционного многочлена на основе реперных точек, с примером работы вы можете ознакомиться по ссылке: [VK-видео](#). Обратите внимание, что часть изображения при этом обрезается (по краям, часть изображения в центре можно игнорировать, ведь в этом месте всегда будет находиться робот). Эту проблему можно решить, добавив к интерполяции алгоритм экстраполяции, чем наша команда сейчас занимается. В описанном алгоритме преобразуется каждая точка, но в реальных условиях это может занять значительное время. Поэтому преобразуются только точки, являющиеся воротами, преобразовывать остальные точки не имеет смысла (но это необходимо для демонстрации алгоритма).

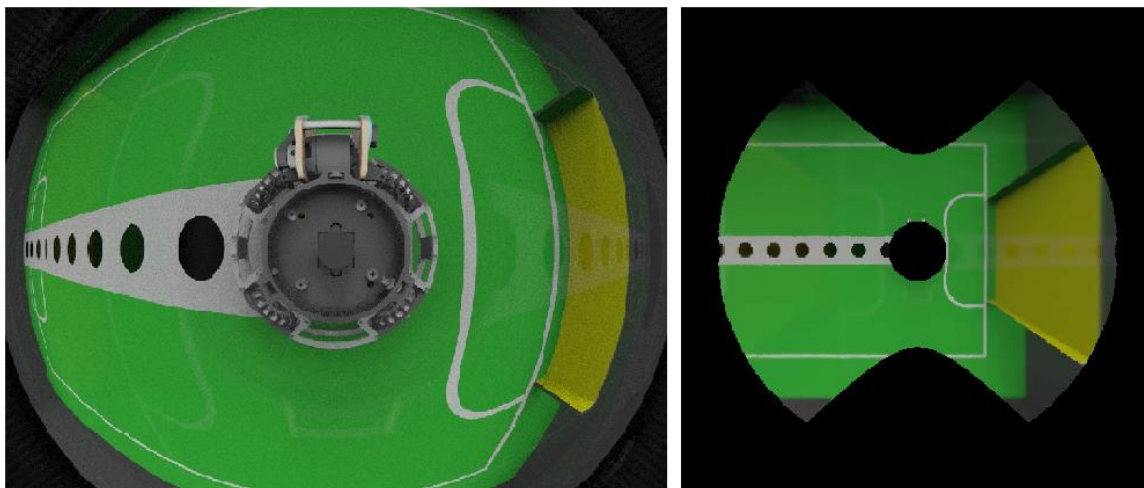


Рисунок 7. Рендер изображения, полученного с камеры робота (слева), при этом реперные точки выглядят как круги на белой полоске. Преобразованное с помощью нашего алгоритма изображение (справа)

Роли роботов

Наша команда использует стратегию игры, при которой один робот является нападающим, а второй вратарем.

Нападающий:

Цель нападающего захватить мяч и развернуться спиной к игровым воротам соперника. Используя оптическую навигацию, робот прицеливается на ворота и реализует удар, посредством мгновенного разворота на небольшой угол. Траектория подъезда робота к мячу зависит от удаления мяча от робота и его положения, используя данные о положении мяча мы можем формировать оптимальную траекторию, чтобы успеть захватить мяч первыми. Нападающий избегает выход за линию аута, также посредством оптической локализации.

Вратарь:

Основная цель вратаря - это находиться вблизи своих ворот и закрывать тот участок, на который сейчас направлен мяч. Для этого вратарь использует штрафную линию у своих ворот. Такой подход позволяет вратарю всегда находиться у ворот и закрывать оптимальный участок. Как только мяч находится вблизи вратаря, то робот “выпинывает” мяч, после чего возвращается на линию у ворот.

Заклучение

Наша команда продолжает активно развиваться, мы стараемся участвовать во всех соревнованиях своей лиги. На соревнованиях мы не только узнаем опыт и решения других команд, но и делимся своими. Такой подход позволил нам стремительно развивать наших роботов опираясь на свой опыт и опыт других команд.

Наша команда также хочет поблагодарить Центр “Планирования карьеры” и компанию “Резонит”, без них не получилось бы разработать этих роботов.



REZONIT