

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «ТРЕХЗВЕННЫЙ МАНИПУЛЯТОР» ДЛЯ ЛАБОРАТОРИИ РОБОТОТЕХНИКИ

И. В. Черных, В. Б. Поляков, С. С. Сыпачев
Пермский государственный национальный исследовательский университет,
614990, Пермь, Букирева, 15

В работе представлена разработка и применение программно-аппаратного комплекса «Трехзвенный манипулятор» для лаборатории робототехники. Робот выполнен на базе микроконтроллера ATmega328P (Atmel).

Ключевые слова: робототехника; манипулятор; педагогика

HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM «THE THREE LINK MANIPULATOR» FOR ROBOTICS LABARATORY

I. V. Chernykh, V. B. Polyakov, S. S. Sypachev,
Perm State University, Bukireva St. 15, 614990, Perm

The article represents development and application of hardware-software system “three-link manipulator” for robotics laboratories, describes a way of obtaining design documentation for its manufacturing (drawings, three-dimensional models of mechanics parts, electric circuit). The electronic robot part was created on the microcontroller ATmega328P (Atmel).

Keywords: robotics; manipulator; pedagogics

В современном мире робототехника все сильнее проникает в различные сферы деятельности человека – промышленность, здравоохранение, обеспечение общественной безопасности, развлечения и т.д. Это относится и к автоматизации промышленного производства – использование робототехники позволяет совершенствовать технологические процессы, повышая их качество и производительность. Для создания и обслуживания робототехнических систем требуются специалисты, обладающие компетенциями в данной области. Таким образом, включение робототехники в образовательные программы ВУЗов носит актуальный характер. Как правило, изучение робототехники требует учебно-методической базы, адаптированной под материальные возможности учебного заведения. Обучение робототехнике подразумевает наличие программно-аппаратных платформ, конструкторов, производство которых не развито в России. В виду высокой стоимости данных программно-аппаратных платформ, не каждое учебное заведение может себе их позволить. Описанные выше проблемы затрудняют внедрение робототехники в учебный процесс. В статье рассматривается разработка и применение программно-аппаратного комплекса (ПАК) для изучения

робототехники студентами ВУЗов, учеников старших классов общеобразовательных учреждений.

Цель работы – создать робот-манипулятор, который можно использовать для обучения студентов робототехнике. Во время обучения должны решаться задачи по конструированию робота из набора элементов (файлов, пригодных для 3D-печати), которые обучаемый может модифицировать в зависимости от постановки задачи. Стоит отметить, что возможность модификации элементов конструкции робота может выступать как конкурентное преимущество перед подобными робототехническими конструкторами. Еще одной важной задачей является обучение программированию робототехнической системы. Для этих целей используется скриптовый язык программирования. Скриптовый язык описания алгоритмов, основан на объектно-ориентированной технологии программирования.

В учебных заведениях при обучении робототехнике используются робототехнические комплексы, конструкторы. Как отмечалось выше, производство данных учебных комплексов в России слабо развито, следствием этого является высокие затраты на их приобретение для учебных заведений. Также к недостаткам, предлагаемых конструкторов можно отнести отсутствие возможности расширения аппаратной части робототехнического комплекса и его ограниченную функциональность. Различная сложность интерфейса программирования также является проблемным критерием при выборе комплекса. Стоит отметить, что в некоторых случаях, на комплексы отсутствует методическая поддержка. Все выше перечисленные факторы являются ключевыми проблемами при выборе робототехнического комплекса в лаборатории для обучения. Ниже приведена концепция предлагаемого решения:

- Механические элементы конструкции. Базовый набор деталей конструктора роботов может быть расширен как количественно, так и качественно. Элементы конструкции могут быть изменены или созданы новые, так как имеются их трехмерные модели, используя которые можно задействовать 3D-принтер прямо во время выполнения учебного задания. Для реализации этого решения необходимо наличие или создание библиотеки деталей конструктора.

- Электроника. Возможность включения в робототехническую систему разнообразных исполнительных устройств (различные двигатели, актуаторы, сервоприводы, индикаторы и т.д.) и сенсоров (датчики температуры, освещенности, влажности, видеокамеры и т.д.). В качестве процессорного устройства может быть использован, например, микроконтроллер. Можно использовать существующие аппаратные платформы, например, такие как Arduino, Raspberry Pi и т.п. При этом выбор аппаратной платформы будет обусловлен конкретной задачей.

- Программные средства. Язык программирования должен быть прост в освоении, но с другой стороны позволяет решать широкий круг задач (от доступа к ресурсам микропроцессорной системы, программирование портов ввода-вывода, таймеров, АЦП, ЦАП и т.д. до реализации алгоритмов искусственного интеллекта). Посредством графического интерфейса реализована возможность программирования на данном языке. На рис. 1 приведено техническое решение описанной выше концепции.

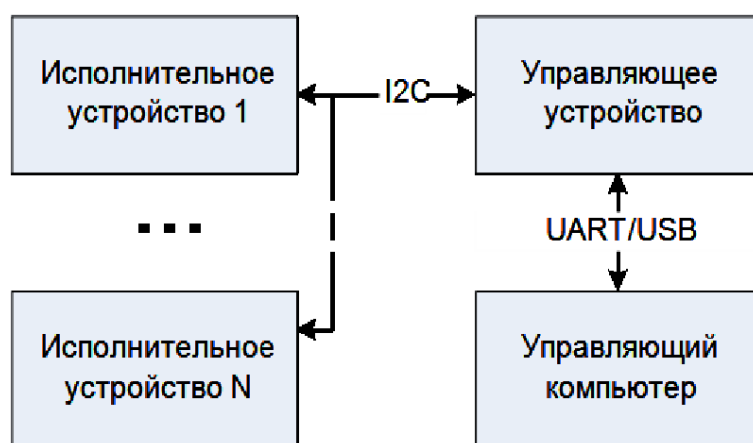


Рис.1. Функциональная схема комплекса

Разработанный комплекс (рис. 1) состоит из управляющего компьютера, управляющего устройства и одного или нескольких исполнительных устройств (манипуляторов).

Управляющий компьютер представлен в виде персонального компьютера с программой для операционной системы Windows, разработанной на объектно-ориентированном языке C#, представляющей собой интерфейс управления комплексом и состоящей из нескольких модулей:

- 1) модуля, реализующего управление манипулятором;
- 2) графического модуля, визуализирующего заданное положение манипулятора;
- 3) скриптового модуля, позволяющего пользователю с помощью набора команд реализовать собственные алгоритмы управления манипулятором.

Скриптовый модуль позволяет задействовать в обучении различные лабораторные работы для учащихся на скриптовом языке программирования [1]. В качестве скриптового языка программирования выбран язык Lua. Язык обладает лаконичным и выразительным синтаксисом, низким порогом вхождения, благодаря чему нашёл широкое применение в индустрии компьютерных игр, системах искусственного интеллекта и машиностроении. Пользователь имеет возможность управлять манипуляторами либо через графический интерфейс, либо с помощью программы, написанной на скриптовом языке.

Управляющее устройство представлено в виде платформы Arduino Uno R3, на базе микроконтроллера ATmega328P фирмы Atmel [5].

Предназначение данного блока состоит в передаче управляющего воздействия из графического интерфейса управляющего компьютера в робот-манипулятор. Стоит отметить, что низкая стоимость платформы, большое количество методической поддержки в Интернет-ресурсах, среда разработки с открытым лицензированием обеспечивают преимущество среди конструкторов-аналогов.

Исполнительное устройство комплекса выполнено на базе микроконтроллера ATmega328p фирмы Atmel в составе платформы Arduino Uno R3, отдельным устройством, с набором сервоприводов. Еще одним из преимуществ данной платформы является большое количество портов ввода-вывода, позволяющее подключать разнообразные периферийные устройства. В состав исполнительного устройства входят механические конструкции, изготовленные из PLA-пластика с использованием технологии 3D-печати. Данное решение существенно снижает общую массу конструкции, что в свою очередь, уменьшает нагрузку на сервоприводы манипулятора. Использование 3D-печати делает доступным создание достаточно сложных механических частей, упрощая их замену в случае повреждения. Процесс создания на начальном этапе включает в себя разработку трехмерной модели, осуществляемую в пакетах программного обеспечения трехмерного моделирования. Стоит отметить, что в качестве такого программного обеспечения, могут выступать системы автоматизированного проектирования с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно единой системе конструкторской документации (ЕСКД) [3]. Такой подход упрощает последующее воспроизведение конструкций и позволяет повысить их качество, за счет эскизного проектирования.

Управляющий компьютер связан с управляющим устройством посредством виртуального UART-интерфейса, передающим данные через USB-интерфейс. Управляющее устройство передает исполнительному устройству пакеты данных через интерфейс I²C. Выбор данного интерфейса был обусловлен простотой его реализации (две сигнальные линии) и возможностью подключения к шине I²C до 127 устройств (например, разрабатываемых манипуляторов).

При выполнении учебного задания студент, при помощи программы-графического интерфейса на управляющем компьютере производит настройку подключения к управляющему устройству. Далее, он получает возможность работы с приводами манипулятора в ручном режиме или с помощью интерпретатора скрипта. Программа дает возможность пользователю задействовать графический модуль, отображающий заданное положение манипулятора. Управляющий компьютер передает данные управляющему устройству, которое пересылает их исполнительному устройству. Исполнительное устройство (манипулятор), получив данные, производит их разбор согласно протоколу и формирует управляющие сигналы на исполнительные устройства манипулятора (сервоприводы).

Во время работы с разработанным комплексом, учащийся знакомится с особенностями построения робототехнических систем, реализует алгоритмы управления в электромеханических системах. Для данного комплекса на кафедре компьютерных систем и телекоммуникаций ПГНИУ разработан набор лабораторных работ.

На текущий момент реализована действующая модель комплекса. Разработана библиотека трехмерных графических моделей механических частей, программа-графический интерфейс для управляющего компьютера, программы для управляющего и исполнительного устройств.

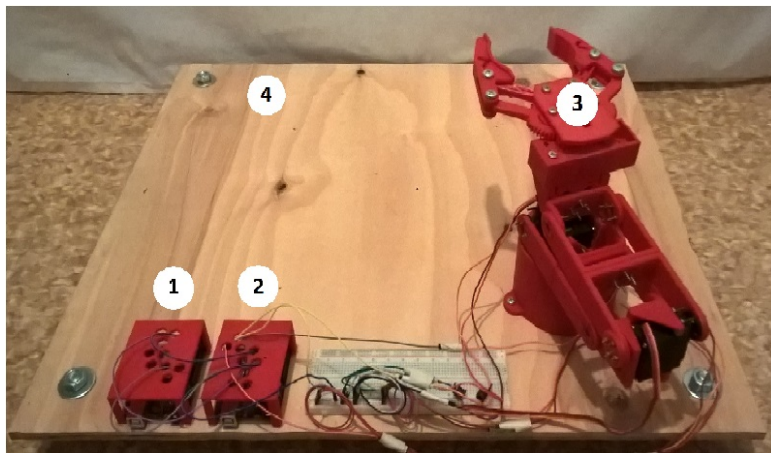


Рис.2. Лабораторная установка «Трёхзвенный манипулятор»: 1 – блок расширения и связи с управляющим устройством; 2 – блок управления манипулятором; 3 – манипулятор; 4 – рабочая область

В дальнейшем планируется расширить данный комплекс путем внедрения технологий машинного зрения [2] для реализации обратной связи. Использование видеокамер, алгоритмов обработки изображения, специализированных графических маркеров на корпусе робота [4] позволит идентифицировать положение механической конструкции в пространстве.

Список литературы

1. *Иерузалымски Р.* Программирование на языке Lua. Litres, 2017. 382 с.
2. *Baggio D. L.* Mastering OpenCV with Practical Computer Vision Projects. Packt Publishing Ltd, 2012. 340 p.
3. *Большаков В. П.* Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D. Практикум. БХВ-Петербург, 2010. 496 с.
4. *Скляренко М. С.* Оценка точности методов трекинга для определения 2D-координат и скоростей механических систем по данным цифровой фотосъемки // Компьютерная оптика. 2015. Том 39. №1. С. 125–135.
5. *Hughes J. M.* Arduino: A Technical Reference. O'Reilly Media, Incorporated, 2016. 638 p.