

Командный тур

Участникам нужно разработать и построить модель автономного мостового крана для сортировочной станции железной дороги. Кран должен двигаться по крайним путям сортировочной станции (на полигоне - по специальным направляющим) и перемещать маркированные контейнеры заданным образом между платформами. Для определения типов контейнеров и позиций их перемещения должно использоваться "машинное зрение с камерой, размещенной на каретке мостового крана. Участникам предоставляется полигон с направляющими, макетами железнодорожных платформ и грузовых контейнеров. На решение задачи выделено 3 дня (всего 24 астрономических часа), которые включают в себя:

- Создание 3D-модели прототипа в САПР,
- Изготовление деталей изделия на лазерном станке или 3D-принтере,
- Сборку конструкции и ее оснащение электроникой,
- Программирование и отладку,
- Прохождение тестовых испытаний

5.1. Описание полигона

Испытательный стенд (Полигон) представляет собой прямоугольный стол размером 1200 × 600 мм. Вдоль длинных сторон стола закреплены 4 ряда "рельсовых путей на равных расстояниях друг от друга. На рельсовые пути устанавливаются "железнодорожные платформы а на них - "контейнеры". Рельсы не обеспечивают легкое перемещение платформ, а только их точное позиционирование по координате Y (в дальнейшем, координатой обозначаем X положение вдоль рельсов, координатой Y - положение поперек рельсов. Благодаря рельсам, координата Y может принимать только несколько заранее известных, дискретных значений). Платформы могут быть сцеплены друг с другом, образуя "железнодорожный состав с фиксированным шагом между платформами.

Размер контейнера ($Д \times Ш \times В$) составляет 105 × 50 × 40 мм. По бокам крышки контейнера имеются выступы шириной 1.5-2 мм для более удобного захвата манипулятором.

Также вдоль длинных сторон стола закреплены линейные направляющие длиной не менее 1000 мм, на расстоянии 480-580 мм друг от друга. Конструкция направляющих различается на "ведущей" и на "ведомой" стороне полигона.

На ведущей стороне установлена заранее изготовленная каретка (платформа) с шаговым двигателем и концевым выключателем и натянут зубчатый ремень. Мо-

стовой кран, разрабатываемый командой, должен опираться на эту платформу и крепиться к ней в краевые пазы, быстросъемными винтами. Чертеж каретки, с габаритными и посадочными размерами, приведен в приложениях.

На ведомой стороне, к столу прикреплен алюминиевый профиль 20×40 мм. Команда должна самостоятельно сконструировать передвижную опору моста с этой стороны, используя в качестве колес, например, шарикоподшипники.

Участникам предоставляется один полигон на несколько команд, поэтому испытания на полигоне производятся поочередно, а конструкция мостового крана должна обеспечивать быструю установку и снятие с полигона.

Размещение управляющей электроники и ПО. Контроллер и все сопутствующие модули должны быть размещены на мостовом кране. От готовой каретки, к контроллеру подключается 4-контактный кабель шагового двигателя и 2-контактный кабель концевого выключателя. Питание на мостовой кран подается по проводу от сетевого блока питания (12V 2A). Обработка видеопотока и управление высокого уровня выполняется на ноутбуке. От мостового крана может выходить не более 3 кабелей: (1) USB-кабель от камеры к ноутбуку, (2) USB-кабель от ноутбука к контроллеру и (3) кабель питания 12V от сетевого блока питания, с максимальным током до 2A.

Маркировка. На верхние грани каждой платформы и контейнера наклеена пленка белого цвета, с визуальными маркерами. Цвет остальных поверхностей не регламентируется. Маркеры:

На платформе	На контейнере
прямоугольная рамка черного цвета, по размеру контейнера, толщина линии 5 мм	прямоугольная рамка зеленого цвета, по размеру контейнера, толщина линии 5 мм
QR-код, черного цвета, со стороной квадрата не менее 20 мм, содержащий название места назначения	QR-код зеленого цвета, содержащий название груза

QR-коды на платформе и на контейнере расположены полностью внутри рамки, но их смещение и ориентация не регламентируется (не обязательно по центру).

5.2. Основная задача

На 2-х путях сортировочной станции стоят составы с контейнерами. На двух других путях стоят пустые составы. Командам выдается "сортировочный лист файл данных в формате CSV, определяющий, контейнеры с какими грузами должны отправиться в какие города (поля "код груза" "код города" "кол-во"). Портальный кран должен, в автономном режиме, откалиброваться, отсканировать полигон, распознавая и запоминая положения позиционных меток и содержание QR-кодов, а затем переставить контейнеры в соответствии с "сортировочным листом".

Программа, анализирующая изображения и управляющая логикой работы устройства, находится в ноутбуке, для низкоуровневого управления устройством используется "бутерброд" на базе Arduino UNO, CNC-shield и драйверов шаговых двигателей. Обмен происходит по последовательному порту, за счет GCODE-подобных команд.

5.3. Промежуточные задачи

В течение 4-х дней соревнования участники имеют возможность заработать дополнительные баллы, до указанных дедлайнов демонстрируя работоспособность отдельных узлов устройства. Список промежуточных задач показан ниже. В последний день промежуточные тесты (помеченные звездочкой*) принимаются только в том случае, если команда не готова сдавать ни один из интегральных тестов.

Название теста	Методика проверки	Начисляемые баллы (по дням)			
		Д1	Д2	Д3	Д4
Конструирование и сборка					
Схват работает	Узел схвата собран, подключен к контроллеру, любым образом (например, с кнопки) переключается состояние схватить/отпустить, показан захват и удержание макета контейнера	3	2	1	1*
Ось X работает	Мост полностью собран (можно без каретки), установлен на тестовый стенд, привод оси X подключен к контроллеру, показано перемещение моста двигателем по всей длине путей. Управлять можно любым образом (например, с потенциометра)	4	3	2	2*
Калибровка X работает	Как в предыдущем тесте, но показана калибровка оси X по концевому выключателю.	1	1	0.5	0.5*
Ось Y работает	Каретка собрана, механизм ее перемещения собран, подключен к контроллеру. Показано, что диапазон перемещения каретки достаточен для позиционирования к каждому из рельсовых путей. Наличие собранного моста подразумевается, но движение по X не требуется. Наличие подъемного узла (ось Z) не требуется.	4	3	2	2*
Калибровка Y работает	Как в предыдущем тесте, но показана калибровка оси Y по концевому выключателю.	1	1	0.5	0.5*
Ось Z работает	Мост смонтирован, захват смонтирован, подъемный узел каретки собран, подключен, показан подъем/опускание (достаточно 2-х положений), показано, что высота в нижнем положении достаточна для захвата контейнера, а в верхнем - для перемещения контейнера над другими контейнерами (подъем не менее чем на 60 мм).	4	3	2	2*

Программирование (любой демонстрируемый код должен быть показан с исходниками). Демонстрируемая функциональность может быть в одном приложении или в нескольких отдельных						
Чтение QR-кода	Показано приложение на ПК, которое распознает и выводит любой QR-код с контейнера и с платформы.	2	2	1	1*	
Распознавание рамки	Показано приложение на ПК, которое распознает маркеры-рамки и выводит непрерывно обновляемые координаты их положения в кадре	2	2	1	1*	
Распознавание платформа/груз	Показано приложение на ПК, которое распознает (по цвету маркеров или другим признакам), находится ли в кадре платформа или контейнер.	2	2	1	1*	
Электроника и прошивка						
Драйвера откалиброваны по току	Показано, что каждый из используемых шаговых двигателей потребляет ток не более 400-500 мА (рекомендовано 200-300 мА для оси Y). Обязательный тест, без его прохождения команда не допускается к дальнейшим испытаниям.	2	1	0	1*	
Показана система команд	Показано, что прошивка контроллера умеет обрабатывать набор текстовых команд, достаточный для выполнения задания (калибровка, перемещение, подъем/опускание, захват/отпускание). Разрешается показывать на моторах "россыпью"(вне зависимости от степени готовности конструкции), команды выдаются вручную с терминала.		5	4	4*	
Интегральное тестирование						
Готовность у-ва (ручное управление)	Портальный кран полностью собран, подключен, показано перемещение по всем осям и работа схвата (любой способ управления контроллером)			5	4	
Позиционирование по камере	Устройство находит выставленный на полигон одиночный контейнер и позиционируется над ним, с ошибкой не более 5 мм (смещение позиции схвата относительно центра контейнера).			5	4	

Автоматический захват	Будучи установленным над контейнером, устройство по команде захватывает и поднимает его, а затем снова ставит на место. Повторить 5 раз, оценка умножается на долю удачных попыток. Выскальзывание контейнера, сброс контейнера с высоты, смещение более чем на 5 мм относительно исходной позиции после отпускания, переворот контейнера, считаются неудачными попытками.			5	4
Ручная сортировка	На полигон ставится $N = 10$ пустых платформ и столько же платформ с контейнерами. Управляя краном вручную, надо за 3 минуты переставить максимальное количество контейнеров на свободные платформы. Перестановка всегда выполняется с изменением обеих координат (не на соседнюю платформу). Баллы начисляются за контейнер, горизонтально стоящий между подпорками-ограничителями. N - количество выполненных перестановок			$1.5 \cdot N$	N
Сканирование грузов	На полигон ставится 5 пустых платформ и столько же платформ с контейнерами. Действуя автономно, устройство перемещается над путями, сканируя расположение платформ и контейнеров. Результаты выводятся в любом понятном текстовом формате, для каждого объекта должны отображаться тип объекта (платформа или контейнер), значение QT-кода, номер пути и позиция на пути (в мм). Максимальный балл умножается на долю правильно определенных объектов.			15	10

5.4. Финальный тест

Команде выдается (в виде текстового файла или распечатанный) "лист сортировки". На полигон в произвольном порядке ставится 5 пустых платформ и 5 платформ с контейнерами. Действуя автономно, устройство перемещается над путями, сканируя расположение платформ и контейнеров, а затем перемещает контейнеры на нужные платформы в соответствии с листом сортировки. При начальной расста-

новке гарантируется, что все целевые платформы свободны.

Баллы начисляются по формуле $5 \cdot N + 3 \cdot P - 3 \cdot F - 2 \cdot M$, где N - число правильно переставленных контейнеров, P - число неточно переставленных контейнеров (стоит на нужной платформе, сдвинут более чем на 5 мм, не горизонтален), F - число "испорченных" контейнеров (т.е. упавших, перевернутых, поставленных мимо платформы), M - число контейнеров, переставленных не на ту платформу. Если контейнер переставлен не на ту платформу, да еще и "испорчен" то он засчитывается и как F и как M (т.е. -5 баллов). Максимальная оценка - 25 баллов.

В том случае, если остается время до конца соревнований, организаторы имеют право назначить, в течение последнего дня, до 3-х временных слотов для выполнения финального теста. Команды, не успевшие подготовить устройство для финального теста к очередному временному слоту, теряют свою попытку. Командам, успевшим провести финальный тест несколько раз, засчитывается лучший результат.

Промежуточные тесты, за которые в данный день засчиталось бы 0 баллов, не проводятся. В последний день оставшиеся промежуточные тесты проводятся только между временными слотами для финальных тестов, либо при наличии свободных полигонов.

5.5. Сценарий проведения (расписание) соревнования

День 1 (Вторник 2 апреля).

10:00 - 11:00 - Ознакомление с площадкой, с заданием, ТБ, ответы на вопросы.

11:00 - 13:00 - командная работа,

13:00 - 14:00 - обед,

14:00 - 19:00 - командная работа

Приоритеты и задачи:

До обеда: изучить задание и имеющиеся комплектующие, в общих чертах придумать и нарисовать конструкцию, спланировать работу команды,

После обеда: конструктор(ы) - максимально моделировать, по возможности переходить к изготовлению деталей. Программист - эксперименты с камерой, распознавание QR-кодов и пр. Электронщик - настройка драйверов шаговых двигателей, написание кода прошивки

День 2 (Среда 3 апреля).

Утро - решение задач и обед.

16:00 - 19:00 - командная работа ,

Приоритеты и задачи:

По возможности, завершить моделирование устройства, переходить к изготовлению и сборке узлов. Электронщик, программист: управление собранными узлами с ПК, частичная отладка готовых узлов, сдача промежуточных тестов.

День 3 (Четверг 4 апреля).

10:00 - 13:00 - командная работа,

13:00 - 14:00 - обед,

14:00 - 19:00 - командная работа

Приоритеты и задачи:

В основном, завершить изготовление и сборку конструкции. Электронщик, программист: написание и отладки прошивки для Ардуино, управление собранными узлами с ПК, частичная отладка готовых узлов, программирование видеозрения. Сдача тестов с ручным перемещением контейнеров.

День 4 (Пятница 5 апреля).

10:00 - 13:00 - командная работа,

13:00 - 14:00 - обед,

14:00 - 16:00 - прохождение испытаний

Приоритеты и задачи:

Конструктор: участвует в до-сборке и тестировании или, по возможности, выполняет доп. задание. Электронщик, программист: отладка алгоритма перегрузки, интегральное тестирование. Прохождение финального испытания.