

Удаленное управление микроскопом Leica DM IRM на основе технологии интернета вещей

Анна С. Сазонова	¹	asazonova@list.ru
Людмила Б. Филиппова	¹	libv88@mail.ru
Родион А. Филиппов	¹	redfil@mail.ru

¹ Брянский государственный технический университет, бул. 50-лет Октября, 7, г. Брянск, 241035, Россия

Реферат. Организация любой исследовательской деятельности связана с получением и анализом результатов проводимых исследований. Это сложный и трудоёмкий процесс, требующий больших человеческих затрат и уникального дорогостоящего оборудования. Проблема использования такого уникального оборудования может сделать исследование трудновыполнимым или даже невыполнимым вовсе. Одним из путей решения этой проблемы может стать создание лабораторий удаленного доступа, работающих в режиме коллективного пользования. Важной особенностью удаленного доступа к оборудованию является возможность получения первичной информации и правильная организация ее передачи между отдельными подсистемами и потребителями. Удобным и мобильным инструментом в таких ситуациях является наличие компактных плат управления «типа Arduino», позволяющих организовать эффективное взаимодействие. Рассмотрены вопросы удаленного управления микроскопом с использованием технологий интернета вещей. Описаны основные программные и аппаратные решения, используемые при реализации доступа к микроскопу. Приведена электронная схема подключения шаговых двигателей, а также формулы расчета перемещений основных узлов микроскопа. В процессе удаленного доступа к комплексу пользователь имеет возможность работать с микроскопом аналогично исследователю, работающему непосредственно на самом оборудовании. Предложенная схема позволит проводить научные исследования в области микроструктурного и микрогеометрического анализа различных образцов и деталей в условиях дистанционного доступа, что значительно повысит эффективность использования дорогостоящего научного оборудования.

Ключевые слова: микроскоп, интернет вещей, шаговый двигатель, программно-аппаратный комплекс, усилительный элемент, Arduino Mega 2560

Remote control of the microscope Leica DM IRM based on the technology of the Internet of things

Anna S. Sazonova	¹	asazonova@list.ru
Lyudmila B. Filippova	¹	libv88@mail.ru
Rodion A. Filippov	¹	redfil@mail.ru

¹ Bryansk State Technical University, Bulvar 50-letiya Oktyabrya, 7, Bryansk, 241035, Russia

Summary. The organization of any research activity involves obtaining and analyzing the results of ongoing research. This is a complex and time-consuming process, requiring large human costs and unique expensive equipment. The problem of using such unique equipment can make research difficult or even impossible at all. One of the ways to solve this problem can be the creation of remote access labs working in the collective mode. An important feature of remote access to equipment is the possibility of obtaining primary information and the correct organization of its transmission between individual subsystems and consumers. Convenient and mobile tools in such situations are the availability of compact control cards "type Arduino", which allow organizing effective interaction. The questions of remote control of the microscope using the technologies of the Internet of things are considered. The main software and hardware solutions used to implement access to the microscope are described. An electronic circuit for connecting stepper motors, as well as formulas for calculating the movements of the main microscope nodes, is given. In the process of remote access to the complex, the user has the opportunity to work with a microscope similar to a researcher working directly on the equipment itself. The proposed scheme will allow to carry out scientific research in the field of microstructural and microgeometric analysis of various samples and details under remote access conditions, which will significantly increase the efficiency of using expensive scientific equipment.

Keywords: microscope, internet of things, stepper motor, software and hardware complex, amplifying element, Arduino Mega 2560.

Введение

Организация любой исследовательской деятельности связана с получением и анализом результатов проводимых исследований. Это сложный и трудоёмкий процесс, требующий больших человеческих затрат и уникального дорогостоящего оборудования. Проблема использования такого уникального оборудования

может сделать исследование трудновыполнимым или даже невыполнимым вовсе. Одним из путей решения этой проблемы может стать создание лабораторий удаленного доступа, работающих в режиме коллективного пользования. Развитие информационных технологий и средств телекоммуникаций создает основу

Для цитирования

Сазонова А.С., Филиппова Л.Б., Филиппов Р.А. Удаленное управление микроскопом Leica DM IRM на основе технологии интернета вещей // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 3. С. 75–81. doi:10.20914/2310-1202-2017-3-75-81

For citation

Sazonova A.S., Filippova L.B., Filippov R.A. Remote control of the microscope Leica DM IRM based on the technology of the Internet of things. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 3. pp. 75–81. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-3-75-81

для осуществления взаимодействия исследователя и уникального оборудования удаленно. Расширение каналов скоростных телекоммуникаций и разработка технологий обработки данных в реальном времени дают возможность реализации модели распределенного научного коллектива, работа которого строится на технологиях удаленного доступа к научно-техническим ресурсам на основе использования компьютерных средств общения [1].

Новые информационные технологии предоставляют практически неограниченные возможности в организации коллективной научно-образовательной деятельности: построение специализированных (в том числе распределенных) баз данных, автоматизированное управление экспериментом с удаленным доступом к научному оборудованию.

Удаленное управление представляет собой набор аппаратных и программных средств, подключенных к компьютеру для обеспечения дистанционного взаимодействия оператора с научным оборудованием как с обычным измерительным прибором. Специальный графический интерфейс выполняет роль органов управления и реализуется на основе имитационной модели основных узлов реального прибора в виде графических объектов на экране монитора. Такие системы характеризуются распределенной информационной средой, обеспечивающей возможность удаленного доступа к источникам информации в виде распределенных промышленных установок, лабораторных комплексов, научно-исследовательских центров и др. Важной особенностью удаленного доступа к оборудованию является возможность получения первичной информации и правильная организация ее передачи между отдельными подсистемами и потребителями. Удобным и мобильным инструментом в таких ситуациях является наличие компактных плат управления «типа Arduino», позволяющих организовывать эффективное взаимодействие [5–10].

Основная часть

В Брянском государственном техническом университете создана лаборатория сканирующей микроскопии с доступом к экспериментальной установке через интернет (рисунок 1) на основе технологии интернета вещей. Комплекс ориентирован на решение широкого спектра задач сбора, обработки, передачи и представления информации в условиях удаленного доступа к ее источникам. Особенность оптической микроскопии состоит в том, что полученные фотографии содержат сфокусированные и расфокусированные участки. Объясняется это тем,

что при увеличении четким формируется только тот участок поверхности, который попадает в фокус объектива микроскопа [2].



Рисунок 1. Лабораторный комплекс сканирующей микроскопии: 1 – инвертированный металлографический микроскоп LEICADMIRM; 2 – сервер; 3 – цифровая камера; 4 – WEB-камера

Figure 1. Laboratory complex of scanning microscopy: 1 – inverted metallographic microscope LEICA DMIRM; 2 – server; 3 – digital camera; 4 – WEB camera

Организационная структура программно-аппаратного комплекса удаленного доступа микроскоп LEICADMIRM показана на рисунке 2. Структура комплекса включает два основных блока: WEB-сервер и лабораторный комплекс.

Лабораторный комплекс состоит из следующих узлов:

1. Микроскоп – инвертированный металлографический микроскоп LEICA DMIRM (рис. 1) с галогеновым осветителем падающего света 100Вт, револьверной головкой на 5 объективов M32, отдельным видеовыходом 100/100%, который обеспечивает возможность применения любых методов оптической микроскопии.

2. Приводы – состоят из контроллера, представляющего собой электронную плату, специальных драйверов, а также непосредственно самих шаговых двигателей, осуществляющих механическое перемещение необходимых узлов микроскопа.

3. USB_порт 1 – последовательный порт, используемый для передачи управляющих сигналов от ArduinoMega 2560 к контроллеру приводов и получения информации от датчиков аппаратного комплекса микроскопа.

4. USB_порт 2 – последовательный порт, используемый для передачи информации непосредственно от микроскопа (фото/видеоизображение).

5. ArduinoMega 2560 – микрокомпьютер, к которому подключаются микроскоп и элементы управления им.

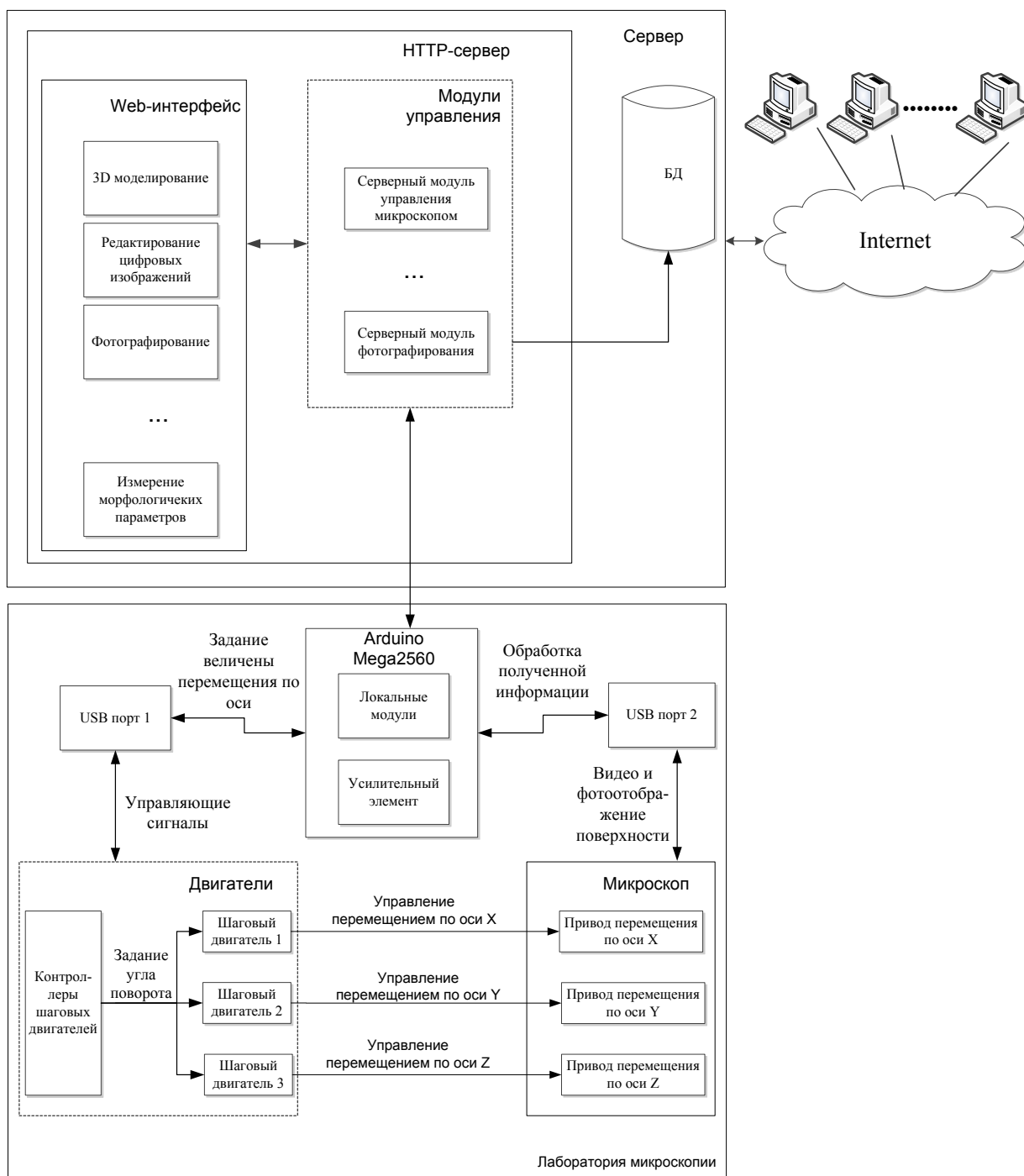


Рисунок 2. Схема виртуальной лаборатории

Figure2. Virtual laboratory scheme

На Arduino устанавливаются локальные модули управления, с помощью которых организуется связь серверных модулей управления и оборудования лаборатории.

В состав WEB-сервера входят следующие компоненты: HTTP-сервер; сервер ПАК; база данных (БД).

HTTP-сервер состоит из двух компонентов: HTML страница, созданная по HTTP и AJAX технологиям; модули CommonGatewayInterface (CGI).

HTML-страница позволяет визуально

отобразить результаты работы с лабораторным комплексом в виде видеопотока, а также дает возможность удаленному пользователю управлять основными узлами лабораторного комплекса. Построенные по HTTP и AJAX – технологиям страницы позволяют работать с полученным изображением, а также применять различные методы исследования и улучшения изображений [2].

Модули управления, расположенные на сервере, отвечают за взаимосвязь лаборатории

и Web-интерфейса, взаимодействие лаборатории и БД. К ним относятся модули: серверный модуль управления микроскопом, серверный модуль фотографирования и т. д.

Сервер лаборатории позволяет осуществлять следующие функции:

- взаимодействие с базой данных;
- выполнение задач, требующих больших затрат времени (трехмерная реконструкция, увеличение глубины резкости, формирование больших полей наблюдения).

База данных хранит следующую информацию:

- список пользователей;
- индивидуальные настройки пользователя (параметры калибровки микроскопа, оптическое увеличение);

- результаты работы пользователей (наименования образцов, 2D-изображения, 3D-модели исследуемых поверхностей).

В состав аппаратной составляющей входят компоненты, представленные на рисунке 3.

Шаговые двигатели PL42H48-1.5-4, используемые в комплексе, предназначены для управления узлами микроскопа, реализующими:

- Приближение или удаление револьверной головки на 5 объективов относительно поверхности образца.
- Позиционирование по координатам X, Y горизонтального подвижного стола микроскопа, на котором установлен исследуемый образец.
- Поворот 5-позиционной револьверной головки для смены объективов и соответственно оптического увеличения.

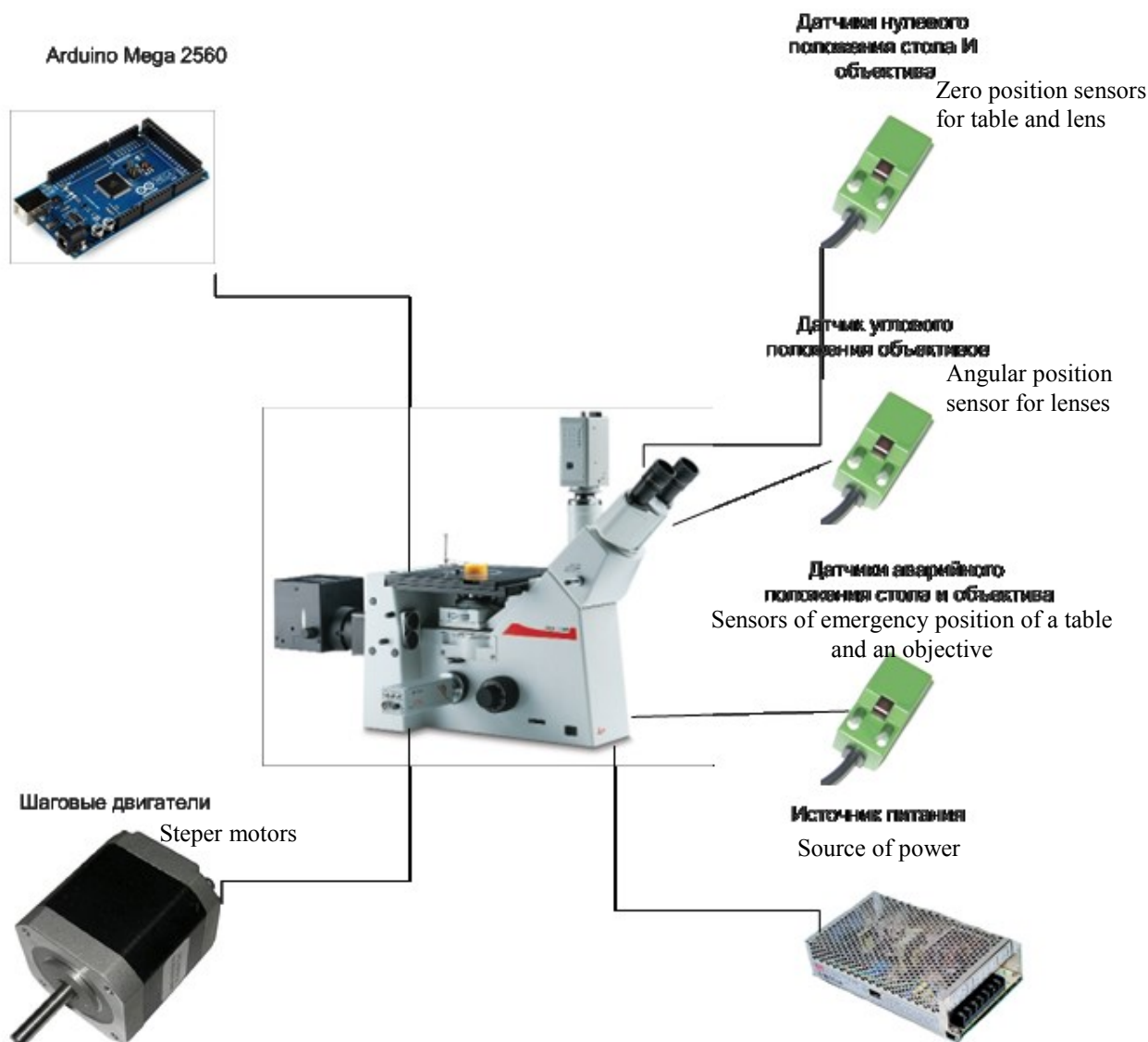


Рисунок 3. Схема аппаратной реализации процесса управления микроскопом

Figure 3. Schematic of the hardware implementation of the microscope control process

Датчики нулевого положения PLL01 служат для определения начала отсчета перемещений в рабочую зону стола по координатам X, Y. Эти датчики также ограничивают предельные перемещения стола микроскопа для предупреждения механических повреждений стола.

Защита объективов требует другой реализации, так как высота каждого объектива разная. Для этого в крайнем нижнем положении установлен датчик начального положения, а верхнее положение ограничивается программным путём.

Датчик углового положения определяет позицию смены оптического объектива.

Аппаратную часть управления шаговыми двигателями можно разделить на ряд составляющих:

- программно-аппаратная платформа. Представлена платой ArduinoMega 2560.

- усилительные элементы. В качестве усилительных элементов используется каскад транзисторов Дарлингтона (рисунок 4) в микросхеме ULN2003A с управляющим напряжением 5В и выходным током до 500мА.

- шаговые двигатели PL42H48-1.5-4
- кнопки-датчики. Ограничительные элементы, расположенные в начале введенной системы координат.

Принципиальная схема представлена на рисунке 5.

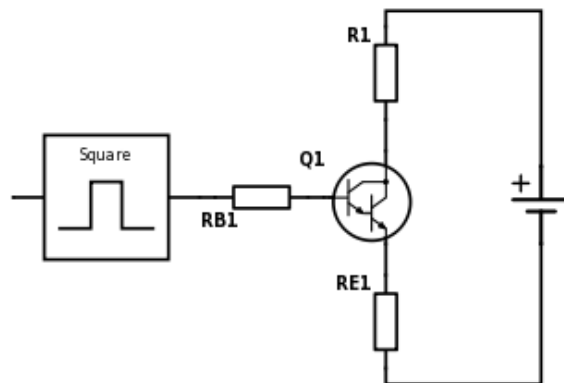


Рисунок 4. Усилительный элемент на основе каскада транзисторов величина

Figure4. Amplifier element based on a cascade of transistors

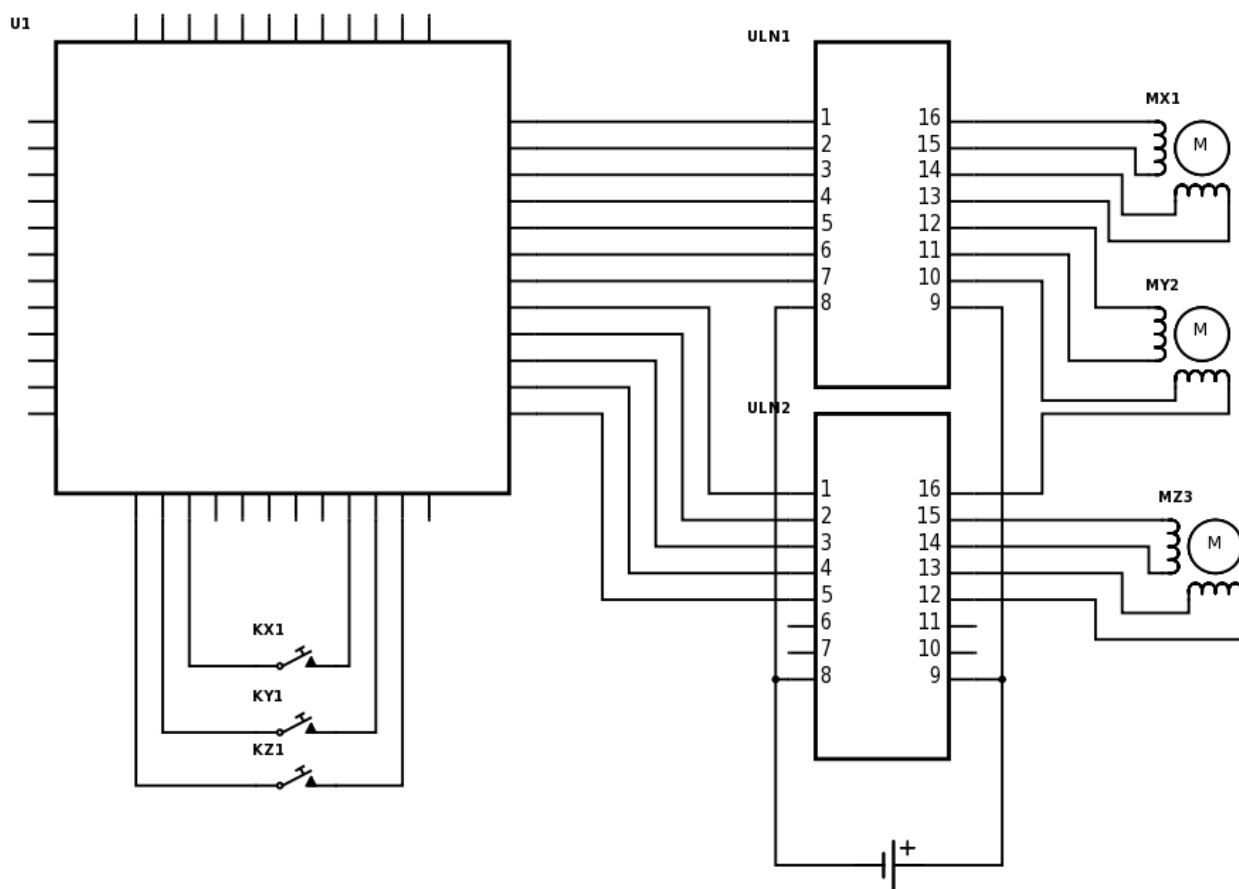


Рисунок 5. Принципиальная схема подключения шаговых двигателей

Figure5. Schematic diagram of connecting stepper motors

Согласно схеме:

- ULN1, ULN2 – микросхемы ULN2003A;
- MX1, MY1, MZ1 – шаговые двигатели, обеспечивающие позиционирование по осям X, Y и Z соответственно;

- KX1, KY1, KZ1 – кнопки-датчики;
- U1 – программно-аппаратная платформа.

Для позиционирования предметного столика была введена ортогональная система координат XYZ, проекции которой представлены на рисунках 6 и 7. Точка O_{XYZ} – начало координат. Точка C_{XY} – центр предметного столика.



Рисунок 6. Проекция системы координат по оси YZ
Figure 6. The projection of the coordinate system along the YZ axis

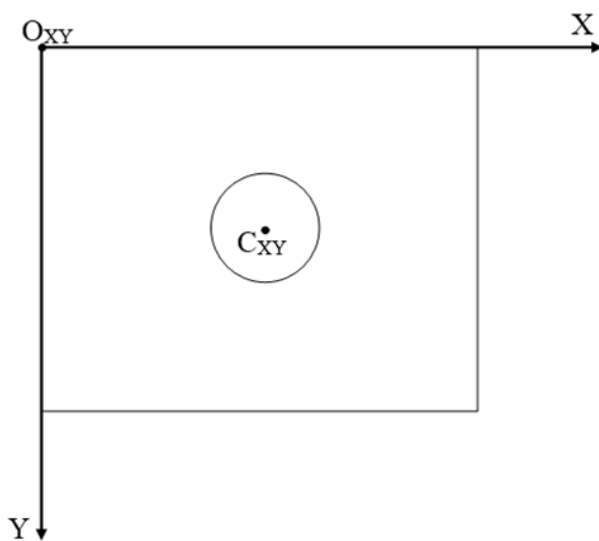


Рисунок 7. Проекция системы координат по оси XY
Figure 7. Projection of the coordinate system along the XY axis

Во избежание нештатных ситуаций или выхода из строя микроскопа, был введен ряд ограничителей передвижения предметного столика. Один из них – система концевых датчиков, описанные выше (аппаратные ограничители), сигнализирующих о нахождении столика в началах осей координат. Ввиду невозможности установить подобные датчики для ограничения движения столика за пределы координатной сетки (в большую сторону), в программной части комплекса были введены переменные,

отвечающие за хранение абсолютной координаты нахождения центра столика в пространстве. При достижении ими определенных значений (программных ограничителей), происходит выход из цикла движения вдоль оси.

Для управления процессом исследования на рассматриваемом комплексе были разработаны зависимости для определения управляющих параметров перемещения по основным осям.

Минимальное перемещение по осям X, Y, Z можно определить по формуле

$$S_{\min} = \frac{1}{P_{\text{об}}} K_{\text{оп}} U_{\text{ред}} U_{\text{в.п.}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{об}}$ – число шагов двигателя на один оборот; $K_{\text{оп}}$ – коэффициент дробления шага (1/2...); $U_{\text{ред}}$ – передаточное отношение редуктора; $U_{\text{в.п.}}$ – передаточное отношение механизма преобразования вращательного движения в поступательное.

Масштаб перемещения (количество микрошагов, совершаемых двигателем при перемещении столика на 1 мм) можно определить по формуле

$$S_c = \frac{1}{U_{\text{в.п.}} U_{\text{ред}}} P_{\text{об}} K_{\text{оп}}. \quad (2)$$

Цена одного импульса (град/шаг) по углу поворота блока объективов определяется по формуле [4]

$$\phi_{\text{имп}} = \frac{360^0}{P_{\text{об}} U_{\text{в.п.}}} K_{\text{оп}} U_{\text{ред}}. \quad (3)$$

Число импульсов (шагов), необходимых для углового перемещения объектива в рабочую позицию, при пяти объективах в головке определяется по формуле

$$n_{\text{об}} = \frac{360^0}{5\phi_{\text{имп}}}. \quad (4)$$

Заключение

В процессе удаленного доступа к комплексу пользователь имеет возможность работать с микроскопом аналогично исследователю, работающему непосредственно на самом оборудовании. Предложенная схема позволит проводить научные исследования в области микроструктурного и микрогеометрического анализа различных образцов и деталей в условиях дистанционного доступа, что значительно повысит эффективность использования дорогостоящего научного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1 Аверченков В.И., Чмыхов Д.В. Методы компьютерной реконструкции рельефа поверхности интерпретацией сфокусированности изображений // Вестник БГТУ. 2008. № 2. С. 111–117.

2 Павлов А. CGI программирование: учебный курс СПб.: Питер, 2001. 416 с.

3 Аверченков В.И., Чмыхов Д.В. Анализ точности высотных измерений методом фокусировки объекта на базе оптического микроскопа LEICA DM IRM // Вестник БГТУ. 2008. № 1. С. 34–38.

4 Patton M. et al. Uninvited connections: a study of vulnerable devices on the internet of things (IoT) // Intelligence and Security Informatics Conference (JISIC). 2014. P. 232–235.

5 Yang S. H. Internet of things // Wireless Sensor Networks. Springer London. 2014. P. 247–261.

6 Wortmann F., Flüchter K. Internet of things // Business & Information Systems Engineering. 2015. V. 57. №. 3. P. 221–224.

7 Филиппова Л.Б., Филиппов Р.А., Сазонова А.С. Использование интернет вещей в образовании // Инновации в промышленности управления и образовании: Международная научно-практическая конференция. Брянск: БГТУ, 2017. С. 183.

8 Тищенко А.А., Казаков Ю.М., Гореленков А.И. Эргономичность корпоративных информационных систем // Информационные технологии в эргономике и дизайне: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Брянск: БГТУ, 2016. С. 57–60.

9 Bhattacharyya K., Sharma D. K. A comparative study of different gain cells based microwave CMOS distributed oscillators // Microwave and Optical Technology Letters. 2016. V. 58. №. 11. P. 2581–2587.

10 Аверченков А.В., Козак Л.Я. Применение компьютерного моделирования в управлении технологическим процессом // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2015. № 3 (35). С. 144–151.

REFERENCES

1 Averchenkov V.I., Chmykhov D.V. Computer reconstruction of the topography of the interpretation of focus images. *Vestnik BGTU* [Proceedings of BSTU]. 2008. no. 2. pp. 111–117. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Анна С. Сазонова к.т.н., доцент, кафедра компьютерных технологий и систем, Брянский государственный технический университет, бул. 50-лет Октября, 7, г. Брянск, 241035, Россия, asazonova@list.ru

Людмила Б. Филиппова к.т.н., доцент, кафедра компьютерных технологий и систем, Брянский государственный технический университет, бул. 50-лет Октября, 7, г. Брянск, 241035, Россия, libv88@mail.ru

Родион А. Филиппов к.т.н., доцент, кафедра компьютерных технологий и систем, Брянский государственный технический университет, бул. 50-лет Октября, 7, г. Брянск, 241035, Россия, redfil@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 07.04.2017

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 28.07.2017

2 Pavlov A. CGI programmirovani: uchebnyi-kurs [CGI programming: course]. Saint-Petersburg, Piter 2001. 416 p. (in Russian).

3 Averchenkov V.I., Chmykhov D.V. Analysis of the accuracy of the altitude measurement method of focusing of the object based on the optical microscope LEICA DM IRM. *Vestnik BGTU* [Proceedings of BSTU]. 2008. no. 1. pp. 34–38. (in Russian).

4 Patton M. et al. Uninvited connections: a study of vulnerable devices on the internet of things (IoT). Intelligence and Security Informatics Conference (JISIC), IEEE, 2014. pp. 232–235.

5 Yang S. H. Internet of things. Wireless Sensor Networks. Springer London, 2014. pp. 247–261.

6 Wortmann F., Flüchter K. Internet of things. Business & Information Systems Engineering. 2015. vol. 57. no. 3. pp. 221–224.

7 Filippova L.B., Filippov R.A., Sazonova A.S. The use of the Internet of things in education. Innovatsii v promyshlennosti upravlenii i obrazovanii: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, [Innovations in industry, administration and education: international scientific-practical conference] Bryansk, Bryansk state technological university, 2017. pp. 183. (in Russian).

8 Tishchenko A.A., Kazakov Yu.M., Gorelenkov A.I. Ergonomics corporate information system. Informatsionnye tekhnologii v ergonomike i dizaine: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. [Information technology in ergonomics and design: materials of all-Russian scientific-practical conference with international participation] Bryansk, Bryansk state technological university, 2016. pp. 57–60. (in Russian).

9 Bhattacharyya K., Sharma D. K. A comparative study of different gain cells based microwave CMOS distributed oscillators. Microwave and Optical Technology Letters. 2016. vol. 58. no. 11. pp. 2581–2587.

10 Averchenkov A.V., Kozak L.Ya. The use of computer simulation in process control. *Izvestiyavysshikhuchebnykhzavedenii. Povolzhskii region. Tekhnicheskienauki* [News of higher educational institutions. Povolzhskiy region. Engineering science]. 2015. no. 3 (35). pp. 144–151. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Anna S. Sazonova candidate of technical sciences, assistant professor, computer technologies and systems department, Bryansk State Technical University, Bulvar 50-letiya Oktyabrya, 7, Bryansk, 241035, Russia, asazonova@list.ru

Lyudmila B. Filippova candidate of technical sciences, assistant professor, computer technologies and systems department, Bryansk State Technical University, Bulvar 50-letiya Oktyabrya, 7, Bryansk, 241035, Russia, libv88@mail.ru

Rodion A. Filippov candidate of technical sciences, assistant professor, computer technologies and systems department, Bryansk State Technical University, Bulvar 50-letiya Oktyabrya, 7, Bryansk, 241035, Russia, redfil@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.7.2017

ACCEPTED 7.28.2017