

ГИБКИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛ Я ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ»

УВАРОВ Сергей Сергеевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, доцент;
e-mail: uvarovss@yandex.ru

ЛЫЗЛОВ Сергей Сергеевич, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, доцент;
e-mail: postmain@mail.ru

КАТИНА Марина Владимировна, старший преподаватель; e-mail: fetida01@gmail.com

Российский университет транспорта (МИИТ), кафедра «Управление и защита информации», Москва

В статье рассматривается новая методология подготовки специалистов в области микропроцессорных систем управления, основанная на наполнении учебного процесса работами реального практического содержания, выполняемыми проектной командой, в условиях отсутствия доступа к лабораторному оборудованию. Дело в том, что при изучении теоретических дисциплин технической направленности практические занятия, выполняемые в форме лабораторных работ, нацелены на подтверждение фундаментальных знаний в предметной области путем проведения экспериментов, причем сами эксперименты могут быть организованы не только на лабораторном оборудовании, но и в моделирующих программах. Поставленные цели закрепления теоретических сведений достигаются выполнением и последующей защитой лабораторных работ. Вместе с тем в программах обучения специалистов в прикладных технических областях, например, в программе подготовки специалистов по направлению «Управление в технических системах» предусмотрено изучение дисциплин, в которых практическое содержание превалирует над теоретическим. Так, например, в курсе «Электроника и основы микропроцессорной техники» преподается необходимый теоретический базис для дисциплины «Микропроцессорные устройства систем управления», а в самой программе указанной дисциплины предусмотрено изучение способов построения устройств управления с применением универсальных микропроцессоров и микроконтроллеров, а также основ их программирования. Именно поэтому в учебной программе дисциплины «Микропроцессорные устройства систем управления» предусмотрены не лабораторные, а практические работы, в ходе которых студенты, выполняя задания, программируют микроконтроллеры, взаимодействующие с внешними устройствами в несложных, но функционально законченных устройствах управления. Однако лабораторное оборудование оказывается недоступным при дистанционном обучении, что предопределило поиск альтернативных вне стен университета форм организации практических работ. Поиск подходящего решения, кроме решения проблемы недоступности лабораторного оборудования, привел к возможности организации практических работ с использованием проектного метода управления.

Ключевые слова: Arduino; микроконтроллер; микропроцессорные устройства систем управления; оценивание качества работы исполнителей; проектный метод управления; электронный конструктор.

DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-02-218-226

▼ Введение

Современный уровень производственных отношений в сфере разработки, производства и эксплуатации технических средств систем управления, автоматизации и связи, в которых проектный метод управления [1] занимает значительное место, требует от инженерно-технического работника не только глубоких теоретических знаний и практических навыков в предметной области, но и знаний в области менеджмента и умения работы в команде, сформированной для выполнения проекта.

В условиях жесткой конкуренции, а также в условиях ограниченного времени при

непрерывном обеспечении качества выполняемых проектов, так называемый проектный треугольник [2], в научных и производственных коллективах у молодого инженера — выпускника вуза практически отсутствует время для эффективной самоподготовки, он должен уметь все и сразу, в этом суть формирования работоспособной команды проекта [3]. В связи с этим раннее приобретение практического опыта в разработке электронных устройств и систем является не только желательным, но и необходимым.

Таким образом, задачей высшего учебного заведения является не только преподавать студентам необходимый объем знаний, но, что не менее

важно, снабдить будущего инженера действительно нужными практическими навыками, которые в совокупности с теоретическими знаниями создадут ему в будущем необходимый квалификационный порог, оправдывающий его место в команде проекта [4]. Следовательно, назрела необходимость несколько модифицировать процесс обучения в вузе, усилив академическое образование практической компонентой, но не путем простого увеличения количества лабораторных работ и семинарских занятий, а практической работой, содержание которой приближено к реальной проектной деятельности, имеющей место в государственных и коммерческих учреждениях.

1. Методика проектных работ в учебном процессе

Как известно, в вузах чаще всего встречаются следующие виды практических занятий [5]:

- индивидуальная самостоятельная работа,
- решение контрольных работ и проверочных упражнений,
- лабораторные работы,
- практические исследования и эксперименты,
- учебные дискуссии,
- круглые столы,
- групповые семинарские занятия,
- исследовательские практикумы,
- решение проблемных кейсов,
- деловые игры,
- обучающий тренинг.

Однако ни один из перечисленных видов практических занятий, ни любая их совокупность не выходят за рамки академического образования, т. е. нацеленного на закрепление лекционного материала, в то время как уровень производственных отношений, установившихся в реальном производстве, требует, как было отмечено выше, от молодого специалиста не только широкого теоретического кругозора и глубоких знаний по профилю образования, но и соответствия уровню производственных отношений [6].

Из сказанного напрашивается вывод о том, что изучение технических дисциплин, в частности в области электроники, автоматике и связи, должно быть перенастроено так, чтобы:

– общая задача ставилась перед группой студентов;

– каждый студент при выполнении практических заданий видел конечный результат;

– каждый из студентов самостоятельно решал небольшую функционально обособленную часть общей задачи, которая при «сборке» с остальными функциональными частями приведет к заданному результату, видного всем участникам проекта.

Возможно ли найти форму проведения практических занятий, допускающую многовариантность заданий и в то же время обеспечивающую работу студентов в условиях, приближенных к реальной работе в конструкторских бюро и лабораториях, а именно работу в команде?

Современный уровень развития программного обеспечения, электронной техники и интегральных технологий позволяет дать утвердительный ответ на поставленный вопрос и предложить решение проблемы, отличающееся новизной, невысокой стоимостью и относительной простотой организации учебного процесса.

Для достижения поставленных целей можно предложить два способа организации практических занятий. Первый из них, пригодный для изучения теоретических дисциплин технической направленности, например «Электроника и основы микропроцессорной техники», состоит в организации экспериментов в моделирующих программах [7]. Второй способ, который рассматривается в настоящей статье, основан на применении электронных модулей, позволяющих на практических занятиях макетировать, программировать и отлаживать реальные модели электронных систем автоматического управления.

Исходной предпосылкой для реализации предлагаемой формы практических занятий является обеспечение возможности для каждого студента выполнять задания руководителя единолично, а не группой студентов, как это принято при выполнении лабораторных работ.

Суть предлагаемой формы и методики проведения практических работ состоит в выведении лабораторного оборудования из стен вуза и передаче его во временное пользование студенту, назовем такое лабораторное

оборудование «электронный конструктор». Идея предлагаемой методики основана на отмечаемом авторами настоящей статьи и других публикаций [8–11], «живом» интересе студентов к проектированию реальных функционально законченных устройств и их программированию.

При разработке технических систем и устройств широко применяется метод структурной декомпозиции, при котором поставленная задача, сформулированная в виде структурной схемы или алгоритма, разделяется на ряд менее крупных функциональных узлов или подпрограмм, решение для которых известно и может быть заимствовано для решаемой задачи путем сопряжения электрических сигналов и логического взаимодействия фрагментов алгоритма. Большинство задач по разработке систем управления может быть решено именно таким способом, путем использования подходящих известных технических решений и адаптацией их к решаемой задаче.

Предлагается следующая форма, при которой для практических занятий каждый студент из созданного обменного фонда оборудования «электронный конструктор» обеспечивается комплектом компонентов для работы. Комплекты выдаются во временное пользование до завершения работы над проектом или до окончания семестра. Студенты имеют право пользования полученным комплектом в домашних условиях, но отвечают за сохранность комплектов.

Учебная группа разбивается на подгруппы с небольшим количеством, например от 3 до 5 студентов.

Для каждой подгруппы преподаватель ставит задачу проектирования системы управления, сложность задачи должна соответствовать квалификации (уровню успеваемости) участников подгрупп [12]. Преподаватель выполняет роль заказчика.

В каждой подгруппе назначается лидер — ведущий конструктор, в задачу которого входит разработка алгоритма и конструктивного облика проектируемой системы, разбиение общего алгоритма на функциональные блоки и выдача заданий членам подгруппы (исполнителям) на разработку схем и программного обеспечения функциональных блоков. Для

лидера проекта название «ведущий конструктор» предложено не случайно, так как он является не только администратором (руководителем) проекта, но и сам лично принимает непосредственное участие в проекте.

Назначаются сроки выполнения работы по этапам работы, по каждому функциональному блоку и проекту в целом. Работа выполняется всей подгруппой под руководством ведущего конструктора при непосредственном участии заказчика (преподавателя), контролирующего ход выполнения работы.

Исполнители выбирают конструкторские решения, составляют монтажные схемы своих узлов, разрабатывают алгоритмы и программы для закрепленных за ними функциональных блоков, согласовывают свои решения с ведущим конструктором и заказчиком, собирают макеты функциональных узлов на своих комплектах, автономно проверяют правильность собранных схем и отлаживают программное обеспечение [13].

Ведущий конструктор разрабатывает компоновку размещения функциональных блоков на макетной плате, разрабатывает алгоритм и программу ведущего модуля, используя для отладки программные «заглушки» для пока не готовых к отладке модулей, подключая функциональные блоки, по мере их готовности к отладке в комплексе [13]. По окончании работы над всеми функциональными частями исполнители переносят макеты проверенных узлов на макетную плату лидера. Далее вся подгруппа, работая совместно, добивается конечного результата — работоспособного макета, удовлетворяющего всем требованиям заказчика.

Работа завершается сдачей проекта заказчику.

Заказчик (преподаватель) оценивает качество работы в целом и работу каждого исполнителя в отдельности по конечному результату с учетом качества работы каждого исполнителя. Самостоятельность в принятии технических решений, заимствование готовых решений, найденных самостоятельно, своевременность исполнения заданий, аргументированное отстаивание своих решений, умение работы в команде повышают оценку. Невыполнение заданий в указанные сроки, небрежность в работе, многократное

исправление ошибок, необоснованные отказы в исполнении команд ведущего конструктора или заказчика снижают оценку. Уклонение от выполнения заданий оценивается как неудовлетворительно. Качество выполнения проекта в целом влияет на индивидуальную оценку каждого участника. Все участники проекта получают неудовлетворительные оценки при невыполнении проекта. Ведущий конструктор должен оценивать риски невыполнения заданий исполнителями и своевременно организовывать выполнение недостающего функционального блока силами подчиненной ему группой исполнителей, в том числе и самостоятельно. Система оценок, естественно, может быть изменена, но она доводится до сведения каждого участника проекта перед началом работы.

Содержание проектов и требования к ним публикуются в методических указаниях, которые разрабатываются преподавателем [14].

Одним из вариантов аппаратно-программных средств проектирования электронных устройств, более плотно взаимодействующих с окружающей физической средой, чем стандартные персональные компьютеры, которые фактически не выходят за рамки виртуальности [15], для создания обменного фонда оборудования «электронный конструктор» подходит набор деталей и компонентов для индивидуального творчества, которые позиционируются производителем как набор для конструирования, так называемый *Arduino Kit*, пригодный для проведения практических работ по дисциплине «Микропроцессорные устройства систем управления», практическую основу которых составляет микроконтроллер.

Благодаря широкой доступности, универсальности, простоте встраивания модулей *Arduino*, в макеты робототехнических систем, изучаемых в соответствующих дисциплинах, российские и зарубежные вузы внедряют электронные конструкторы в учебный процесс моделирования и программирования роботов или систем управления [16–20].

Набор для конструирования *Arduino Kit* с контроллером *Arduino Uno* [15] выполнен на основе микроконтроллера *Atmel Atmega 328*, который имеет 14 цифровых контактов ввода/вывода (6 из которых могут использоваться как выходы

ШИМ), 6 аналоговых входов, разъем питания, кнопку сброса. *Arduino Uno* подключается к компьютеру кабелем *USB*, он может работать также по записанной в его память программе автономно от компьютера при питании от гальванической батареи с напряжением 9 В.

В отличие от дорогостоящего лабораторного оборудования, не приспособленного для реализации многовариантных проектов, цена простых комплектов компонентов *Arduino* лежит в пределах от 2500 до 4000 рублей. Именно фактор стоимости часто приводит к поиску вариантов замены дорогого экспериментального оборудования дешевыми, но разнообразными, легко перенастраиваемыми модулями [21]. В состав типового комплекта с незначительными вариациями входят:

1. Покупной контроллер *Arduino Uno*, который в дальнейшем по мере накопления положительного опыта может быть заменен при необходимости на совместимый контроллер *Arduino Mega* с расширенными функциональными возможностями.
2. Функциональные блоки индикации, включающие в себя светодиодные индикаторы с ключами и ограничительными резисторами, собранные на покупных макетных печатных платах, возможна покупка готового модуля.
3. Модули датчиков, собранные на покупных макетных печатных платах, возможна покупка готовых модулей.

В перечень работ подготовительного этапа должны входить также написание и отладка образцового программного обеспечения для функциональных блоков и проектов и разработка руководящих документов по использованию и программированию модулей электронного конструктора на основе многочисленной литературы, например [23, 25].

Примерный, далеко не полный перечень проектов различной сложности приведен ниже. Каждый из проектов рассчитан на выполнение в течение фиксированного отрезка времени, например семестра, с учетом подготовки конструкторской и программной документации по ГОСТ ЕСКД.

Проект 1. Управление светофором с переменным периодом коммутации.

Проект 2. Кодовый замок с управлением исполнительным устройством и тревожной сигнализацией.

Проект 3. Сигнализация железнодорожного переезда с датчиками приближающегося поезда и управления сигнализацией и блокираторами.

Проект 4. Контроль доступа в охраняемые помещения с тревожной сигнализацией и с использованием невидимого оптического барьера и контактного датчика и т.п.

Перечень проектов сопоставимой сложности может быть изменен и дополнен преподавателем [26].

Разработанная форма практической работы отличается новизной, сочетает в себе индивидуальную и коллективную работу при проведении исследований и экспериментов. Участники проекта отвечают за выполнение не только порученной ему части проекта, но и за конечный результат, что адекватно моделирует работу в команде в реальных конструкторских бюро и лабораториях.

2. О роли практической работы в высшем образовании

Роль практических занятий в вузах трудно переоценить. Еще в 1946 г. Эдгар Дейл — известный американский педагог, профессор Университета Огайо — выпустил книгу *Audiovisual Methods in Teaching*, в которой показал, что наиболее абстрактными для человека являются слова, а наиболее конкретным — личный опыт, а в 70-х годах прошлого века его последователи дополнили его «конус опыта» — от абстрактного к конкретному ориентировочными числовыми данными, связанными со способностью человека к запоминанию, и сформулировали гипотезу о том, что человек запоминает примерно 10 % от прочитанного, 20 % от услышанного, 30 % от увиденного, 50 % от того, что услышал и увидел, 70 % от того, что самостоятельно сказал или записал, 90 % от сделанного лично («пирамида Дейла») [27].

Несмотря на то, что «конус опыта» и «пирамида Дейла» считаются мифом во многих образовательных учреждениях [28], тем не менее опыт авторов настоящей статьи преподавания ряда дисциплин, входящих в группу родственных специальностей, которую условно можно

отнести к областям электроники, автоматики и связи, показывает, что изложение теоретического материала, сопровождаемое примерами из окружающей действительности и демонстрацией реальных устройств, способствует запоминанию студентами теоретического материала и, что самое главное, помогает им осознать взаимосвязь теории и практики, не только по теме излагаемого материала, но и взаимосвязь и взаимодействие компонентов с различным назначением в устройстве или в системе.

Вместе с тем авторы отмечают отрицательную динамику эффективности усвоения студентами лекций по микропроцессорным устройствам при попытках использования демонстрационных материалов. Например, внешнее конструктивное исполнение микросхемы нижней степени интеграции, содержащей несколько логических вентилях или триггеров, ничем не отличается от внешнего конструктивного исполнения микроконтроллера, содержащего процессор, различные порты ввода-вывода, память для хранения данных и программы. Как объяснить студенту — вчерашнему школьнику, что микропроцессор в компьютере нужен не только для игр, а модем не только для связи с интернетом? [10, 29–32]

Это можно объяснить только одним способом — дополнить лекционный материал индивидуальным практическим заданием программирования микроконтроллера для решения локальной задачи ввода информации от типовых датчиков и управления типовыми исполнительными устройствами, что и является целью предлагаемой формы практических работ, которая, по мнению авторов, позволит устранить недостатки традиционно используемых форм проведения практических занятий по дисциплине «Микропроцессорные устройства систем управления».

Так, например:

- применяемая при индивидуальной самостоятельной работе разработка и отладка программ в среде проектирования и симуляции *AVR Studio*, эффективно используемая профессионалами, не обладает наглядностью, которая необходима для начинающего программиста и особенно для студентов;

- ограниченное количество лабораторных стендов, обусловленное их высокой стоимостью и недостатком места в учебных аудиториях для размещения крупногабаритного оборудования, ограничивает возможность самостоятельной работы при проведении лабораторных работ и проверочных мероприятий;
- набор функций чтения данных от имитаторов устройств ввода в микроконтроллер и выдачи результатов на устройства вывода, доступных на лабораторных стендах, носят локальный характер, объединение их в целостную, хотя бы простую систему управления практически невозможно, что обедняет практические исследования и эксперименты;
- лабораторное оборудование является в принципе недоступным при дистанционном обучении;
- для студентов, обучающихся в очно-заочной и заочной формах обучения, количество учебных часов практических занятий, предусмотренных планом, является недостаточным для трудоемких работ по программированию и полноценного изучения возможностей микроконтроллеров.

Заключение

Предлагаемая форма практической работы по изучению микропроцессорных устройств претендует на оригинальность и отличается от форм работы, применяемых в других учебных заведениях, тем, что она предполагает индивидуальную и коллективную работу студентов по проектированию схем и программированию устройств управления технических систем с использованием универсальных модулей микроконтроллеров в совокупности с другими компонентами электронной техники, предоставляемых студентам на возвратной основе для использования в домашних условиях.

Указанная форма обеспечивает независимость процесса обучения от доступности лабораторного оборудования, определяемой периодами вынужденного дистанционного обучения, и открывает возможности для внедрения в процесс обучения проектного метода управления, который в настоящее время

составляет основу современной организации производства. Применение проектного метода управления в учебном процессе позволит обеспечить студента навыками работы в команде, приучить к ответственности за порученный ему участок работы и за конечный результат коллективной работы в команде. Материально-техническая база (платформа *Arduino*) для предлагаемой формы практической работы широко распространена, имеет невысокую стоимость и безопасна для личного бесконтрольного использования. Платформа *Arduino* широко используется в отечественном и зарубежном школьном и высшем образовании, благодаря чему в широком доступе имеется достаточное количество литературы с описанием технологии проектирования устройств и программирования микроконтроллеров, а также с описанием множества проектов с различным уровнем сложности.

Предлагаемая форма практической работы может оказаться весьма полезной для студентов, обучающихся в очно-заочной и заочной формах, так как при ограниченной возможности использования лабораторного оборудования они могут выполнять работы в домашних условиях, используя консультации преподавателя в дистанционном формате, а при полном отсутствии доступа к лабораторному оборудованию она является единственно возможной эффективной формой.

При успешном использовании предлагаемой формы практической работы опыт может быть распространен на преподавание других дисциплин, например робототехнических специальностей. ▲

Библиографический список

1. Серов А. Методы современного проектного управления / А. Серов. — URL: <https://expinet.ru/stati/metody-sovremennogo-proektnogo-upravleni.html> (дата обращения: 29.01.2022).
2. Султанов И. А. Содержание проектного метода управления / И. А. Султанов. — URL: <http://projectimo.ru/upravlenie-proektami/proektnyj-metod.html> (дата обращения: 29.01.2022).
3. Султанов И. А. Создание работоспособной команды проекта / И. А. Султанов. — URL: <http://projectimo.ru/komanda-i-motivaciya/formirovanie-komandy-proekta.html> (дата обращения: 29.01.2022).
4. Сагинова О. В. Проектное обучение студентов на основе заказов малых и средних предпринимательских струк-

- тур / О. В. Сагинова, О. А. Гришина, Д. А. Штырно // Российское предпринимательство. — 2017. — Т. 18. — № 3. — С. 417–425. — URL: <https://creativeconomy.ru/lib/37306>.
5. Практическое занятие в вузе: виды, формы, цель и задачи, структура. — URL: <https://zaochnik.ru/blog/prakticheskoe-zanjatie-v-vuze-vidy-formy-tsel-i-zadach-struktura/> (дата обращения: 29.01.2022).
 6. Казун А. П. Практики применения проектного метода обучения: опыт разных стран / А. П. Казун, Л. С. Пастухова // Образование и наука. — 2018. — Т. 20. — № 2. — С. 32–59. — DOI: 10.17853/1994-5639-2018-2-32-59.
 7. Лызлов С. С. Повышение качества обучения специалистов и студентов при использовании программ схемотехнического проектирования электронных устройств / С. С. Лызлов, С. С. Уваров // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта: межвузовский сборник научных трудов. — 2021. — С. 367–374.
 8. Ким Т. Ю. Роль студентов в использовании платформы Arduino в высших учебных заведениях / Т. Ю. Ким, М. А. Артикбаев, Е. В. Маринина // Образование и воспитание. — 2018. — № 3.1(18.1). — С. 18–20. — URL: <https://moluch.ru/th/4/archive/94/3369/> (дата обращения: 30.01.2022).
 9. Лосев А. В. Arduino как способ заинтересовать в программировании / А. В. Лосев. — URL: <https://losev-it.ru/articles/29-arduino-kak-sposob-zainteresovat-v-programirovanii.html> (дата обращения: 30.01.2022).
 10. Asl Görgülü Ar and Gülsüm Meço. Holger Fröhlich, Academic Editor. A New Application in Biology Education: Development and Implementation of Arduino-Supported STEM Activities // Biology (Basel). — 2021 Jun. — 10(6): 506. — DOI: 10.3390/biology10060506.
 11. Pavol Bisták. Arduino Support for Personalized Learning of Control Theory Basics // IFAC-PapersOnLine. — 2019. — Vol. 52. — Iss. 27. — Pp. 217–221. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.759>.
 12. Завьялова Н. Б. Место и роль проектной работы в подготовке специалистов для современной экономики / Н. Б. Завьялова, О. В. Сагинова, А. А. Стукалова, С. М. Максимова // Российское предпринимательство. — 2017. — Т. 18. — № 19. — С. 2759–2768. — URL: <https://creativeconomy.ru/lib/38369>.
 13. Mohammed El-Abd. A Review of Embedded Systems Education in the Arduino Age: Lessons Learned and Future Directions // IJER. — 2017. — Vol. 7. — № 2. — DOI: 10.3991/ijer.v7i2.6845.
 14. Завьялова Н. Б. Проектная работа студентов: как улучшить результат / Н. Б. Завьялова, О. В. Сагинова // Креативная экономика. — 2017. — Т. 11. — № 9. — С. 943–952. — URL: <https://creativeconomy.ru/lib/38328>.
 15. Белов А. В. Программирование ARDUINO. Создаем практические устройства + виртуальный диск / А. В. Белов. — СПб.: Наука и Техника, 2018. — 272 с.
 16. Ревунов С. В. Электронные роботизированные комплексы как инструменты повышения качества преподавания физики в высшей школе / С. В. Ревунов, Р. В. Ревунов, М. М. Щербина // Азимут научных исследований: педагогика и психология. — 2019. — Т. 8. — № 4(29). — С. 177–180. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektronnye-robotizirovannye-kompleksy-kak-instrumenty-povysheniya-kachestva-prepodavaniya-fiziki-v-vysshey-shkole/viewer> (дата обращения: 29.01.2022).
 17. Глазов С. Ю. Особенности применения платформы Arduino в учебном процессе педагогического вуза. Статья в сборнике трудов конференции / С. Ю. Глазов, А. Н. Сергеев. — 2021. — С. 115–119. — eLIBRARY ID: 46627237.
 18. Herzog P. Arduino — Enabling Engineering Students to obtain Academic Success in a Design-based Module / P. Herzog, A. Swart // IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). — 2016. — Pp. 66–73. — URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Arduino-%E2%80%94-Enabling-engineering-students-to-obtain-a-Hertzog-Swart/78480252598a512c9366a392c63a38eb5afe8c3e>.
 19. Patino O. A. Evolution of Microcontroller's Course under the Influence of Arduino / O. A. Patino, S. C'onterars-Ortiz, J. C. Martinez-Santos // 14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering Innovations for Global Sustainability". — 2016. — URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evolution-of-Microcontroller%27s-Course-under-the-of-Patino-Ortiz/29b486a073aaea3cec1592480b47fec7c43d4fcb>.
 20. Kuwan W-H. Development of a Computer- Assisted Instrumentation Curriculum for Physics Students: Using Lab VIEW and Arduino Platform / W-H. Kuwan, C-H. Tseng, S. Chen, C-C. Wong // The Journal of Science Education and Technology. — 2016. — Vol. 25. — Pp. 427–438. — DOI: 10.1007/s10956-016-9603-y.
 21. Guzmán-Fernández M. Arduino: a Novel Solution to the Problem of High-Cost Experimental Equipment in Higher Education / M. Guzmán-Fernández, M. Zambrano de la Torre, J. Ortega-Sigala, C. Guzmán-Valdivia et al. — 2021. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40799-021-00449-1>.
 22. Гордиевских В. М. Микроконтроллеры LEGO EV3 и Arduino UNO как технологическая основа для курса робототехники в вузе / В. М. Гордиевских, А. А. Кораблев. — URL: http://shgpi.edu.ru/files/nauka/vestnik/2016/3_31/40.pdf (дата обращения: 30.01.2022).
 23. Емельянов Г. В. Программирование микроконтроллеров Arduino / Г. В. Емельянов. — // Молодой ученый. — 2021. — № 4(346). — С. 6–8. — URL: <https://moluch.ru/archive/346/77954/> (дата обращения: 03.02.2022).
 24. Белов А. В. Микроконтроллеры AVR: от азов программирования до создания практических устройств / А. В. Белов. — СПб.: Наука и Техника, 2016. — 544 с.
 25. Аливерти П. Изучаем Arduino: руководство для начинающих / П. Аливерти; пер. с итальянского. — М.: Эксмо, 2021. — 400 с.
 26. Cheng H. Establishing the Connection between Control Theory Education and Application: An Arduino Based Rapid Control Prototyping Approach / H. Cheng, L. Hao, Z. Luo, F. Wang // The Journal of Learning and Teaching. — 2016. — Vol. 2. — № 1. — Pp. 67–72. — URL: <http://www.ijlt.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=119&id=528>.
 27. Экстернат и домашняя школа // Пирамида обучения: как запомнить что-то раз и навсегда. — URL: <https://externat.foxford.ru/polezno-znat/piramida-obucheniya> (дата обращения: 29.01.2022).
 28. Skillbox Media // «Пирамида Дейла»: правда ли, что обучение на практике лучше любой теории? — URL: <https://skillbox.ru/media/education/piramida-deyla-pravda-li-chto-obuchenie-na-praktike-luchshe-lyuboy-teorii/> (дата обращения: 29.01.2022).
 29. Eunsang Lee. A Meta-Analysis of the Effects of Arduino-Based Education in Korean Primary and Secondary Schools in

Engineering Education / Lee Eunsang // European Journal of Educational Research. — Vol. 9. — Iss. 4 (October 2020). — Pp. 1503–1512. — URL: <https://www.eu-jer.com/a-meta-analysis-of-the-effects-of-arduino-based-education-in-korean-primary-and-secondary-schools-in-engineering-education>.

30. *Zavjalova O.* Ways of using the arduino platform for education of first-year students of the riga technical university / O. Zavjalova, V. Ziborova, S. Kataņņikova, N. Prokofyeva // SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference. — URL: <http://journals.ru.lv/index.php/SIE/article/view/6240>.
31. *Иванов В. Н.* Методика эффективного обучения робототехнической программно-элементной базе в

школе / В. Н. Иванов, А. В. Иванов // Научно-педагогическое обозрение. — 2018. — № 1(19). — С. 157–165. — DOI 10.23951/2307-6127-2018-1-157-166.

32. *Варлашин В. В.* Методика преподавания робототехники на базе платформы Arduino в рамках дополнительного образования в общеобразовательных учреждениях / В. В. Варлашин, О. А. Шмаков // Робототехника и техническая кибернетика. — № 2(19). — Санкт-Петербург: ЦНИИ РТК. — 2018. — С. 16–20. — URL: <https://rusrobotics.ru/index.php/nomer-2-19-2018/190-obshchie-voprosy/526-metodika-prepodavaniya-robototekhniki-na-baze-platformy-arduino-v-ramkakh-dopolnitelnogo-obrazovaniya-v-obshcheobrazovatelnykh-uchrezhdeniyakh>.

TRANSPORT AUTOMATION RESEARCH, 2022, Vol. 8, No. 2, pp. 218–226
DOI: 10.20295/2412-9186-2022-8-01-218-226

Flexible Hardware and Software for Practical Studies in "Microprocessor Devices of Control Systems" Discipline

Information about authors

Uvarov S. S., PhD in Technical Sciences, Senior Researcher, Assistant Professor. E-mail: uvarovss@yandex.ru

Lyzlov S. S., PhD in Technical Sciences, Senior Researcher, Assistant Professor. E-mail: postmain@mail.ru

Katina M. V., Senior Lecturer. E-mail: fetida01@gmail.com

Russian University of Transport (MIIT), Department "Management and Information Safety", Moscow

Abstract: The article considers a new methodology for specialist training in the field of microprocessor control systems based on filling an educational process with jobs of real practical content which're performed by project team in the conditions of the access absence to a laboratory equipment. The matter is that during the study of theoretical disciplines of technical trend, practical classes, fulfilled in the form of laboratory works, are aimed at fundamental knowledge confirmation in a subject area by the way of experiment conduction, at that, experiments themselves can be organized not only on a laboratory equipment but also in modeling programs. The stated goals for theoretical information backing are achieved by fulfillment laboratory work and subsequent defense. Together, in training programs for specialists in applied technical spheres, for example, in the program of specialist preparation on "Control in technical systems" course, it's provided the study of disciplines in which practical content prevails over theoretical one. Thus, for example, in the course "Electronics and fundamentals of microprocessor technology", it's taught a necessary theoretical basis for the discipline "Microprocessor devices of control systems", and in the program itself of the pointed discipline, it's provided the study of device construction approaches with the use of universal microprocessors and microcontrollers as well as of programming basics of them. Namely that is why in the curriculum of "Microprocessor devices of control systems" discipline, there're provided not laboratory but practical works which in the course, students, performing tasks, program microcontrollers which interact with external devices in simple but functionally complete control devices. However, a laboratory equipment turns out to be unavailable during distance learning that predetermined the search for alternative forms of organization of practical works out-of-door of a university. The search for a suitable solution, besides the solution of laboratory equipment unavailability problem, led to the possibility to organize practical works with the use of a management project method.

Keywords: arduino; microcontroller; microprocessor devices of control systems; performer work quality evaluation; management project method; electronic constructor.

References

1. Serov A. EXPINET [EXPINET]. *Metody sovremennoogo proektnogo upravleniya* [Methods of modern project management]. Available at: <https://expinet.ru/stati/metody-sovremennoogo-proektnogo-upravleni.html> (accessed: January 29, 2022).
2. Sultanov I. A. Projectimo [Projectimo]. *Soderzhanie proektnogo metoda upravleniya* [The content of the project management method]. Available at: <http://projectimo.ru/upravlenie-proektami/proektnyj-metod.html> (accessed: January 29, 2022).
3. Sultanov I. A. Projectimo [Projectimo]. *Sozdanie rabotosposobnoy komandy proekta* [Creation of a workable project team]. Available at: <http://projectimo.ru/komanda-i-motivaciya/formirovanie-komandy-proekta.html> (accessed: January 29, 2022).
4. Saginova O. V., Grishina O. A., Shtykno D. A. Proektnoe obuchenie studentov na osnove zakazov malykh i srednikh predprinimatel'skikh struktur [Project based training of students on the basis of orders from small and medium business structures]. *Rossiyskoe predprinimatel'stvo* [Russian Journal of Entrepreneurship]. 2017, vol. 18, I. 3, pp. 417–425. Available at: <https://creativeconomy.ru/lib/37306>
5. Zaochnik.ru [Zaochnik.ru]. *Prakticheskoe zanyatie v vuze: vidy, formy, tsel' i zadachi, struktura* [Practical training at the university: types, forms, purpose and objectives, structure]. Available at: <https://zaochnik.ru/blog/prakticheskoe-zanyatie-v-vuze-vidy-formy-tsel-i-zadachi-struktura/> (accessed: January 29, 2022).
6. Kazun A. P., Pastukhova L. S. Praktiki primeneniya proektnogo metoda obucheniya: opyt raznykh stran [Practices of application of the project-based teaching method: the experience of different countries]. *Obrazovanie i nauka* [Education and Science]. 2018, vol. 20, I. 2, pp. 32–59. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-2-32-59. (In Russian)
7. Lyzlov S. S., Uvarov S. S. Povyshenie kachestva obucheniya spetsialistov i studentov pri ispol'zovanii programm skhemiticheskogo proektirovaniya elektronnykh ustroystv [Improving the quality of training for specialists and students when using programs for circuit design of electronic devices]. *Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov «Sovremennye problemy sovershenstvovaniya raboty zheleznodorozhnoy transporta»* [Interuniversity collection of scientific papers "Modern problems of improving the work of railway transport"]. 2021, pp. 367–374. (In Russian)
8. Kim T. Yu. Rol' studentov v ispol'zovanii platformy Arduino v vysshikh uchebnykh za-vedeniyyakh [The role of students in using the Arduino platform in higher educational institutions]. *Obrazovanie i vospitanie* [Education and upbringing]. 2018, I. 3.1 (18.1), pp. 18–20. Available at: <https://moluch.ru/th/4/archive/94/3369/> (accessed: January 30, 2022).
9. Losev A. V. *Arduino kak sposob zainteresovat' v programmirovanii* [Arduino as a way to get interested in programming]. Available at: <https://losev-it.ru/articles/29-arduino-kak-sposob-zainteresovat-v-programmirovanii.html> (accessed: January 30, 2022).

10. Asl Görgülü Ar and Gülsüm Meço. Holger Fröhlich, Academic Editor. A New Application in Biology Education: Development and Implementation of Arduino-Supported STEM Activities // *Biology (Basel)*. 2021 June, I. 10(6), 506 p. DOI: 10.3390/biology10060506
11. Pavol Bisták. Arduino Support for Personalized Learning of Control Theory Basics // *IFAC-PapersOnLine*. 2019, vol. 52, I. 27, pp 217–221. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.12.759>
12. Zav'yalova N. B., Saginova O. V., Stukalova A. A., Maksimova S. M. Mesto i rol' proektnoy raboty v podgotovke spetsialistov dlya sovremennoy ekonomiki [Place and role of project work in the training of specialists for the modern economy]. *Rossiyskoe predprinimatel'stvo* [Russian Journal of Entrepreneurship]. 2017, vol. 18, I. 19, pp. 2759–2768. Available at: <https://creativeconomy.ru/lib/38369>
13. Mohammed El-Abd. A Review of Embedded Systems Education in the Arduino Age: Lessons Learned and Future Directions. *IJEP*. 2017, vol. 7, I. 2. DOI:10.3991/ijep.v7i2.6845
14. Zav'yalova N. B., Saginova O. V. Proektnaya rabota studentov: kak uluchshit' rezul'tat [Project work of students: how to improve the result]. *Kreativnaya ekonomika* [Creative Economy]. 2017, vol. 11, I. 9, pp. 943–952. Available at: <https://creativeconomy.ru/lib/38328>
15. Belov A. V. *Programmirovaniye ARDUINO. Sozdam prakticheskie ustroystva + virtual'nyy disk* [ARDUINO programming. We create practical devices + virtual disk]. St. Petersburg: Nauka i Tekhnika Publ., 2018. 272 p. (In Russian)
16. Revunov S. V., Shcherbina M. M. *Elektronnye robotizirovannyye komplekсы kak instrumenty povysheniya kachestva prepodavaniya fiziki v vysshey shkole. Azimut nauchnykh issledovaniy: pedagogika i psikhologiya* [Electronic robotic complexes as tools for improving the quality of teaching physics in higher education. Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology]. 2019, vol. 8, I. 4(29), pp. 177–180. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/elektronnye-robotizirovannyye-komplekсы-kak-instrumenty-povysheniya-kachestva-prepodavaniya-fiziki-v-vysshey-shkole/viewer> (accessed: January 29, 2022).
17. Glazov S. Yu., Sergeev A. N. *Osobennosti primeneniya platformy Arduino v uchebnom protsesse pedagogicheskogo vuza* [Features of the use of the Arduino platform in the educational process of a pedagogical university]. 2021, pp. 115–119. (In Russian)
18. Herzog P. and Swart A. Arduino – Enabling Engineering Students to obtain Academic Success in a Design-based Module. In the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON). 2016, pp. 66–73. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Arduino-%E2%80%94-Enabling-engineering-students-to-obtain-a-Hertzog-Swart/78480252598a512c9366a392c63a38eb5afe8c3e>
19. Patino O. A. C'onterars-Ortiz S. and Martinez-Santos J. C. Evolution of Microcontroller's Course under the Influence of Arduino. In 14th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering Innovations for Global Sustainability". 2016. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Evolution-of-Microcontroller%27s-Course-under-the-of-Patino-Ortiz/29b486a073aaea3cec1592480b47fec7c43d4fcb>
20. Kuwan W-H, Tseng C-H, Chen S. and Wong C-C. Development of a Computer-Assisted Instrumentation Curriculum for Physics Students: Using Lab VIEW and Arduino Platform. *The Journal of Science Education and Technology*. 2016, vol. 25, pp. 427–438. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9603-y>
21. M. Guzmán-Fernández, M. Zambrano de la Torre, J. Ortega-Sigala, C. Guzmán-Valdivia, J. I. Galvan-Tejeda, O. Cruz-Domínguez, A. Ortiz-Hernández, M. Fraire-Hernández, C. Sifuentes-Gallardo & H.A. Durán-Muñoz. Arduino: a Novel Solution to the Problem of High-Cost Experimental Equipment in Higher Education. 2021. Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40799-021-00449-1>
22. Gordievskikh V. M., Korablev A. A. *Mikrokontrollery LEGO EV3 i Arduino UNO kak tekhnologicheskaya osnova dlya kursa robototekhniki v VUZe* [LEGO EV3 and Arduino UNO microcontrollers as a technological basis for a robotics course at a university]. Available at: http://shgpi.edu.ru/files/nauka/vestnik/2016/3_31/40.pdf (accessed: January 30, 2022).
23. Emel'yanov G. V. Programmirovaniye mikrokontrollerov Arduino [Programming Arduino microcontrollers]. *Moloday uchenyy* [Young scientist]. 2021, I. 4 (346), pp. 6–8. Available at: <https://moluch.ru/archive/346/77954/> (accessed: February 03, 2022).
24. Belov A. V. *Mikrokontrollery AVR: ot azov programmirovaniya do sozdaniya prakticheskikh ustroystv* [AVR microcontrollers: from the basics of programming to the creation of practical devices]. St. Petresburg: Nauka i Tekhnika Publ., 2016. 544 p.
25. Paolo Aliverti. *Izuchaem Arduino: rukovodstvo dlya nachinayushchikh* [Learn Arduino: A Beginner's Guide. Per. from Italian]. Moscow: Eksmo Publ., 2021. 400 p. (In Russian)
26. Cheng H. Hao L. Luo Z. and Wang F. Establishing the Connection between Control Theory Education and Application: An Arduino Based Rapid Control Prototyping Approach. *The Journal of Learning and Teaching*. 2016, vol. 2, I. 1, pp. 67–72. Available at: <http://www.ijlt.org/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=119&id=528>
27. Eksternat i domashnyaya shkola [External study and home school]. *Piramida obucheniya: kak zapomnit' chto-to raz i navsegda* [Learning pyramid: how to remember something once and for all]. Available at: <https://externat.foxford.ru/polezno-znat/piramida-obucheniya> (accessed: January 29, 2022).
28. Skillbox Media [Skillbox Media]. «Piramida Deyla»: pravda li, chto obuchenie na praktike luchshe lyuboy teorii? [Dale's Pyramid: Is it true that learning by doing is better than any theory?]. Available at: <https://skillbox.ru/media/education/piramida-deyla-pravda-li-chto-obuchenie-na-praktike-luchshe-lyuboy-teorii/> (accessed: January 29, 2022).
29. Eunsang Lee. A Meta-Analysis of the Effects of Arduino-Based Education in Korean Primary and Secondary Schools in Engineering Education. *European Journal of Educational Research*. 2020, vol. 9, I. 4, pp. 1503–1512. <https://www.eu-jer.com/a-meta-analysis-of-the-effects-of-arduino-based-education-in-korean-primary-and-secondary-schools-in-engineering-education>
30. Oksana Zavjalova, Viktorija Ziborova, Sabina Katajnikova, Natalya Prokofyeva. Ways of using the arduino platform for education of first-year students of the riga technical university. SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference. Available at: <http://journals.ru.lv/index.php/SIE/article/view/6240>
31. Ivanov V. N., Ivanov A. V. Metodika effektivnogo obucheniya robototekhnicheskoy programmno-elementnoy baze v shkole [Methods of effective teaching of robotic software-element base at school]. *Nauchno-pedagogicheskoe obozrenie* [Scientific and Pedagogical Review]. 2018, I. 1(19), pp. 157–165. DOI 10.23951/2307-6127-2018-1-157-166. (In Russian)
32. Varlashin V. V. Metodika prepodavaniya robototekhniki na baze platformy Arduino v ramkakh dopolnitel'nogo obrazovaniya v obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniyakh [Methods of teaching robotics based on the Arduino platform as part of additional education in educational institutions]. *Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika* [Robotics and technical cybernetics]. Sankt-Peterburg: TsNII RTK Publ. 2018, I. 2, pp. 16–20. Available at: <https://rusrobotics.ru/index.php/nomer-2-19-2018/190-obshchie-voprosy/526-metodika-prepodavaniya-robototekhniki-na-baze-platformy-arduino-v-ramkakh-dopolnitelnogo-obrazovaniya-v-obshcheobrazovatelnykh-uchrezhdeniyakh>