

## АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ВОСПРОИЗВЕДЕНИЮ ВИРТУАЛЬНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА МАТЕРИАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ

**Колесников М. А.**

*Научный руководитель: Юдин А. В.*

МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедра ИУ4, Москва, Россия

### HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM TO REPRODUCE A VIRTUAL IMAGE ON A MATERIAL PLANE

Kolesnikov M. A.

*Supervisor: Yudin A. V.*

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

#### **Аннотация**

В работе<sup>1</sup> приводится описание оригинального аппаратно-программного комплекса (устройства), которое с помощью специального программного обеспечения и алгоритмов управления позволяет вычерчивать кривые на материальной плоскости. Рисование происходит в ограниченном пространстве при помощи различных чертежных инструментов или материалов. Программный интерфейс высокого уровня написан на языке Smalltalk. Непосредственное управление на низком уровне осуществляет восьмибитный микроконтроллер Atmega. В работе помимо чисто функциональных требований к устройству учитывалась необходимость использования результатов в образовательной среде.

#### **Abstract**

The paper describes the original hardware and software system (device), which with the help of special software and control algorithms allows you to plot the curves on the material plane. Painting takes place in a limited space with various drawing tools or materials. High-level programming interface is written in Smalltalk. Direct control at a low level carries an eight-bit microcontroller Atmega. In addition to the work of a purely functional requirements to take into account the need to use the device results in the educational environment.

#### **Введение**

Данная работа посвящена описанию работы устройства, которое связывает виртуальное и материальное. Идея автора — показать в том числе и возможности виртуальной разработки, целью которой в инженерном деле всегда было создание реальных материальных конструкций и устройств, которые в свою очередь служили бы людям. Использование же возможностей современной вычислительной техники далеко не всегда замыкается на физический мир и очень часто разработчики, забывая об истинном назначении компьютеров, не выходят за пределы воображаемых виртуальных пространств, изобретая альтернативную “физику” и рождая тем самым в пределе альтернативную вселенную, со своими законами и правилами.

Два примера подходов к использованию вычислительной техники, которые высвечивают нужную нам разницу: виртуальная реальность и автоматизация производства. Изначально схожие между собой тем, что оба моделируют реальность посредством копирования известных законов природы, эти примеры расходятся в приложении их результатов: компьютерные игры и производство материальных объектов соответственно.

---

<sup>1</sup> работа выполнена при поддержке лаборатории цифрового производства ФабЛаб при НИТУ МИСиС, центра технологической поддержки образования Департамента образования г.Москвы

Конечно, автор не ставит под сомнение сами подходы, а скорее обращает внимание на продуктивное и непродуктивное использование их результатов. В этой связи необходимо подчеркнуть, что в рамках инженерных наук нас интересует в первую очередь создание реальных объектов, которые обладали бы нужными функциями и помогали бы человеку осваивать окружающую природу. Поэтому результат моделирования всегда должен соотноситься с реальным природным процессом. Проще говоря, любое моделирование должно заканчиваться приложением его результатов к реальному материальному миру и тем самым выдерживать или не выдерживать проверку на достоверность применяемых механизмов.

Цель данной работы — описание устройства, способного механически воспроизводить на материальном плоском холсте изображение, задаваемое пользователем на виртуальном двумерном холсте.

Рассмотрим наиболее общие задачи, которые возникли у автора в результате создания подобного устройства:

- разобраться в принципе работы и управления сервоприводами (СП);
- изучить платформу Arduino;
- выбрать и изучить язык для создания интерфейса управления;
- обеспечить питание устройства;
- обеспечить согласованное вращение СП и перемещение крепежного элемента.

### Структурная схема устройства

Для того, чтобы понять, о каком устройстве идет речь, предлагается рассмотреть структурную схему, представленную на рис.1.

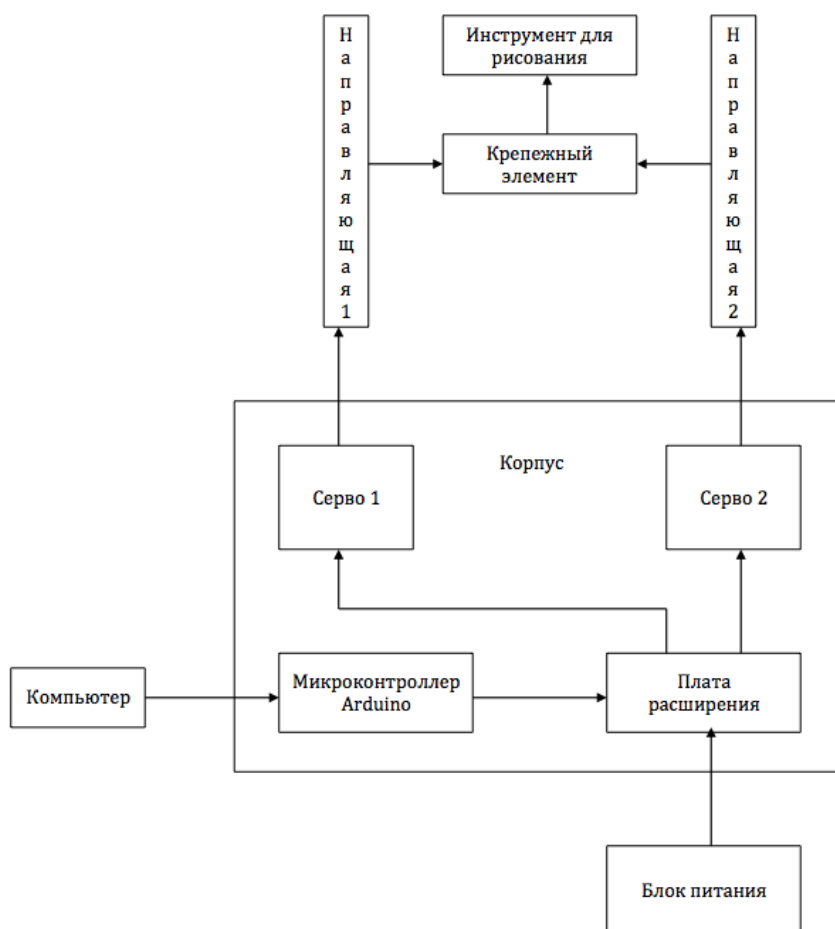
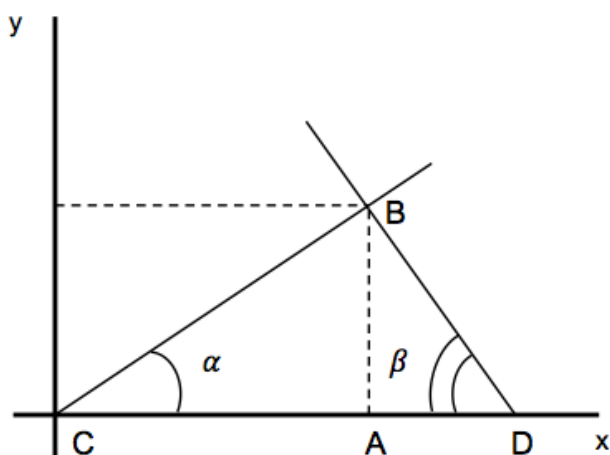


Рис. 1 – структурная схема устройства

Для работы устройства необходим компьютер, с которого будут поступать данные на плату Arduino. Микроконтроллер их обрабатывает и посылает сигналы сервоприводам через плату расширения. Так как для управления сразу двумя сервопитания, получаемого через USB-порт компьютера может оказаться недостаточно, подачу энергии было решено осуществить от сети через плату расширения. К серво прикреплены направляющие, по которым передвигается крепежный элемент. Он выполняет несколько функций: соединение направляющих и крепление и удержание инструментов для рисования.

### Схема управления сервоприводами и анализ их применимости

Так как имеется возможность управлять только углами поворота СП, то необходимо вывести формулу, которая по заданным координатам будет устанавливать соответствующий угол на каждом из 2-х сервоприводов. Представим их в координатной плоскости (см. рис. 2) и приняв положение одной (серво С) из них за начало координат, так чтобы вторая (серво D) была на оси X в положительном направлении. Тогда положение задаваемой точки В будет определяться углами ВСА и ВDA. По заданным координатам точки не составляет труда вычислить угол наклона прямой СВ, а соответственно и угол поворота сервопривода С. Для вычисления угла наклона направляющей DB, необходимо установить расстояние между точками С и D (отрезок CD – константа, AC и AB – переменные), определяемое из экспериментов и расчетов точности СП.



$$\arctg \frac{AB}{AC} = \alpha$$

$$\arctg \frac{AB}{CD - AC} = \beta$$

Рис. 2 – схема определения углов поворота сервоприводов

Сервоприводы, используемые в данном проекте обладают посредственной точностью, что требует отдельного анализа областей, в которых рисование устойчиво и тех, в которых ошибки достигают слишком большого значения. Для одной серво, обладающей шагом в 1,5°, область достаточной точности (область I на рис. 3) составляет окружность радиуса  $R \cong 80$  мм, так как при дальнейшем отдалении от СП (область II на рис. 3) погрешность  $\delta$  становится более 3 мм (без учета

дефектов сборки сервопривода), что на практике довольно сильно понижает качество изображения.

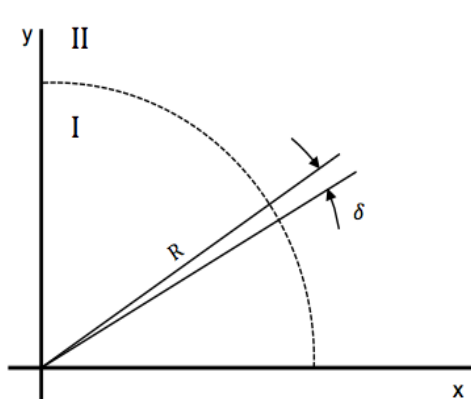


Рис. 3

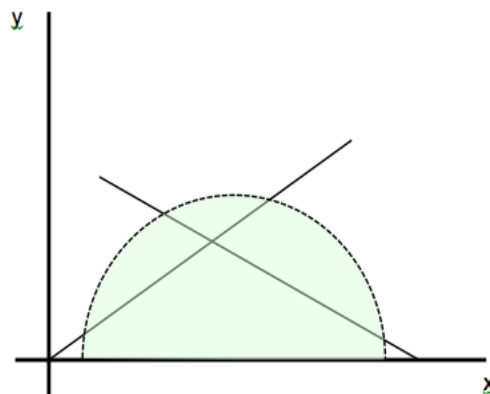


Рис. 4

Суммируя вышеуказанные области от двух сервоприводов, получаем полуокружность радиуса 70 мм с центром между сервоприводами (зеленая область на Рис. 4).

### Машина состояний и алгоритм работы программной части

Разрабатываемое устройство имеет 6 основных состояний, представленных на рис. 5. Состояния 7-9 являются вспомогательными и описывают процесс перемещения инструмента.

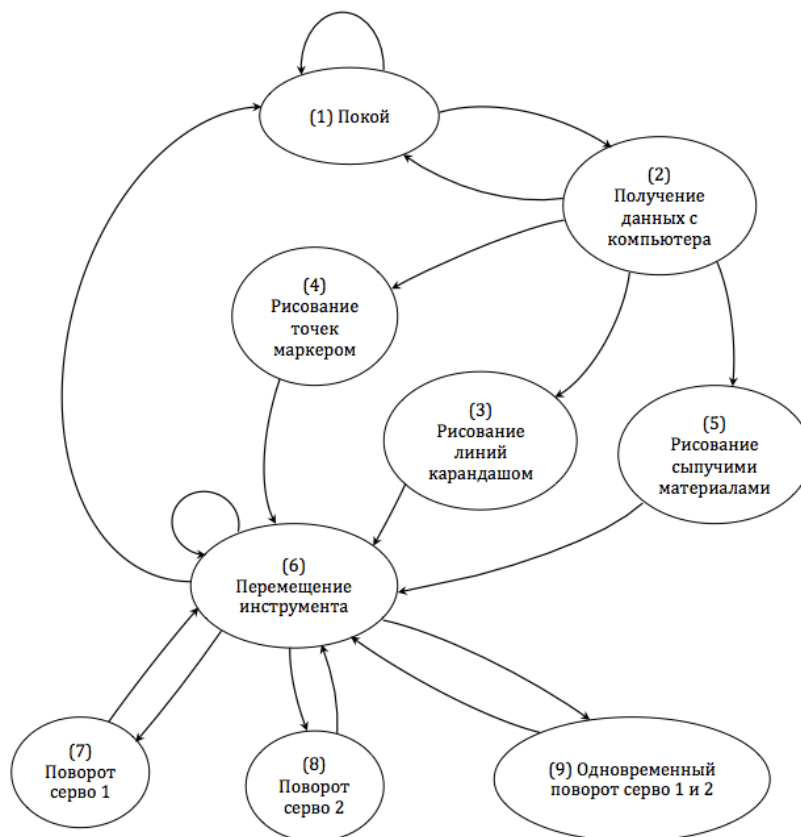


Рис. 5 – машина состояний

Программная составляющая устройства включает в себя две взаимосвязанные части.

Первая – интерфейс управления для компьютера (Рис. 6), разработанный на диалекте Squeak языка Smalltalk. Он был выбран по причине того, что написанный на нем код имеет графическое отображение. Это позволило создать интерфейс управления без использования дополнительных программных средств.

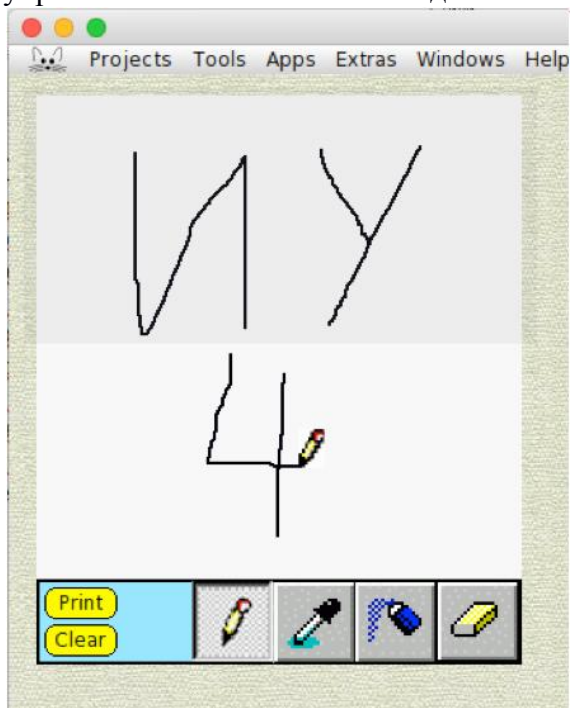


Рис. 6 – интерфейс управления

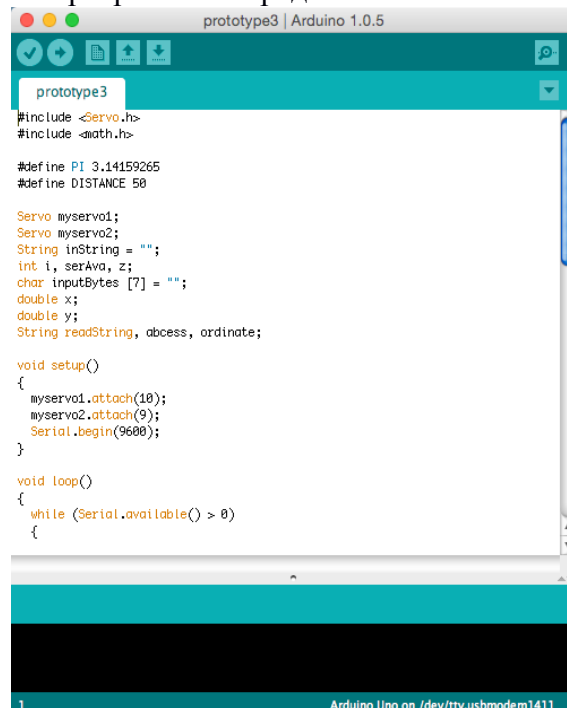


Рис. 7 – среда разработки Arduino

Интерфейс управления представляет собой область регулируемого размера, в границах которой пользователь, используя мышь, создает желаемое изображение, и панель инструментов. С ее помощью можно выбрать один из режимов: карандаш служит для рисования линий, маркер – для точек, распылитель – для сыпучих материалов, ластик предназначен для корректировки изображения. Так же на панели инструментов имеется две кнопки: «Печать» («Print»), для начала воспроизведения устройством созданного изображения, и «Очистить» («Clear»), для создания пустого холста. При работе в режиме распылителя необходим учет скорости перемещения крепежного элемента, к которому присоединяются инструменты, так как при отдалении его от сервоприводов, его скорость перемещения возрастает и распределение песка получается неравномерным. Для того чтобы преодолеть это, в затемненной области на рис. 6 увеличивается дозирование сыпучего материала в единицу времени.

Вторая часть служит для интерпретации получаемых с компьютера данных и управления сервоприводами. Она реализована на программной платформе Arduino – одной из самых распространенных и удобных для программирования различной аппаратуры (рис. 7).

Общий алгоритм работы системы представлен на рис. 8.

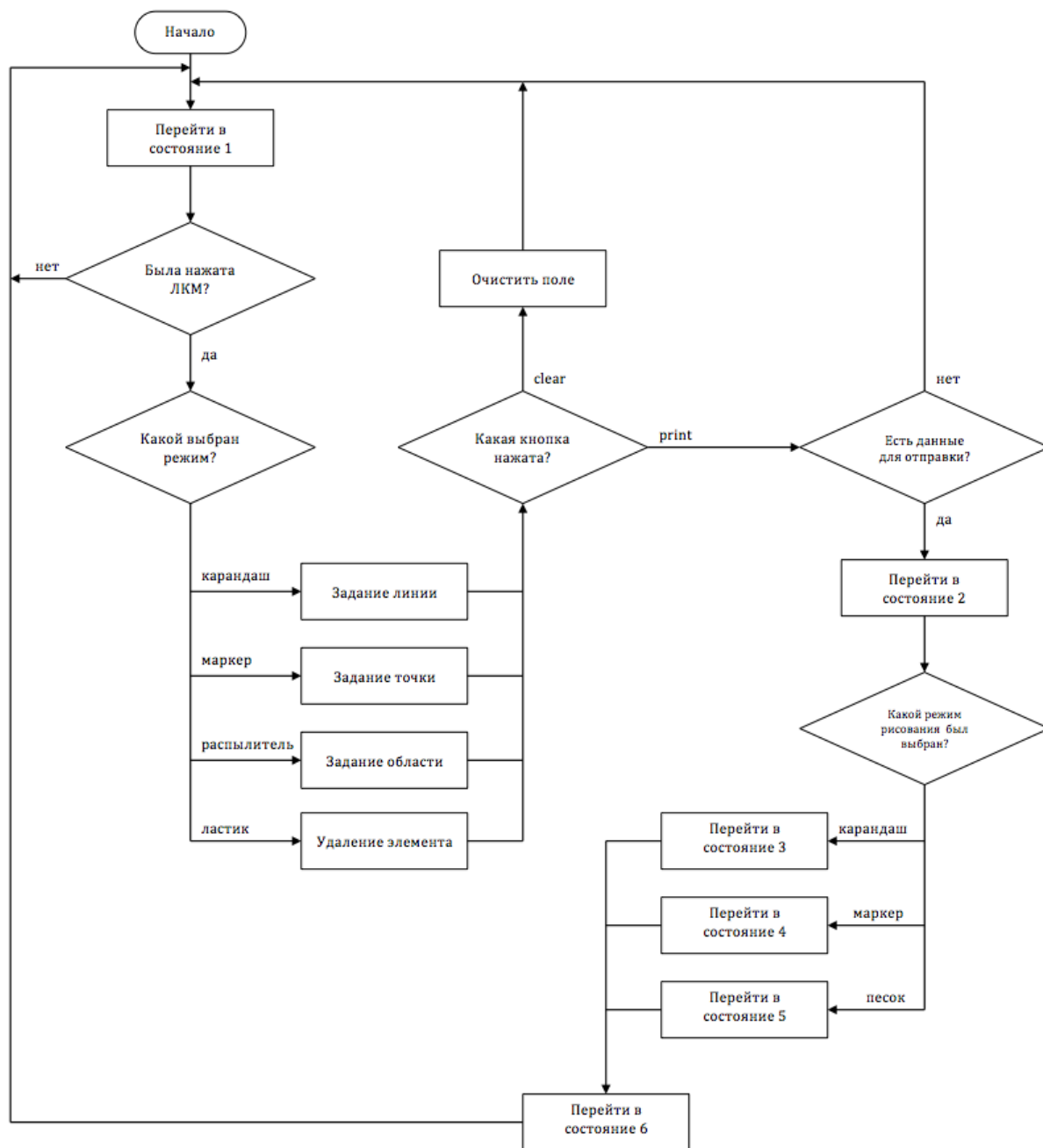


Рис. 8 – алгоритм работы программной части системы

Алгоритм позволяет управлять аппаратной частью комплекса посредством формирования управляющих воздействий в цепочке компьютер-контроллер-механизм.

### Аппаратная часть

В данном устройстве была использована методика проектирования устройства на основе микроконтроллера быстрого прототипирования Arduino Uno. Данная плата представляет собой автономное программируемое электронное устройство, состоящее из 6 аналоговых и 14 цифровых выходов, 5 выходов питания, разъема питания и USB-порта, через который осуществляется соединение с компьютером (рис. 9). Программирование Arduino осуществляется с помощью специальной программной оболочки на языке C++, содержащим некоторые особенности и изменения.

Для обеспечения перемещения крепежного элемента использовались два стандартных сервопривода (рис. 10).

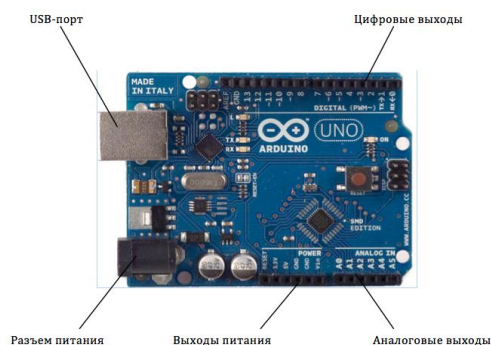


Рис. 9 – структурно-функциональная схема платы Arduino Uno



Рис. 10 – сервопривод Impact IS 4.5

Общий вид устройства представлен на рис. 11.

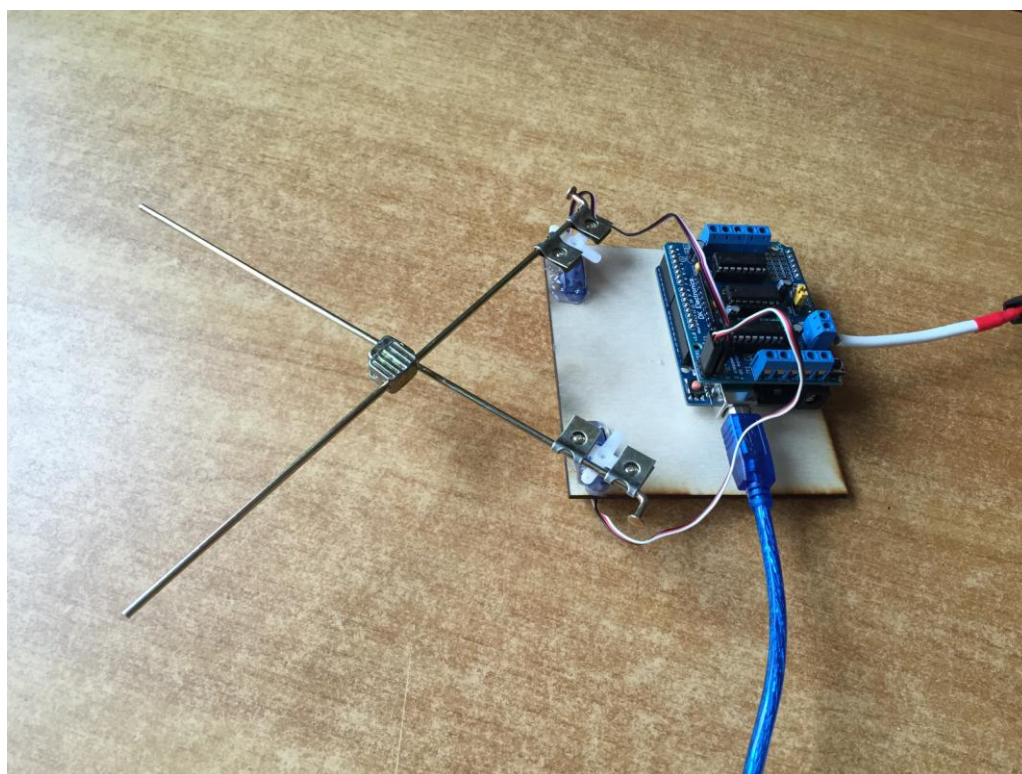


Рис. 11 – общий вид устройства

Платы и сервоприводы для удобства были помещены на одну платформу, вырезанную с помощью станка лазерной резки из листа фанеры.

### Заключение

Реализованный автором и описанный в данной работе аппаратно-программный комплекс полностью отвечает поставленной цели, обозначенной во введении.

Следует отметить, что разработанное устройство является рабочим прототипом и данная работа отражает текущее состояние проекта, которое еще далеко до завершения.

В конструктивном плане модель получилась достаточно больших размеров и обладает посредственной точностью, однако данное ограничение не является

тупиковым хотя бы потому, что его можно преодолеть использованием более качественных материалов и комплектующих. Результаты работы подтверждают работоспособность изначальной идеи автора и позволяют говорить о дальнейшем продолжении работы до завершения проекта.

Автор планирует продолжить начатую работу в сторону повышения качества, точности и эргономичности устройства, а также добавить возможность дистанционного управления со смартфона. Интересными направлениями для исследования являются инструменты дополненной реальности и дальнейшая работа над обеспечением связи подобных устройств виртуальной реальности с реальным миром.

### **Литература**

1. Программирование Arduino. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://arduino.ru/Reference>. Проверено 31.01.15.
2. Ваганов А. Л. Прототипирование мехатронного устройства в условиях современного цифрового производства // Сборник научных трудов. 16-я Молодежная научно-техническая конференция «Научные технологии и интеллектуальные системы 2014». – Москва. 23 апреля 2014 г. – С.310-313.
3. Andrew P. Black “Squeak by Example” – Switzerland: SBA, 2007.
4. ГОСТ 19.701-90 – Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. – Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 6 с.
5. А.Е.Аверьянихин, А.И.Власов, Л.В. Журавлева, Л.А. Зинченко, В.А. Соловьев ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГЛАМЕНТА для оформления конструкторско-технологической документации при выполнении домашних заданий, курсовых работ и проектов/ под ред. В.А. Шахнова. – М.:МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 53 с.: ил.