

С. Е. Пелих¹✉, А. А. Шаранов¹

Разработка веб-приложения для поддержки образовательного процесса по робототехнике в центрах дополнительного образования

¹Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
г. Новосибирск, Российская Федерация
e-mail: lana.pelikh.sveta.pelikh@mail.ru

Аннотация. В статье представлены основные результаты разработки веб-приложения ArLab для поддержки образовательного процесса по робототехнике в центрах дополнительного образования. Выполнен анализ предметной области, в котором рассмотрены особенности преподавания основ робототехники, а также ограничения существующих программных средств обучения. Для создания веб-приложения были использованы стандартизированные веб-технологии: HTML5, CSS3 и JavaScript. Веб-приложение предоставляет пользователю возможность визуального конструирования электронных схем посредством перетаскивания компонентов, создания соединений между контактами, написания управляющего кода для микроконтроллеров Arduino, а также автоматической проверки корректности собранных схем и программного кода с мгновенной обратной связью.

Ключевые слова: веб-приложение, образовательная платформа, робототехника, программирование микроконтроллеров, визуальный конструктор схем, Arduino

S. E. Pelih¹✉, A. A. Sharapov¹

Development of a web application to support the educational process in robotics at additional education centers

¹Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation
e-mail: lana.pelikh.sveta.pelikh@mail.ru

Abstract. The article presents the main results of the development of the ArLab web application to support the educational process in robotics at additional education centers. The analysis of the subject area is performed, which examines the features of teaching robotics fundamentals to students aged 10–14 years, as well as the limitations of existing educational software. Standardized web technologies were used to create the web application: HTML5, CSS3, and JavaScript. The web application provides the user with the ability to visually construct electronic circuits by dragging and dropping components, creating connections between contacts, writing control code for Arduino microcontrollers, as well as automatically checking the correctness of assembled circuits and program code with instant feedback.

Keywords: web application, educational platform, robotics, microcontroller programming, visual circuit designer, Arduino

Введение

Обучение основам робототехники и программированию микроконтроллеров в учреждениях дополнительного образования представляет собой специфический педагогический процесс, обусловленный возрастными, психологиче-

скими и организационными особенностями целевой аудитории. Основной контингент обучающихся составляют дети и подростки в возрасте от десяти до четырнадцати лет, для которых характерно преобладание наглядно-образного мышления над абстрактно-логическим. В данном возрастном периоде учащиеся демонстрируют высокую восприимчивость к визуальной информации, однако сталкиваются со значительными трудностями при усвоении формализованных программных конструкций и фундаментальных физических законов, описывающих работу электрических цепей.

Традиционная методика преподавания, базирующаяся на непосредственном взаимодействии с физическими учебными наборами на базе микроконтроллеров Arduino, сопряжена с рядом методических и ресурсных ограничений. Практическая работа с аппаратным обеспечением требует существенных материальных затрат, сопровождается высоким риском повреждения оборудования вследствие ошибочных подключений и не обеспечивает мгновенной визуальной обратной связи [1]. Столкновение с первыми техническими неудачами часто провоцирует фрустрацию и снижение внутренней мотивации, из-за чего значительная часть учащихся прекращает регулярные занятия на начальном этапе.

В последние годы стремительное развитие технологий веб-приложений открывает многообещающие возможности для решения этих проблем и позволяет создать безопасную цифровую среду для экспериментирования с электронными схемами и программным кодом без риска повреждения оборудования. Целью данной работы является разработка веб-приложения ArLab, объединяющего визуальный конструктор схем и редактор кода в единой интерактивной среде.

Исследование предметной области

Современный рынок образовательных технологий предлагает ряд программных решений для моделирования электронных схем и написания кода. Платформа Tinkercad Circuits, разработанная компанией Autodesk, представляет собой облачный сервис, предоставляющий возможности визуального конструирования электронных схем. Однако интерфейс характеризуется избыточной функциональностью, не адаптированной для пошагового освоения материала.

Платформа Wokwi представляет собой специализированный онлайн-симулятор для разработки и тестирования проектов на базе Arduino и ESP32, обеспечивающий возможность совместной работы над проектами. Сервис поддерживает загрузку внешних библиотек и эмуляцию сетевых соединений, однако функционирует по подписной модели с ограниченным набором компонентов в бесплатной версии и не предоставляет адаптированных учебных материалов для начинающих [2].

Официальная интегрированная среда разработки Arduino IDE представляет собой профессиональный инструмент, отличающийся строгой синтаксической требовательностью, отсутствием визуальной симуляции электрических цепей и высоким порогом вхождения для начинающих, поскольку сообщения об ошибках компиляции сформулированы в технической терминологии [3].

Существующие программные комплексы не реализуют комплексной интеграции визуального редактора схем и текстового редактора кода в едином рабочем пространстве, не содержат адаптивных механизмов диагностики ошибок с пояснениями, доступными для восприятия подростками, и не учитывают психофизиологические особенности учащихся десяти–четырнадцати лет. Отсутствие специализированных инструментов, соответствующих педагогическим задачам центров дополнительного образования, обуславливает необходимость разработки отечественного веб-приложения, ориентированного на упрощение процесса обучения и снижение когнитивной нагрузки при первом знакомстве с инженерными дисциплинами [4].

Методы и технологии

Разработку веб-приложения ArLab было решено вести с применением стандартизированных веб-технологий: HTML5, CSS3 и JavaScript (ECMAScript 6+). Выбор данной конфигурации обусловлен необходимостью обеспечения кроссплатформенной доступности, исключения требований к установке клиентского программного обеспечения и соответствия современным стандартам W3C [5].

Язык гипертекстовой разметки HTML5 формирует семантическую структуру пользовательского интерфейса, обеспечивая логическое разделение рабочих зон: центральной области сборки схем, библиотеки компонентов, редактора кода и панели управления заданиями.

Каскадные таблицы стилей CSS3 отвечают за визуальное оформление, адаптивную вёрстку и управление состоянием интерфейсных компонентов. Применение гибких сеточных структур (Flexbox) и медиавыражений позволяет сохранять корректное отображение приложения на устройствах с различными разрешениями экранов и плотностью пикселей.

Язык программирования JavaScript выступает в качестве основного инструмента реализации клиентской логики, обработки пользовательских событий, динамического управления DOM-деревом и выполнения алгоритмов проверки электрических соединений. Отказ от применения тяжёлых фреймворков (React, Angular, Vue) в пользу нативного JavaScript продиктован необходимостью обеспечения прозрачности архитектуры, минимизации объёма загружаемых ресурсов и соответствием образовательной задаче демонстрации фундаментальных принципов взаимодействия клиентской части веб-приложения с пользовательским интерфейсом [6].

Для проектирования пользовательского интерфейса была использована среда визуального проектирования Figma, которая позволила сформировать интерактивные прототипы, согласовать дизайн-решения на этапе предпроектной подготовки и провести предварительную оценку юзабилити до начала программной реализации.

Таким образом, для разработки веб-приложения был использован следующий технологический стек:

- HTML5 для семантической разметки интерфейса;
- CSS3 с применением адаптивной вёрстки и CSS-анимаций;

- JavaScript (ES6+) для реализации клиентской логики и алгоритмов валидации;
- Figma для проектирования макетов и прототипирования пользовательского опыта.

Результаты

В результате работы было создано веб-приложение ArLab, в котором реализованы следующие функции:

- ввод переключение между режимом визуального конструирования схем и режимом написания программного кода;
- перетаскивание компонентов (Arduino Uno, светодиоды, резисторы, сервоприводы) из библиотеки в рабочую область посредством обработки событий указательного устройства с расчётом смещения относительно границ контейнера;
- создание электрических соединений между контактными точками компонентов и пинами микроконтроллера с автоматическим расчётом длины и угла наклона проводов с использованием тригонометрических функций; динамическое обновление геометрии соединительных линий при перемещении компонентов в реальном времени без полной перерисовки DOM-дерева;
- ввод управляющего программного кода для микроконтроллеров Arduino в текстовом редакторе с моноширинным шрифтом;
- автоматическая проверка корректности собранной электрической цепи путём сопоставления фактического графа соединений с эталонным шаблоном учебного задания;
- валидация написанного программного кода на наличие обязательных ключевых слов и синтаксических конструкций с генерацией детализированных диагностических сообщений;
- визуальная обратная связь при успешной проверке схемы в виде анимации свечения светодиодов с применением CSS-фильтров и ключевых кадров;
- удаление компонентов и проводов из рабочей области в специальном режиме с подтверждением действия;

Хранение состояния приложения (позиции компонентов, установленные соединения, введённый код) осуществляется в локальных структурах данных на стороне клиента, что обеспечивает мгновенный доступ и модификацию без сетевых задержек. Алгоритм проверки схемы основан на построении ориентированного графа, где вершинами являются контактные точки компонентов, а рёбрами – установленные проводники. При инициализации соединения система фиксирует идентификаторы исходной и целевой точек, их семантические атрибуты и геометрические параметры.

Результаты функционального тестирования подтвердили стабильность работы интерфейса, корректность алгоритмов валидации и высокое удобство взаимодействия. Выявленные в ходе опытной эксплуатации погрешности позицио-

нирования контактных узлов были устранены путём перехода к процентной системе координат. На рис. 1 представлен интерфейс приложения.

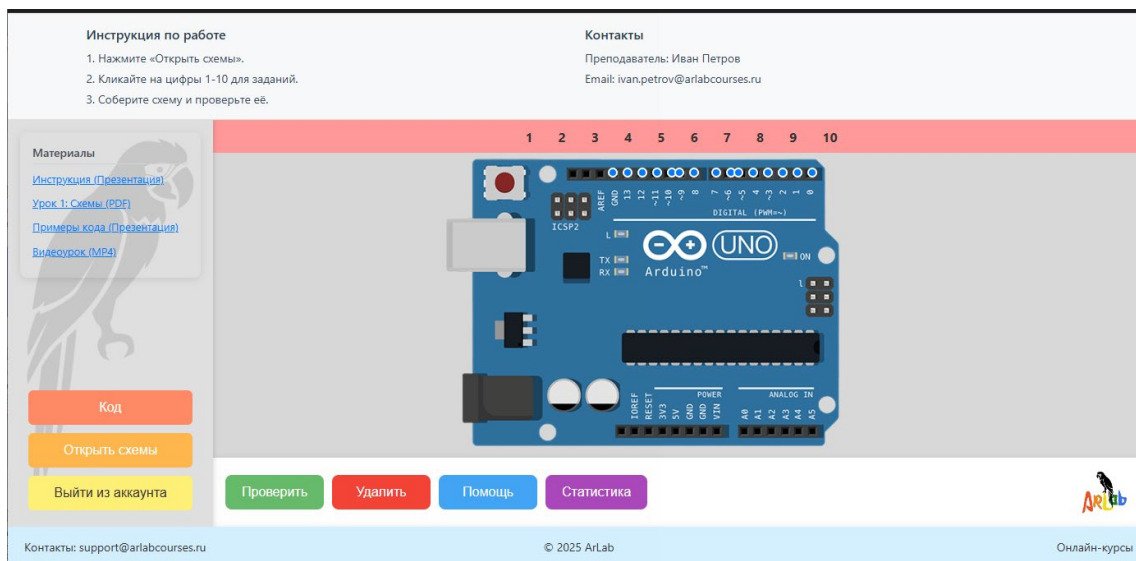


Рис. 1. Интерфейс веб-приложения ArLab

Заключение

В результате выполнения работы было создано веб-приложение ArLab для визуального моделирования электронных схем и обучения программированию микроконтроллеров, адаптированное для учащихся 10–14 лет в системе дополнительного образования. Приложение объединяет конструктор схем и редактор кода в единой интерактивной среде, обеспечивает мгновенную обратную связь и работает без установки дополнительного программного обеспечения.

Тестирование в условиях, имитирующих реальный образовательный процесс, подтвердило стабильность функционирования интерфейса, корректность алгоритмов валидации и высокое удобство взаимодействия. Разработанное решение устраняет материальные и организационные барьеры при изучении микроэлектроники, обеспечивает безопасную цифровую среду для экспериментирования и формирует устойчивую познавательную мотивацию к дальнейшему освоению инженерных дисциплин.

Практическая значимость определяется технической готовностью приложения к интеграции в учебные программы центров дополнительного образования, соответствием требованиям национального проекта «Цифровая экономика» и стратегическим задачам импортозамещения в сфере образовательных технологий. Перспективными направлениями дальнейшего развития являются расширение библиотеки виртуальных компонентов, интеграция модуля совместного проектирования и внедрение подсистемы аналитики успеваемости обучающихся.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. Приказ Минпросвещения России от 31.05.2021 № 287. – Москва, 2021.

2. Смирнов, А. В. Методика преподавания робототехники в школе / А. В. Смирнов. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2019. – 352 с. – ISBN 978-5-9775-4120-8.
3. Фримен, Э. Изучаем программирование на JavaScript / Э. Фримен, Э. Робсон. – Москва : Вильямс, 2020. – 704 с. – ISBN 978-5-8459-2158-3.
4. Duckett, J. HTML and CSS: Design and Build Websites / J. Duckett. – Indianapolis : Wiley, 2011. – 490 p. – ISBN 978-1-118-00818-8.
5. Мартино, М. Arduino для начинающих / М. Мартино ; пер. с англ. – Москва : ДМК Пресс, 2018. – 256 с. – ISBN 978-5-97060-552-4.
6. Nielsen, J. Usability Engineering / J. Nielsen. – San Francisco : Morgan Kaufmann, 1993. – 362 p. – ISBN 978-0-12-518406-4.

© С. Е. Пелих, А. А. Шаранов, 2026