



Электронное научное издание
«Ученые заметки ТОГУ»
2014, Том 5, № 2, С. 247 - 253

Свидетельство
Эл № ФС 77-39676 от 05.05.2010
[http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/
ejournal@khstu.ru](http://pnu.edu.ru/ru/ejournal/about/ejournal@khstu.ru)

УДК 684.511; 62-506

© 2014 г. **Н. Ю. Встовский,**
Е. А. Шеленок, канд. техн. наук,
Г. В. Шеразадишвили

(Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск)

РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА I. АППАРАТНАЯ ЧАСТЬ

В работе рассматривается устройство учебного робота-манипулятора. Описаны основные компоненты учебного комплекса, обоснован выбор используемых материалов и комплектующих.

Ключевые слова: робототехника, мехатроника, учебное оборудование, робот-манипулятор,

N. Y. Vstovsky, E. A. Shelenok, G. V. Sherazadishvili EDUCATIONAL ROBOT MANIPULATOR DEVELOPING I. HARDWARE

This paper considers the training device's robotic arm. Describes the basic components of an educational complex, justified the use of materials and components.

Keywords: robotics, mechatronics, training equipment, robot manipulator.

Введение

В современном мире основным направлением развития промышленности является автоматизация производства. Это способствует росту его эффективности за счет повышения качества выпускаемой продукции, а также сокращения доли рабочих, занятых в различных сферах производства.

Одним из основных элементов автоматизации промышленных предприятий является использование роботизированных комплексов, состоящих из механических манипуляторов и систем управления ими. Применение промышленных роботов-манипуляторов позволяет исключить влияние человеческого фактора на производстве, повысить точность выполнения технологических операций, в определенной степени уменьшить воздействие вредных факторов на персонал, сократить площадь производственных помещений и обеспечить бесперебойную работу производства в течении 365 дней в году. [2]

Необходимость исследования и совершенствования систем управления манипуляционными роботами прежде всего обусловлено их широким применением. Подобные устройства используются в строительной отрасли (краны-манипуляторы), металлургии (прокатные станы, ковочные манипуляторы), горнодобывающей промышленности (бурильные машины), химической промышленности (манипуляторы для работы с токсичными и радиоактивными материалами), судостроительной и авиационной отраслях (сварочные и сборочные манипуляторы, манипуляторы для резки металлов) и других областях.

Несмотря на различное техническое исполнение, любой манипуляционный робот состоит из нескольких степеней подвижности (звеньев) и исполнительных механизмов (двигателей), приводящих звенья в движение. В качестве перемещающих звенья манипулятора механизмов, в зависимости от назначения робота, чаще всего используются шаговые двигатели либо сервоприводы различной мощности. Отметим, что шаговым двигателям отдается предпочтение в случае если скорость перемещения звеньев робота не является критичным параметром. Например, данный тип приводов может использоваться при построении грузовых манипуляторов. Если же требуется обеспечить высокую скорость движения робота (например, манипулятора, производящего сборку деталей), то наиболее целесообразно использовать сервоприводы.

Укрупненно процесс разработки робота-манипулятора состоит из двух этапов:

- разработка механической части робота (выбор материала для изготовления составных частей, а также типа исполнительных механизмов);
- разработка системы управления манипулятором (выбор контроллера, выбор средства программирования, разработка алгоритмов управления).

Для подготовки технических специалистов, компетентных в области работы с роботами манипуляторами, помимо теоретических знаний важно сформировать практические навыки использования подобных устройств. Зачастую данную проблему нельзя решить, предоставив обучающимся доступ к промышленному оборудованию, поскольку их действия могут нанести ущерб как оборудованию, так и человеку. Поэтому необходимо отработать базовые навыки работы с оборудованием, а также действия, предпринимаемые в нестандартных и аварийных ситуациях.

Существуют различные методы, так или иначе решающие эту задачу, однако они не отличаются требуемой гибкостью и не в полной мере дают практические представления о современном производстве. Поэтому целесообразно разработать учебный комплекс, удовлетворяющий всем современным требованиям, основой которого станет робот-манипулятор.

Схема, функциональное назначение и составные элементы манипулятора

Форма рабочей зоны и возможности манипулирования объектом определяется кинематической структурной схемой манипулятора, представленной на рис. 1.

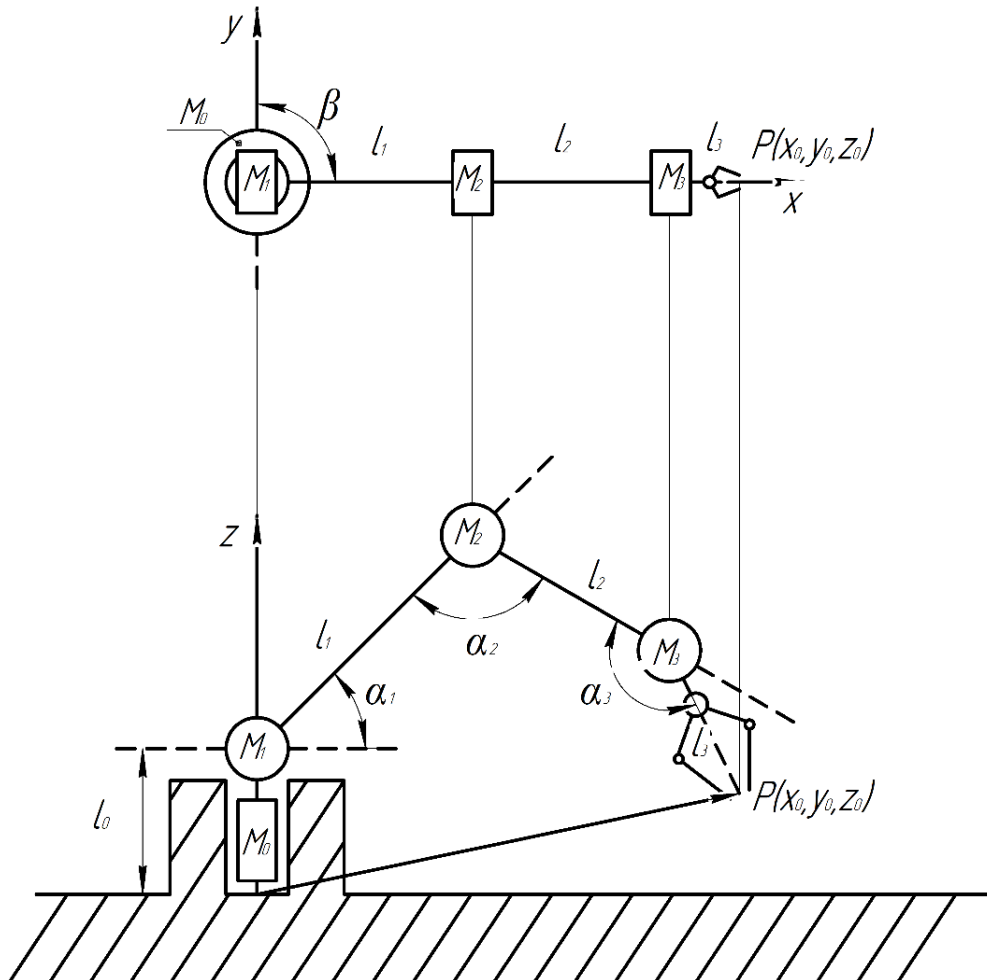


Рис. 1. Кинематическая модель робота-манипулятора.

Представленная схема свидетельствует о том, что разрабатываемый манипулятор перемещается в ангулярной (сферической) системе координат, так как движение объекта в пространстве происходит только за счет относительных угловых поворотов звеньев робота. Такая система координат наиболее универсальна и обеспечивает обслуживание наибольшей рабочей зоны. Однако, недостатком является пониженная жесткость манипулятора, из-за чего возникают трудности с обеспечением необходимой точности позиционирования, но это приемлемое допущение в рамках решения поставленной проблемы. [1]

Манипулятор по своему функциональному назначению должен обеспечивать перемещение объекта манипулирования в пространстве по заданной траектории и с заданной ориентацией. Для полного выполнения этого требования основной механизм манипулятора должен иметь не менее шести степеней свободы. Однако, манипуляторы с шестью степенями свободы сложны как в изготовлении, так и в эксплуатации, поэтому в реальных конструкциях используется менее шести степеней подвижности. Наиболее

простые манипуляторы имеют три, реже две, степени свободы, что удешевляет и упрощает конструкцию. В разрабатываемом роботе-манипуляторе будет реализовано четыре степени свободы, что обеспечит движение по заданной траектории и позволит сохранить ориентацию объекта в пространстве, но при этом не сильно усложнит конструкцию.

Для изготовления манипулятора можно использовать легкие металлы и сплавы, а также различные полимеры. В разрабатываемом манипуляторе используется алюминий, так как он достаточно легок, дешев и прост в обработке. При рабочих длинах 17,5 и 15 см для первого и второго модуля соответственно, их вес составит 63 и 52 г. Захват манипулятора изготовлен из акрила, что позволяет снизить нагрузку на двигатели и увеличить максимальный вес поднимаемого груза.

Основание манипулятора, так же и модули, изготовлено из алюминия. Для снижения нагрузки на двигатель, вращающий манипулятор, а также уменьшения силы трения вала и деталей основания используется шариковый однорядный подшипник. Основание имеет достаточно большую площадь и массу, что позволяет не закреплять манипулятор на рабочей поверхности. В итоге, масса всего устройства составит примерно 1,2 кг.

При использовании двигателей с моментом силы 18,5 кг*см для поворота первого и второго модулей и 10кг*см для поворота захвата и общей рабочей длине в 45 см, предполагается перемещать грузы массой до 200 г. по всей рабочей зоне.

Структурная схема разрабатываемого манипулятора представлена на рис. 2

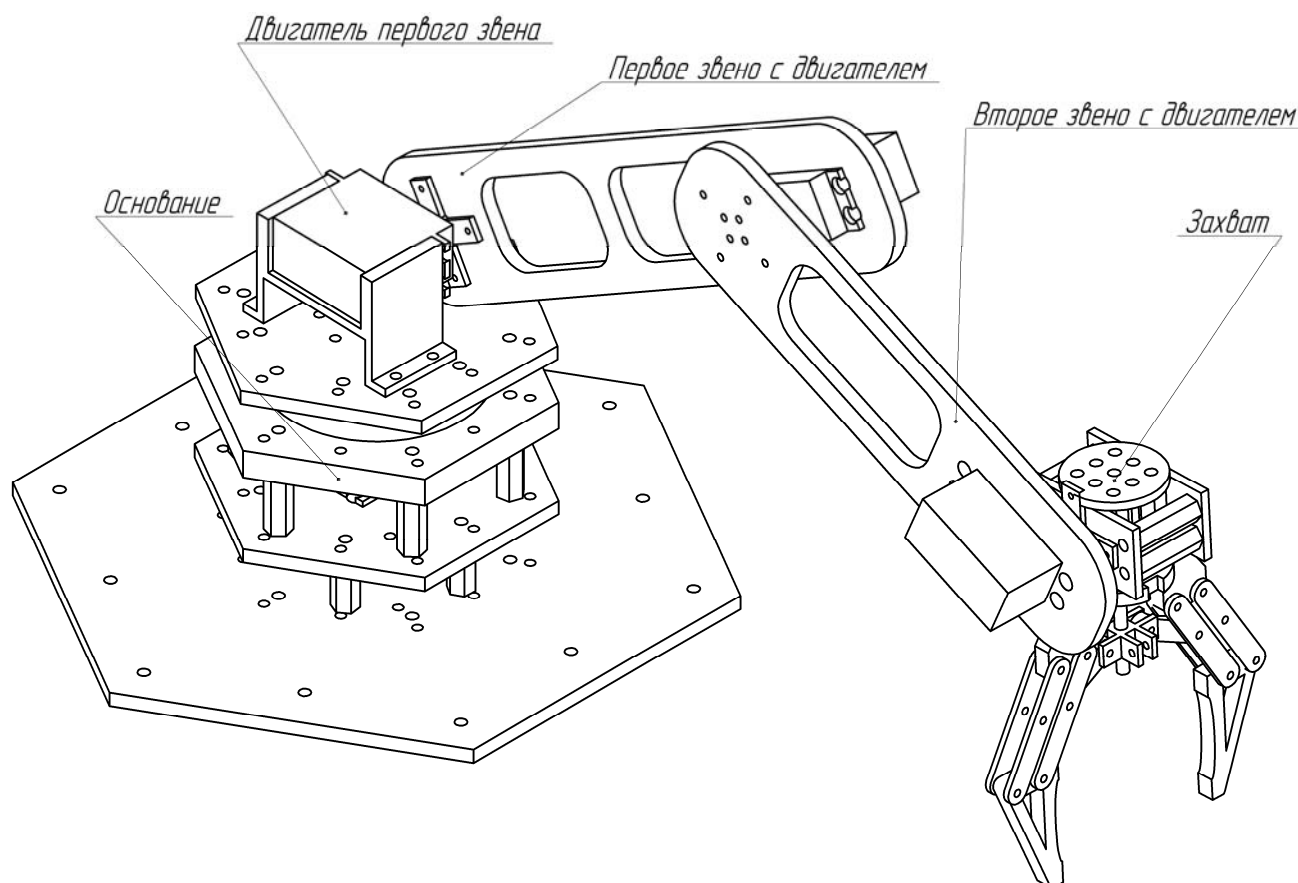


Рис. 2. 3D-модель робота-манипулятора.

Для обеспечения движения модулей роботов на практике используются различные двигатели, для данной конструкции целесообразно использовать цифровые серводвигатели. Известно, что сервоприводы по типу управления делятся на два типа: анало-

говые и цифровые.

Последние обладают значительно лучшими характеристиками, а именно:

- более высокие скорости вращения;
- большие значения крутящих моментов и меньшие габариты.

По сравнению с ближайшими аналогами – шаговыми двигателями, сервоприводы работают с большей скоростью без потери момента и потенциально обеспечивают большую точность за счет обратной связи по положению. Не смотря на то, что сервоприводы дороже шаговых двигателей, их использование существенно повышает характеристики манипулятора.

В разрабатываемом манипуляторе для движения звеньев используются цифровые серводвигатели компании FeeTech, модель FT5519M (рис. 3) со следующими характеристиками:

- размеры: 40,2 x 20,0 x 38,6 мм;
- рабочее напряжение: 6В;
- момент силы: 18,5 кг*см;
- скорость (без нагрузки): 0,15 с /60 °
- рабочие углы: 0 - 180 °;
- длительность импульсов: 500-2500 мс;
- вес: 56 г;

Так как для вращения базы манипулятора не требуется большой момент силы (основная нагрузка приходится на подшипник в основании), то используется более дешевый цифровой серводвигатель MG995 компании ServoTower (рис. 3) со следующими характеристиками:

- размеры: 40,7 x 19,7 x 42,9 мм;
- рабочее напряжение: 6В;
- момент силы: 10 кг*см;
- скорость (без нагрузки): 0,16 с /60 °
- рабочие углы: 0 - 180 °;
- длительность импульсов: 500-2500 мс;
- вес: 55 г;

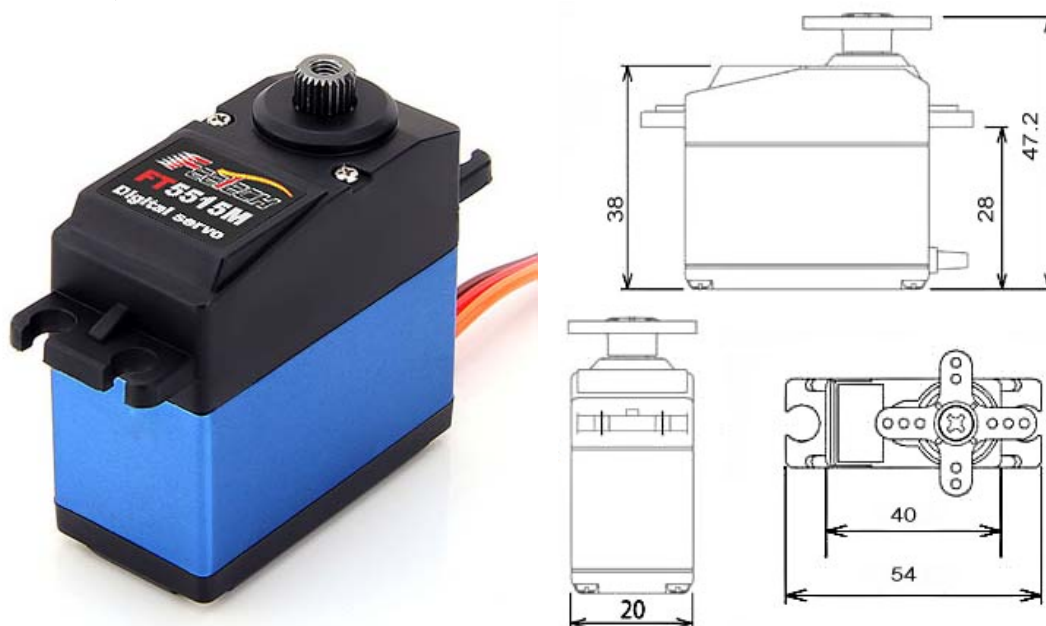


Рис. 3. Фотография FT5519M и габаритные размеры MG995

Для управления роботом-манипулятором удобно использовать связку из персонального компьютера, служащего для расчетов и формирования программы управления, а также платы управления на базе микроконтроллера, удовлетворяющего следующим требованиям:

- 4 канала, генерирующих ШИМ сигнал с шириной импульсов от 500 до 2500 мкс или более;
- цифровые и аналоговые входные каналы для датчиков и периферийных устройств;
- разрешение ШИМ менее 1 мкс;
- последовательный интерфейс UART/TTL (5V);
- раздельное управление скоростью и ускорением для каждого канала;

Данным требованиям удовлетворяют как контроллеры для быстрого прототипирования на базе микропроцессоров Atmega архитектуры AVR (Atmega 328p, Atmega 1280), так и специализированные решения для управления сервоприводами компании Pololu (семейство Pololu Maestro).

В разрабатываемом комплексе в качестве платы управления используется контроллер Arduino UNO (рис. 4). Контроллер обладает следующими характеристиками: [3]

- микропроцессор: Atmel Atmega 328p архитектуры AVR;
- тактовая частота: 16 МГц;
- ОЗУ: 2 кбайт;
- ПЗУ: 32 кбайт;
- таймеры: один 16-разрядный и два 8-разрядных;
- количество цифровых портов ввода/вывода: 14, из которых 6 генерируют ШИМ сигнал;
- количество аналоговых портов ввода/вывода: 6;
- связь: UART TTL

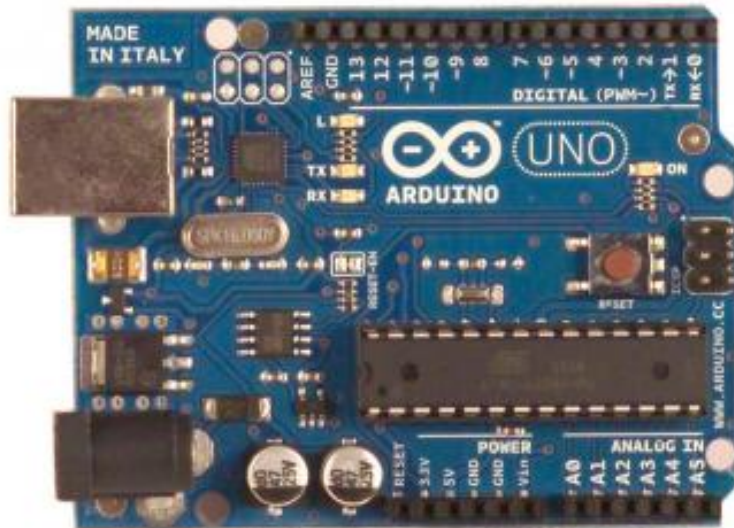


Рис. 4. Контроллер Arduino UNO

Современное промышленное оборудование управляется при помощи языка программирования устройств с числовым программным управлением G-code, поэтому в качестве основы системы управления будет взят именно он. Это позволит использовать

существующие CAD/CAM системы для написания программ управления манипулятором. Однако, большинство таких систем генерирует код в декартовой системе координат, к тому же она легче для восприятия человеком. В следствие этого, в качестве расчетной системы координат будет использоваться декартова.

Заключение

Рассмотрены характеристики модели учебного робота-манипулятора. Подобное устройство, сопровождаемое дополнительными датчиками, периферийными устройствами, лабораторным практикумом и методическими указаниями позволит проводить учебные, исследовательские и лабораторные работы по механике промышленных роботов, изучению САУ, ТАУ, CAD/CAM систем, наладке роботов, изучению точности позиционирования, электронике и программированию, мехатронике и деталям машин.

Список литературы

- [1] Зенкевич С. Л., Ющенко А. С. Основы управления манипуляционными роботами. 2-е изд. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 480 с.
- [2] Хлытчиев М. С. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов. — М.: Радио и связь, 1985.
- [3] <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>.

E-mail:

Встовский Н. Ю. – nikvst@gmail.com;

Шеленок Е. А. – cidshell@mail.ru;

Шераздишвили Г. В. – this.my.mail@mail.ru