**Компетенция «Интернет вещей» (Юниоры)**

**Техническое описание роботов-манипуляторов и смарт-устройств**

(Некоторые виды оборудования могут не использоваться в конкурсном задании)

**Многозвенный робот-манипулятор (угловой) Applied Robotics AR-RTK-ML-01**

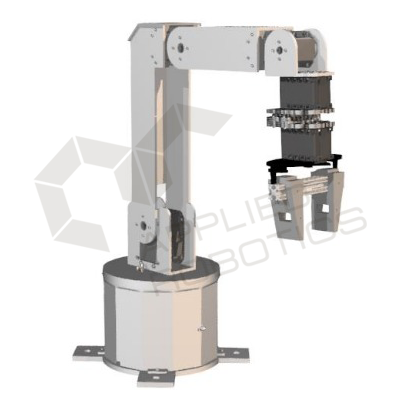


Рисунок 1. Пример конфигурации робота с угловой кинематикой

Количество сервоприводов: 6 (последний может быть заменен на другой инструмент)

Типы сервоприводов:

№№ 1, 2, 3, 4 – Серия MX Dynamixel

№№ 5, 6 – Серия AX Dynamixel

Параметры, поступающие с робота

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование параметра | Передаваемые значения\*\*\* | Физический смысл |
| Разрешение энкодера  (имп. на оборот/диапазон) | 0..1024 (Серия АХ) на 3000  0..4096 (Серия МХ) на 3600 | Количество импульсов энкодера на оборот/диапазон (нужно преобразовывать) |
| Температура серводвигателя\* | 0..100 | Температура в градусах Цельсия |
| Крутящий момент на валу\*\* (нагрузка на вал серводвигателя) | 0..2048  (0..1023 -> 0..100% По ЧС)  (1024..2048 -> 0..100% ПрСЧ) | Доля нагрузки от допустимой нагрузки (нужно преобразовывать) |

\* Автоматическая блокировка (отключение) моторов обычно настроена на превышение температуры в 65 градусов Цельсия

\*\* В некоторых случаях, обработчики данных от сервомоторов могут интерпретировать старший бит в данных крутящего момента как бит знака числа. В этом случае пересылаемое значение больше 1023 будет читаться на платформе «Интернета вещей» как отрицательное число из диапазона {-1024 .. -1} вместо {2048 .. 1024}

\*\*\* Значение «-1» (минус один) любого параметра следует в первую очередь интерпретировать как признак ошибки считывания значения

Управление движением роботом AR-RTK-ML-01 осуществляется координатно-позиционным методом – путем установки (передачи) желаемой конфигурации (позиции) робота, в которую он затем перемещается. В случае невозможности занять нужную позицию робот перемещается в максимально близкое к ней положение, либо отказывается от выполнения задания (игнорирует команду). Конкретный вариант поведения робота необходимо уточнить у технического специалиста на брифинге.

Координатный метод используется для управления положением инструмента робота. Существуют три возможных варианта формирования положения:

* Цилиндрическая система координат с фиксированным набором вертикальных координат;
* Прямоугольная система координат с фиксированным набором вертикальных координат;
* Прямоугольная система координат с произвольной вертикальной координатой.

Фактически при любом способе управления программное обеспечение робота транслирует заданные координаты в позиции сервоприводов, а также обеспечивает расчет всех промежуточных положений, необходимых для перемещения деталей робота.

Существует определенная проблема при расчете промежуточных состояний. Некоторые конфигурации прошивок роботов могут по-разному вести себя при прохождении рассчитанной траектории движения через зоны сингулярности. Часть прошивок пересчитывает движение и выполняет его по границе зоны сингулярности, а часть – блокирует перемещение полностью. Возможны ситуации, когда движение робота будет остановлено на границы сингулярности и робот перейдет в защитный режим (остановит движение).

ПРИМЕЧАНИЕ: Зоной сингулярности называется такая область пространства, в которую робот не может достигнуть при использовании программного пересчета координат.

Существует возможность преобразования координат между тремя возможными вариантами формирования положения. Вертикальная координата остается неизменной, а координаты в горизонтальной плоскости пересчитываются согласно перевода между полярной и прямоугольной системами координат.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Прямоугольная система координат робота синхронизирована с цилиндрической следующим образом:

* Центр (нулевая точка) обеих систем координат совпадает с центром робота (вертикальной осью первого серводвигателя)
* Линейный масштаб систем координат совпадает и выражается в мм.
* Угол поворота в цилиндрической системе координат отсчитывается от отрицательного луча оси Х прямоугольной системы координат и отсчитывается в градусах против часовой стрелки при наблюдении со стороны положительных значений координаты Z (при взгляде «сверху»).
* Прямоугольная система координат является правосторонней.

Таким образом, в стартовом положении в цилиндрической системе координат робот находится в позиции {180, 180, 0}, а в прямоугольной это положение задается координатами {180, 0, 0}.

Система управления роботом-манипулятором может быть настроена на позиционный режим управления (POI-режим). В том числе за счет централизованной системы управления площадкой (IoTControlCenter).   
В таком режиме в качестве параметра одной из координат передается номер целевой позиции и робот туда перемещается.



Рисунок 2. Пример расположения координатных систем роботов в составе гибкой производственной ячейки в одном из вариантов конкурсного задания.

**Робот-манипулятор со связанными осями (палеттайзер) Applied Robotics AR-RTK-PL-01**



Рисунок 3. Пример конфигурации робота с плоско-параллельной кинематикой

Количество сервоприводов: 5 (последний может быть заменен на другой инструмент)

Типы сервоприводов:

№№ 1, 2, 3 – Серия MX Dynamixel

№№ 4, 5 – Серия AX Dynamixel

Параметры, поступающие с робота:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование параметра | Передаваемые значения\*\*\* | Физический смысл |
| Разрешение энкодера  (имп. на оборот/диапазон) | 0..1024 (Серия АХ) на 3000  0..4096 (Серия МХ) на 3600 | Количество импульсов энкодера на оборот/диапазон (нужно преобразовывать) |
| Температура серводвигателя\* | 0..100 | Температура в градусах Цельсия |
| Крутящий момент на валу\*\* (нагрузка на вал серводвигателя) | 0..2048  (0..1023 -> 0..100% По ЧС)  (1024..2048 -> 0..100% ПрСЧ) | Доля нагрузки от допустимой нагрузки (нужно преобразовывать) |

\* Автоматическая блокировка (отключение) моторов обычно настроена на превышение температуры в 65 градусов Цельсия

\*\* В некоторых случаях, обработчики данных от сервомоторов могут интерпретировать старший бит в данных крутящего момента как бит знака числа. В этом случае пересылаемое значение больше 1023 будет читаться на платформе «Интернета вещей» как отрицательное число из диапазона {-1024 .. -1} вместо {2048 .. 1024}

\*\*\* Значение «-1» (минус один) любого параметра следует в первую очередь интерпретировать как признак ошибки считывания значения

Дополнительные сведения по обмену данными с системой управления (для роботов)

Параметры двигателей, которые не подключены к системе управления (не установлены) будут содержать случайные значения.

Значение «-1» чаще всего свидетельствует об ошибке считывания данных с датчиков сервомоторов робота

Основные принципы управления роботом AR-RTK-PL-01 совпадают с применяемыми для AR-RTK-ML-01.

Конструктивной особенностью данного робота является обеспечение позиционирование оси инструмента за счет механической связи между 2, 3 и 4 осями. Соответственно в задачах палеттайзинга (перемещения и укладки объектов) роботу требуется меньше приводов в конструкции.

**Промышленный робот-манипулятор с позиционным управлением**

При позиционном управлении применяется следующая схема управления:

Посредством цифрового регистра (D1) устанавливается целевая позиция или код необходимого движения, предварительного настроенного через контроллер управления робота. Затем через цифровой регистр разрешения движения задается признак разрешающий движение (в рамках конкурсного задания этим регистром управляет эксперт, разрешая движение в случае верного формата команды). Затем робот выполняет движение.

Если признак разрешения движения уже установлен на момент поступления кода целевой позиции, то робот выполняет движение сразу.

Однако, как правило макропрограмма робота настраивается так, что не выполняет повтор одного и того же движения, если код в цифровом регистре не меняется.

Всё время работы робота через регистр D2 передается код фазы движения робота. Как правило, есть соответствие (не совпадение) кода фазы движения и выполняемой команды. По изменению фазы можно понять, что делает робот и завершил ли он движение.

Рекомендуется при написании системы управления составить схему всех движений робота и нанести на них значения фаз.

Допустимый диапазон целевых позиций (значений регистра D1) как правило озвучивается на техническом брифинге перед началом модуля, так как набор движений зависит от секретного задания.

**Светосигнальная лампа (светофор)**

Светосигнальная лампа представляет собой составное сигнальное устройство, содержащие лампы четырех цветов, управляемых индивидуально.

Контроллер светосигнальной лампы получает команды от системы управления полем.

Система управления полем отправляет регулярные запросы к платформе ThingWorx и при получении данных с платформы формирует команду для светосигнальной лампы.

**Пульт удаленного управления (удаленный терминал)**

Пульт удаленного управления представляет собой составное индикаторное и пультовое устройство, включающее цветовые сигнальные индикаторы (лампы), текстовый дисплей, набор кнопок без фиксации, кнопку-переключатель с фиксацией и рычажный манипулятор с двумя осями (аналоговый джойстик).

Пульт удаленного управления работает с двунаправленным потоком данных, непосредственно обрабатывая поступающие от системы управления полем (контрольного центра) команды по изменению состояния индикаторов и текста на дисплее. Также с заданной периодичностью пульт отправляет на систему управления полем состояние счетчиков кнопок, кнопки-переключателя и степени отклонения рычажного манипулятора.

В текущей версии прошивки контроллера пульта удаленного управления не задана логика связи между действиями с органами управления, индикаторами и текстовым дисплеем. Все устройства работают независимо.

Текстовый дисплей управляется пересылкой двух параметров:

* Целочисленного значения номера строки (значения 1 или 2);
* Hex-кодированной ASCII-текстовой строки длиной до 16 символов (до кодирования). Символы кодирования задаются в нижнем регистре.

**Пульт управления рабочей сменой**

Пульт удаленного управления представляет собой пультовое устройство, оснащенное фиксирующимся переключателем (кнопкой). С заданной периодичностью пульт отправляет состояние переключателя на систему управления полем.

Важно понимать, что пульт не фиксирует сам момент переключения переключателя отправкой какого-нибудь пакета данных на платформу Интернета вещей. В регулярном режиме передается только состояние переключателя на момент передачи данных на платформу. То есть данный пульт не может использоваться для гарантированной передачи команд «включил и сразу выключил», поскольку краткие изменения состояния могут целиком уложиться в интервал времени между отправками данных на платформу Интернета вещей.

**Кнопочный сигнальный пульт**

Кнопочный сигнальный пульт представляет собой пультовое устройство, оснащенное нефиксирующейся механической или сенсорной кнопкой. Существуют два режима взаимодействия кнопочного пульта с платформой Интернета вещей:

* Сигнальный, при котором выполняется разовая отправка сигнала о нажатии кнопки с повтором отправки через заданные интервалы, если кнопка не была отпущена, или без повторных отправок (в зависимости от выбранного режима);
* Регулярный, при котором пульт отправляет состояние кнопки как счетчика количества нажатий на систему управления полем с заданной периодичностью.

Может применяться также расширенный сигнальный режим, при котором выполняется регулярная отправка состояния кнопки (нажата или отпущена), но с дополнительной нерегулярной отправкой данных в момент самого нажатия или отпускания кнопки.

**Световой барьер безопасности (сенсор безопасности, ИК-световой барьер)**

Световой барьер безопасности является измерительным устройством, передающим с заданной периодичностью показания установленных на нем датчиков расстояния (инфракрасных дальномеров) на систему управления полем (контрольный центр), которая затем отправляет эти данные на платформу ThingWorx.

В случае корректного измерения значений, сенсоры передают целые положительные значения, условно эквивалентные сантиметрам. Однако возможна отправка отрицательных, нецелочисленных и даже нечисловых значений, либо значений, выходящих за заданный диапазон измерений. Такие значения следует игнорировать при обработке.

Одновременно одно смарт-устройство может содержать сразу несколько дальномеров в своём составе.

Перед началом эксплуатации следует провести калибровку, определив значения для нескольких контрольных дальностей и рассчитав допуск (ошибку измерения).

ВНИМАНИЕ! Сенсор безопасности должен срабатывать с учетом нижней границы допуска.

Рекомендованный вид таблицы калибровки (для одного сенсора):

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Позиция | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Расстояние (см) | 30 | 60 | 90 | 120 | 150 |
| Значение 1 датчика |  |  |  |  |  |
| Значение 2 датчика |  |  |  |  |  |
| Значение 3 датчика |  |  |  |  |  |
| Ошибка (см) |  |  |  |  |  |

Для остальных значений необходимо использовать линейную интерполяцию значений при расчетах.

ВАЖНО! В текущей конфигурации на барьере установлены три инфракрасных дальномера.

**Модуль начального сброса/расстановки деталей (диспенсер деталей)**

Модуль предназначен для случайного размещения заданного количества деталей на координатной пластине. Выброс деталей происходит при получении команды с количеством деталей для сброса.



Рисунок 4. Пример конфигурации модуля начального сброса деталей

Детали расставляются/сбрасываются по очереди. В зависимости от конфигурации диспенсера детали могут раскладываться на координатной пластине различными способами. В базовой конфигурации детали выкладываются случайным образом.

После расстановки деталей модуль отправляет информацию о статусе и количестве выданных (размещенных) деталей с момента включения устройства. И, в последствии, выполняет повторную отправку этих же данных с периодичностью в 2 секунды (установка по-умолчанию).

**СМАРТ-камера**

Система технического зрения представлена специализированной камерой (СМАРТ-камерой») с функциями распознавания порядка размещения деталей на координатной пластине. Программное обеспечение камеры определяет размещение деталей и возвращает его в виде кодов изделий в матрице, соответствующей схеме координатной пластины.

Фактически, символы кодов изделий в одной строке матрицы (координатной пластины), соединенных в одно целое число, как цифры разрядов десятичного числа в позиционной системе счисления.

Смарт-камера возвращает набор кодов строк, а также номер проведенного распознавания.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  | 1000 |
|  |  |  |  |  |  | 200 |
|  |  |  |  |  |  | 30 |
|  |  |  |  |  |  | 4 |
|  |  |  |  |  |  | 0 |

Рисунок 5. Пример обработки результатов считывания расположения деталей смарт-камерой

Считывание значений происходит по команде, поступившей с облака, после чего смарт-камера регулярно отправляет это считанное значение в облако (по-умолчанию, отправка происходит каждые 2 секунды). Успешность считывания приводит к нарастанию счетчика считываний.

Счетчик может быть сброшен (обнулен) по команде из облака. Также отправка кодов может быть остановлена, например, для решения каких-то технических задач облачного приложения.

**Считыватель штрих-кодов (детектор кодов изделий)**

Считыватель штрих-кодов (Штрих-код ридер) предназначен для получения кода собираемого изделия. В общем случае считыватель может возвращать любые последовательности символов.

Коды изделий задаются как целые числа, остальные значения необходимо признавать ошибочными (неверными).

Детектор работает непрерывно, постоянно анализируя наличие штрих-кода (структурного кода) в области распознавания. Найденный код распознается и передается в регистр для отправки. Если код не найден, то в регистре сохраняется предыдущее значение.

Отправка значения на облачную платформу происходит с заданной периодичностью (по умолчанию, раз в 2 секунды) и отправляется текущее значение регистра.

ВАЖНО! Код «0» - это не ошибочное или «пустое» значение, а именно отдельный код, задаваемый предъявленным считывателю штрих-кодом.



Рисунок 6. Штрих-код с кодом «0» в формате Code-128

**Система дополненной реальности (на базе смарт-камеры)**

Технология дополненной реальности реализует отображение видеоданных с обзорной видеокамеры, с добавлением синтезированных изображений программно-формируемых объектов в виде трехмерных объектов или спрайтов.

Используемая на площадке система дополненной реальности функционирует на базе смарт-камеры, получающей изображение и обрабатывающей его прямо на борту. Трансляция результата обработки выполняется по проводной либо беспроводной сети. Привязка системы координат выполняется с использованием ArUco-меток.

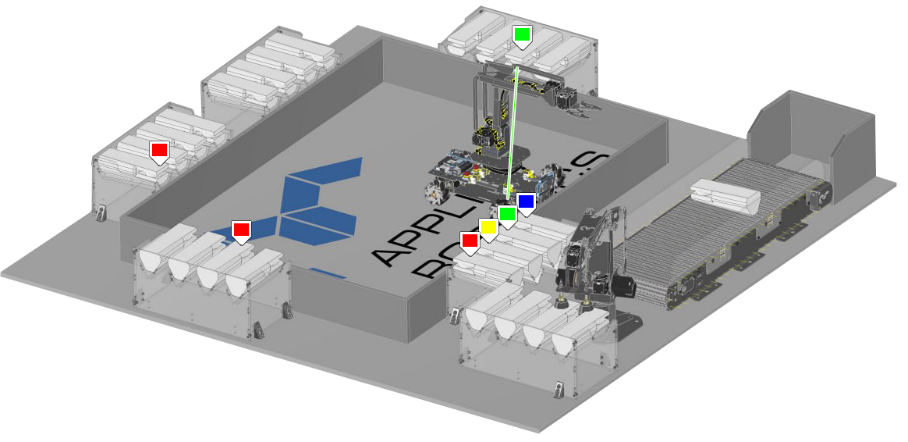


Рисунок 7. Пример работы системы дополненной реальности – отображение цветных маркеров (схематичный рисунок)

Для формирования изображения пользователям необходимо загрузить набор отображаемых маркеров в виде коллекции 3D-объектов через программное обеспечение смарт-камеры. Затем во время работы камеры на неё нужно отправлять управляющие команды, указывающие на пространственное размещение маркеров (объектов) и их параметры, например, цвет.

Для воспроизведения изображения необходимо использовать компьютер с веб-браузером, поддерживающим потоковую трансляцию видео (все современные браузеры).

Рекомендуемая конфигурация системы дополненной реальности включает:

* Смарт-камера с адаптером локальной сети Ethernet;
* Ethernet-hub;
* Мини-компьютер с HDMI-выходом;
* ТВ-панель.

Замечание: Все подключения выполняются проводным способом для избегания перегрузки эфира и нестабильности соединения.

Обычно смарт-камера в такой конфигурации размещается на задней стороне ТВ-панели так, чтобы изображение ТВ-панель выступала бы в роли «окна» для взгляда на соревновательное поле.