

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО ИМИТАТОРА ПОВЕДЕНИЯ ОБЪЕКТОВ АВТОМАТИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНТРОЛЛЕРА ПЛК150

*Л.А. Горovenko<sup>1)</sup>, Н.А. Куприянов<sup>2)</sup>, М.А. Калинин<sup>3)</sup>,*

1) к.т.н., доцент, заведующий кафедрой общенаучных дисциплин Армавирского механико–технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Армавир, Россия, [igorovenko@mail.ru](mailto:igorovenko@mail.ru)

2) к.т.н., доцент кафедры ФГКВБОУ ВО «Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова», г. Краснодар, Россия, [simple\\_progressor@rambler.ru](mailto:simple_progressor@rambler.ru)

3) студент Армавирского механико–технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», г. Армавир, Россия, [kalinenko\\_maksimka@mail.ru](mailto:kalinenko_maksimka@mail.ru)

**Аннотация:** Предложен подход к разработке программно-аппаратного имитатора поведения объектов автоматизации. Представлено обоснование структуры имитатора и выбора его элементов. Описаны основные этапы и некоторые особенности разработки схемы программно-аппаратного имитатора.

**Ключевые слова:** имитатор, Arduino, контроллер, устройство сопряжения, оптрон.

## DEVELOPMENT OF A HARDWARE AND SOFTWARE SIMULATOR OF THE AUTOMATION OBJECTS BEHAVIOR USING THE «ПЛК150» CONTROLLER

*Lyubov A. Gorovenko<sup>1)</sup>, Nikolay A. Kupriyanov<sup>2)</sup>, Maksim A. Kalinenko<sup>3)</sup>*

1) Ph. D., associate Professor, head of the department of Armavir Institute of Mechanics and Technology (branch) of Federal State Budgetary Institution of Higher Education «Kuban State Technological University», city of Armavir, Russia, [igorovenko@mail.ru](mailto:igorovenko@mail.ru)

2) Ph. D., associate professor of the department of Federal State State-owned Military Educational Institution of Higher Education «Krasnodar Air Force Institute for Pilots named after Hero of the Soviet Union A.K. Serov», city of Krasnodar, Russia, [simple\\_progressor@rambler.ru](mailto:simple_progressor@rambler.ru)

3) the student of Armavir Institute of Mechanics and Technology (branch) of Federal State Budgetary Institution of Higher Education «Kuban State Technological University», city of Armavir, Russia, [kalinenko\\_maksimka@mail.ru](mailto:kalinenko_maksimka@mail.ru)

**Abstract:** An approach to the development of a hardware-software simulator of automation objects behavior is proposed. The substantiation of the simu-

lator structure and the choice of its elements is presented. The main stages and some features of the development of a hardware-software simulator scheme are described.

**Key words:** simulator, Arduino, controller, interface device, optocoupler.

**Введение.** Подготовка студентов по инженерным специальностям предъявляет особые требования к материальной базе учебного заведения. Так как инженерное образование предполагает понимание процессов, происходящих в изучаемых системах и комплексах, то важной задачей является демонстрация логики функционирования изучаемых объектов при проведении практических и лабораторных занятий [1].

Данный вопрос достаточно актуален и в Армавирском механико-технологическом институте, который готовит специалистов по эксплуатации и обслуживанию объектов добычи нефти, электрооборудованию и электрохозяйству предприятий, организаций и учреждений. При этом обучающиеся по данным направлениям бакалавриата студенты должны последовательно пройти от овладения знаниями при проведении физических опытов на различных установках [2] до формирования навыков работы с объектами автоматизации, активно используемыми в соответствующих отраслях промышленности [3].

С учётом вышеизложенного, авторским коллективом была сформулирована задача разработки программно-аппаратного имитатора поведения объектов автоматизации. Структура имитатора предполагала в своём составе управляющую систему и объект имитации, а также устройство сопряжения [4]. При этом имитатор должен был позволять выполнять следующие важные для демонстрации в учебном процессе операции:

1. Осуществлять взаимодействие управляющей системы и объекта автоматизации.
2. Вносить изменения в логику функционирования управляющей системы и объекта автоматизации.
3. Имитировать поведение объекта автоматизации.

Ниже коротко рассмотрена структура имитатора и описана логика функционирования его элементов.

**Структура программно-аппаратного имитатора.** В качестве объекта имитации выбран контроллер программируемый логический ОВЕН ПЛК150, который широко применяется для создания систем автоматизированного управления технологическим оборудованием в энергетике, на транспорте, в различных областях промышленности, жилищно-коммунального и сельского хозяйства. Выбор ПЛК150 в качестве объекта имитации продиктован использованием его в различных системах и комплексах, с которыми в силу своей профессиональной деятельности работают выпускники Армавирского механико-технологического института. Внешний вид ПЛК150 представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Контроллер ПЛК 150

Для программирования ПЛК150 использован язык релейных или лестничных диаграмм *LD*. Он представляет собой графический язык разработки, в основе которого лежат релейно-контактные схемы, поэтому элементами логики здесь выступают обмотки реле, контакты реле, горизонтальные и вертикальные переключки.

В качестве управляющей системы была выбрана *Arduino Uno* — платформа для разработки на языке программирования *C++*. Данная платформа выполнена на микроконтроллере *ATmega328P* с тактовой частотой 16 МГц и предусматривает подключение до 20 внешних устройств или датчиков. Выбор управляющей системы обусловлен распространённостью платформы *Arduino Uno*, простотой её конструкции и невысокой ценой.

В качестве интерфейса связи управляющей системы и ПЛК150 выбрана витая пара с интерфейсом *RS-485*.

Для обеспечения независимости сигнальной цепи и электробезопасности при работе с оборудованием в схеме устройства сопряжения использована оптическая гальваническая развязка, при которой реализуется электрическая изоляция рассматриваемой электрической цепи относительно других цепей, присутствующих в устройстве. В качестве элемента оптической гальванической развязки выбран распространённый и хорошо себя зарекомендовавший себя оптрон *PC817*. Принцип работы его основан на том, что когда через встроенный светодиод проходит электрический ток и светодиод начинает светиться, то свет попадает на встроенный фототранзистор и снижает его сопротивление.

Для оптрона *PC817* схема подключения стандартная, как и для любого транзисторного оптрона. Для открытия транзистора на выходе на вход оптрона *PC817* необходимо подать питание. В выбранной схеме это реализовано через токоограничивающий резистор  $R_D$ .

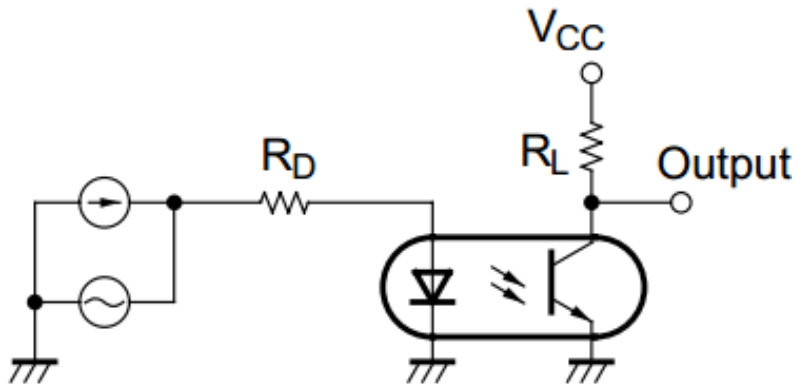


Рисунок 2 – Схема включения оптрона PC817

Проведённые расчёты показали, что если на вход будет подаваться питание +5В, а прямой ток составит 40 мА, то номинал резистора должен иметь величину 220 кОм. Это позволит достичь максимального открытия транзистора на выходе оптрона. С учётом данных значений была реализована схема (рисунок 3) для отладки связи между *Arduino Uno* и дискретным входом ПЛК150.

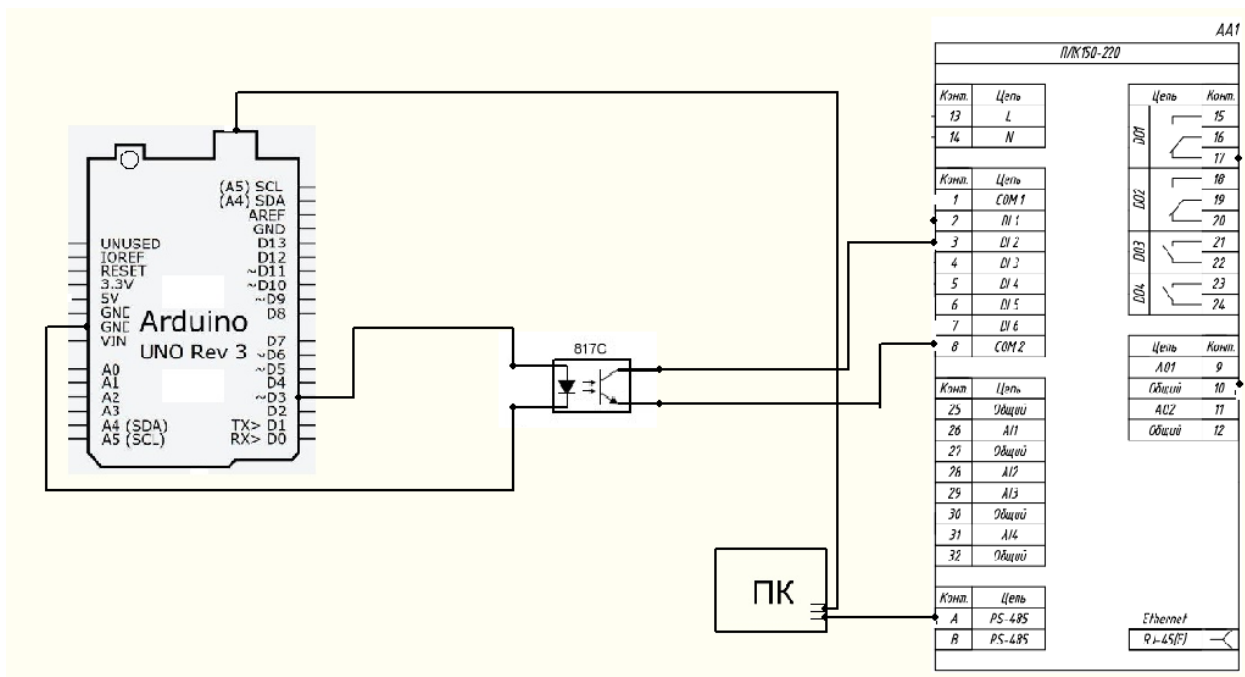


Рисунок 3 – Схема отладки связи *Arduino Uno* и дискретного входа ПЛК150

Данная схема позволяет обеспечивать срабатывание дискретного входа ПЛК150 через оптрон и среду программирования *Arduino*. Следующим этапом стала сборка схемы срабатывания вместе дискретных входа и выхода ПЛК150. Для этого подключив оптрон по схеме было подано +5В с *Arduino* на выход ПЛК150 для задействования его цифрового входа. Поскольку цифровые контакты могут являться как входами, так и выходами, то для начала нужно сконфигурировать контакт, к которому подключен

сенсор в режим ввода. Эту операцию нужно сделать один раз, поэтому выбрана функция *setup*. Для конфигурирования режима используется стандартная функция *pinMode*.

```
void setup() {
  pinMode(5, INPUT);
}
```

Для считывания состояния в произвольный момент времени использована стандартная функция *digitalRead*.

```
int buttonState = digitalRead(pushButton);
```

При этом учтено, что входное напряжение до 2 В проецируется на целочисленное значение 0, что соответствует значению константы *LOW*; напряжение более 3 В проецируется на целочисленное значение 1, что соответствует значению константы *HIGH*. С учётом этого, схема подключения срабатывания дискретного входа и выхода ПЛК будет иметь вид, представленный на рисунке 4.

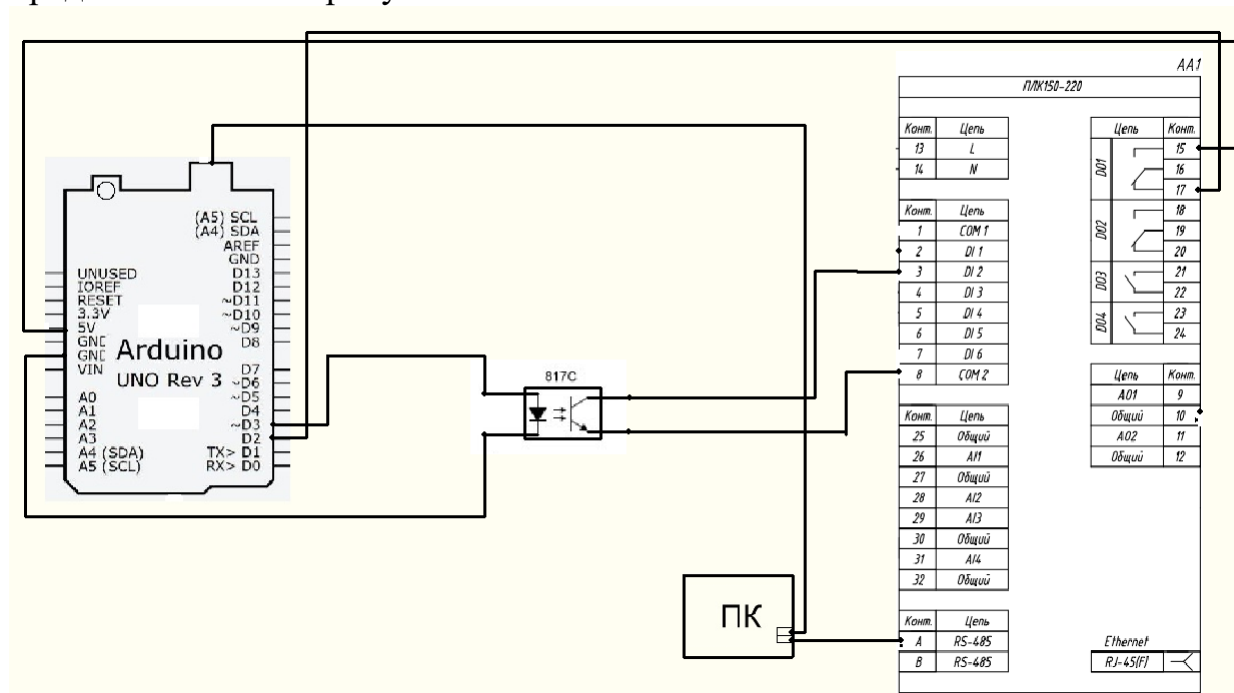


Рисунок 4 – Схема подключения срабатывания дискретного входа и выхода ПЛК150

Проверка правильности выбора схемы и работоспособности программ позволила перейти к разработке схемы (рисунок 5) программно-аппаратного имитатора поведения объектов автоматизации с использованием контроллера ПЛК150.

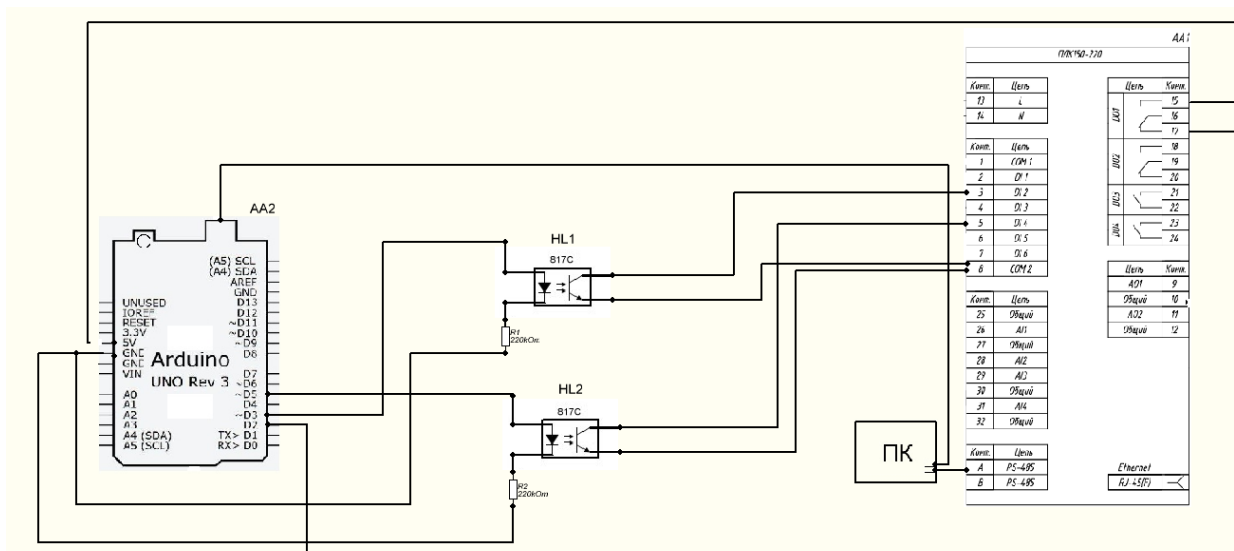


Рисунок 5 – Схема программно-аппаратного имитатора поведения объектов автоматизации с использованием контроллера ПЛК150

Как видно, структура имитатора соответствует обозначенным выше критериям и имеет в своём составе управляющую систему в виде платы-формы *Arduino Uno* и объект имитации ПЛК150, а также реализованное на оптроне устройство сопряжения. Опыт использования имитатора показал, что он позволяет реализовать взаимодействие управляющей системы и объекта автоматизации, вносить изменения в логику функционирования управляющей системы и объекта автоматизации, а также имитировать поведение объекта автоматизации.

**Заключение.** В статье рассмотрен подход к решению актуального вопроса демонстрации логики функционирования объектов, изучаемых студентами по инженерным специальностям. При этом авторами статьи учтена специфика подготовки в Армавирском механико-технологическом институте специалистов по эксплуатации и обслуживанию объектов добычи нефти, электрооборудованию и электрохозяйству предприятий, организаций и учреждений. Это позволило сформировать и описать основные этапы разработки программно-аппаратного имитатора поведения объектов автоматизации с использованием контроллера ПЛК150. Использование данного имитатора при проведении практических и лабораторных занятий позволяет как повысить уровень знаний, так и улучшить навыки работы с активно используемыми в отраслях промышленности объектами автоматизации.

При этом предложенный в статье подход основан на использовании широко распространённых элементов – платформы *Arduino Uno* и контроллера ПЛК150. Расширение диапазона объектов имитации и увеличение возможностей управляющей системы для создания более сложных условий функционирования изучаемых объектов является сложной научно-технической задачей. Авторы полагают, что наиболее перспективным решением этой задачи является объединение нескольких объектов имитации

в учебно-тренировочные системы [5], создание которых может быть достигнуто путём консолидацией усилий образовательных учреждений и предприятий промышленности.

#### **Список использованных источников:**

1. Дмитренко, А. Ю. Особенности подготовки педагогических кадров для военных учебных заведений / А. Ю. Дмитренко // Гуманизация образовательного пространства : сборник научных статей по материалам международного форума, Саратов, 15–16 марта 2018 года / Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Институт изучения детства, семьи и воспитания РАО. – Саратов: Издательство "Перо", 2018. – С. 59-63.

2. Свищев, Л. П. Проектирование лабораторной испытательной установки "действие закона Гука" / Л. П. Свищев, Л. А. Горовенко, С. В. Стадник // Прикладные вопросы точных наук : Материалы II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей, посвященной 100-летию со дня образования Кубанского государственного технологического университета, Армавир, 02–03 ноября 2018 года. – Армавир: Армавирский государственный педагогический университет, 2018. – С. 54-57.

3. Марченко, В. Д. Вопросы создания виртуальной учебной лаборатории в информационно-образовательной среде технического вуза / В. Д. Марченко, Л. А. Горовенко, Е. В. Иващенко // Прикладные вопросы точных наук : Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей, Армавир, 20–21 октября 2017 года. – Армавир: ООО "Типография имени Георгия Скорины", 2017. – С. 283-285.

4. Лисицкий, В. В. Разработка устройства сопряжения ПЭВМ со средствами измерений для проведения комплексных проверок / В. В. Лисицкий, Н. А. Куприянов // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2009. – Т. 7. – № 5. – С. 97-100.

5. Перспективы применения учебно-тренировочных средств для подготовки военных специалистов в высших учебных заведениях / А. Ю. Онуфрей, В. В. Какаев, С. З. Куракин, Ю. А. Ершов // Научные технологии в космических исследованиях Земли. – 2018. – Т. 10. – № 4. – С. 55-63. – DOI 10.24411/2409-5419-2018-10097.