

# СЕКЦИЯ IV РАДИОЭЛЕКТРОНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ И СВЯЗЬ

---

## МОДЕЛЬ МАНИПУЛЯТОРА С ЧЕТЫРЬМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ С ДИСТАНЦИОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

А. Д. Шведов, Ю. В. Ковалев

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический  
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель В. А. Савельев

Манипулятором принято называть тип промышленных роботов с функциями, аналогичными функциям человеческой руки. Манипулятор может быть как самостоятельным устройством, так и находиться в составе более сложного роботизированного комплекса.

Основу манипуляторов составляют пространственные механизмы со многими степенями свободы. Манипуляторы выполняют работы в средах, недоступных или опасных для человека (подводные глубины, вакуум, радиоактивная и другие агрессивные среды), а также вспомогательные работы в промышленном производстве. Манипуляторы используются в медицинской технике (например, в протезировании).

Манипуляторы делятся на управляемые человеком и автоматические манипуляторы (роботы-манипуляторы как разновидность роботов). Проектирование механизмов-манипуляторов требует решения таких задач, как создание маневренности, устойчивости в работе, выбор правильного соотношения полезных и холостых ходов. Иногда требуется проектирование таких систем, в которых оператор чувствует усилие, создаваемое на рабочем органе или на грузозахвате.

Таким образом, разработка модели манипулятора с четырьмя степенями свободы с дистанционным управлением является актуальной задачей.

Цель данной работы – разработка аппаратной и программной реализации модели манипулятора. Модель должна представлять собой манипулятор в виде механической руки с четырьмя степенями свободы и двумя режимами работы – ручным управлением и автоматической работой по заданному циклу. Также ставилась задача реализации дистанционного управления посредством пульта дистанционного управления, который включает в себя 2 джойстика и 3 функциональных клавиши. Функциональные схемы манипулятора и пульта дистанционного управления приведены на рис. 1 и 2 соответственно.

Функциональная схема манипулятора (рис. 1) включает в себя 6 сервоприводов, плату расширения ШИМ-сигнала, микроконтроллер, радиомодуль и блок питания.

Для приведения в движение частей манипулятора используются 6 сервоприводов серий DS32xx и MG996R с крутящим моментом от 13 до 30 кгс · см и углами поворота 180 и 270°. Все указанные сервоприводы управляются за счет изменения длительности импульса ШИМ-сигнала (входы PWM) частотой 50 Гц. Непосредственное управление сервоприводами осуществляется с помощью платы расширения ШИМ-сигнала, выполненной на базе восьмибитного, шестнадцатиканального ШИМ-контроллера PCA9685 с настраиваемой частотой ШИМ от 24 до 1527 Гц.

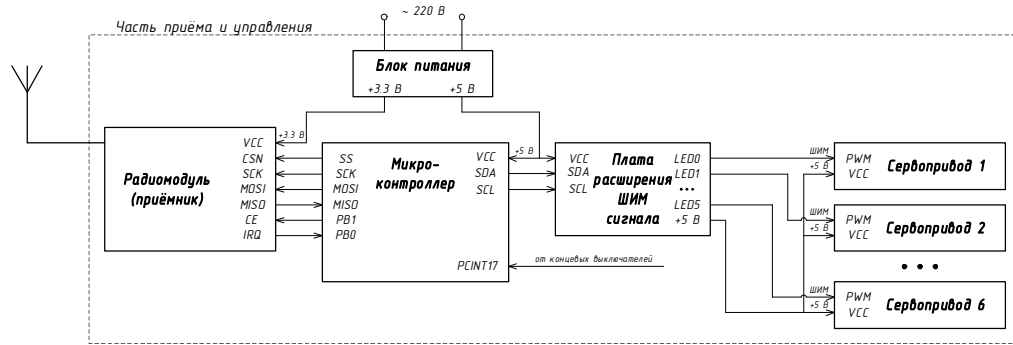


Рис. 1. Функциональная схема манипулятора

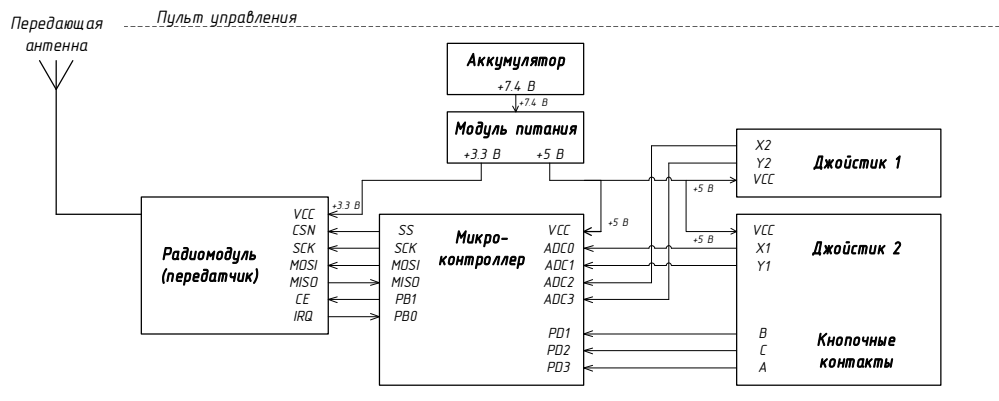


Рис. 2. Функциональная схема пульта дистанционного управления

Система управления манипулятором построена на базе микроконтроллера, предназначенного для обработки входящей информации и формирования управляющих сигналов. В качестве микроконтроллера используется микросхема Atmega168 с внешним кварцевым резонатором на 16 МГц.

Передача параметров ШИМ-сигнала от микроконтроллера к плате расширения ШИМ-сигнала осуществляется при помощи интерфейса I2C.

При захвате предметов сервопривод захвата испытывает перегрузку, так как сервопривод продолжает прикладывать усилие, направленное на смыкание захвата, необходимое для удержания груза. Для защиты сервопривода от перегрузки используются два нормально разомкнутых контакта, расположенные на обеих частях захвата. При смыкании захвата контакты соприкасаются с грузом, и контроллер получает сигнал остановки сервопривода захвата.

Дистанционное управление манипулятором осуществляется по радиоканалу на частоте 2,4 ГГц. Для приема команд по радиоканалу используется радиомодуль nRF24L01, работающий в режиме slave (ведомый) для приема информации.

Передача данных от радиомодуля к микроконтроллеру осуществляется посредством интерфейса SPI.

Функциональная схема пульта дистанционного управления (рис. 2) включает в себя радиомодуль nRF24L01, настроенный в режим master (ведущий), микроконтроллер Atmega168, а также два джойстика, выходы X1, Y1, X2, Y2 которых подключены к входам ADC0–ADC3 АЦП микроконтроллера. Кроме того, на схеме имеются три кнопочных контакта (A, B, C), подключенные к дискретным входам PD1–PD3 микроконтроллера.

Манипулятор работает следующим образом: оператор воздействует на джойстики и кнопочные контакты. Сигналы от них поступают на микроконтроллер пульта дистанционного управления, кодируются и отправляются в буфер радиомодуля-передатчика.

Переданная информация принимается приемником манипулятора, на основании чего микроконтроллер манипулятора формирует управляющий сигнал и отправляет его на плату расширения ШИМ-сигнала, и далее – на сервоприводы манипулятора.

Для данной модели реализовано два режима управления – ручной и автоматический.

В ручном режиме управление манипулятором осуществляется оператором с помощью пульта дистанционного управления при помощи кнопок и джойстиков. В автоматическом – манипулятор работает по заранее заданному циклу.

Пульт дистанционного управления снабжен двумя джойстиками и тремя кнопочными контактами. Каждый джойстик управляет двумя сервоприводами, отвечающими за вращение в определенной плоскости. Для управления оставшимися двумя сервоприводами предусмотрены кнопки *A* и *C*. Кнопка *A* отвечает за управление сервоприводом вращения механизма захвата манипулятора. Кнопка *C* отвечает за сжатие и разжатие механизма захвата манипулятора. Кнопка *B* отвечает за выбор одной из двух скоростей работы манипулятора.

На рис. 4 и 5 приведена аппаратная реализация манипулятора. В настоящее время манипулятор находится на стадии макетирования и отладки программного обеспечения.

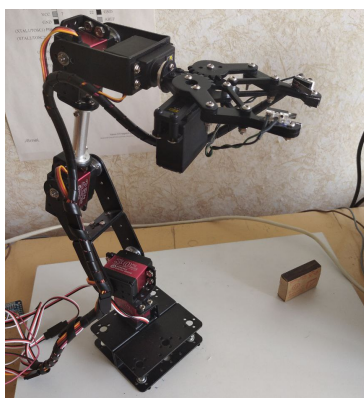


Рис. 4. Общий вид манипулятора

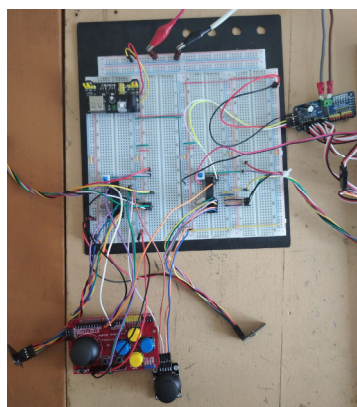


Рис. 5. Макетная плата системы управления

Разработанную модель планируется использовать в качестве лабораторного стенда для обучения программному управлению манипулятором.

### Литература

1. Промышленные роботы и манипуляторы. – Режим доступа: [http://cncnc.ru/documentation/theory\\_of\\_mechanismus\\_and\\_machines/lect\\_19.htm](http://cncnc.ru/documentation/theory_of_mechanismus_and_machines/lect_19.htm). – Дата доступа: 30.03.2022.
2. Arduino. – Режим доступа: <https://www.arduino.cc>. – Дата доступа: 30.03.2022.
3. Microchip technology. – Режим доступа: <https://www.microchip.com/en-us/product/ATmega-168pa>. – Дата доступа: 30.03.2022.
4. Nordic Semiconductor. – Режим доступа: <https://www.nordicsemi.-com/Products/nRF24-series.htm>. – Дата доступа: 30.03.2022.
5. Подключение модулей связи 2,4 ГГц на базе чипов nRF24L01+. – Режим доступа: <https://aterlux.ru/article/nrf24l01p#STATUS>. – Дата доступа: 30.03.2022.
6. PCA9685 – 16-канальный PWM/Servo модуль с I2C. – Режим доступа: <https://micro-ri.ru/pca9685-16-канальный-pwm-servo-i2c/>. – Дата доступа: 30.03.2022.