

УДК 371.67:004.738.5

Разработка веб-сервиса для изучения алгоритмов двоичной арифметики с поддержкой вариативных методов вычислений

Кутчиев Владимир Андреевич — студент бакалавриата 3-го курса направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника». Научные интересы: веб-разработка, веб-дизайн, прикладная бинарная алгебра. E-mail: vova2400@yandex.ru

Забродин Андрей Владимирович — канд. ист. наук, доцент кафедры «Информационные и вычислительные системы». Научные интересы: информационные системы, аналитика данных, проектирование баз данных, веб-разработка, облачные технологии. E-mail: zabrodin@pgups.ru

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Кутчиев В. А., Забродин А. В. Разработка веб-сервиса для изучения алгоритмов двоичной арифметики с поддержкой вариативных методов вычислений // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2026. № 1 (45). С. 59–66. DOI: 10.20295/2413-2527-2026-145-59-66

Аннотация. Рассматривается задача повышения эффективности изучения алгоритмов двоичной арифметики в рамках подготовки специалистов в области информатики и вычислительной техники. **Цель:** разработка образовательного веб-сервиса, предназначенного для комплексного изучения алгоритмов двоичной арифметики. **Методы:** в качестве методологической основы используются анализ существующих программных решений и проектирование модульной архитектуры веб-приложения. **Результаты:** в отличие от существующих аналогов, разработанный сервис реализует полный цикл преобразований и вычислений — от перевода чисел в прямые, обратные и дополнительные коды до выполнения базовых арифметических операций с поддержкой вариативных вычислительных методов. Ключевым преимуществом решения является модуль генерации детализированных пошаговых решений, способствующих углубленному освоению алгоритмических основ. Научная новизна работы заключается в создании унифицированной программной платформы, сочетающей вариативные методы двоичных вычислений с алгоритмически прозрачной визуализацией каждого этапа обработки данных. **Практическая значимость:** результаты проведенного сравнительного анализа позволяют говорить о целесообразности использования разработанного сервиса в образовательной практике. Комплексный характер реализованных функций и высокая степень детализации вычислительных процессов создают предпосылки для его применения при изучении дисциплин, связанных с архитектурой ЭВМ и теоретическими основами информатики.

Ключевые слова: двоичные числа, двоичная арифметика, системы счисления, веб-сервис, образовательные технологии, визуализация вычислений, алгоритмы

2.3.5 — математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (технические науки).

Введение

Изучение двоичной арифметики является фундаментальной составляющей подготовки специалистов в области информатики и вычислительной

техники. Ключевой сложностью для обучающихся является не только получение корректного результата вычислений, но и глубокое понимание

алгоритмических основ каждого этапа преобразования и выполнения операций.

При этом особую методическую трудность представляет усвоение операций с двоичными представлениями чисел в различных кодах (прямом, обратном и дополнительном), а также понимание влияния формата представления данных на ход и результат вычислений. На практике это нередко приводит к формальному воспроизведению алгоритмов без осознания их внутренней логики, что снижает качество усвоения материала и затрудняет дальнейшее изучение архитектуры вычислительных систем.

Анализ существующих программных решений [1, 2] показывает, что они, как правило, ориентированы либо на мгновенное получение итогового результата, либо на демонстрацию ограниченного набора операций с пошаговыми пояснениями. Отсутствие единого ресурса, охватывающего полный спектр операций (включая преобразования между различными системами кодирования и вариативные методы арифметических действий) с алгоритмическим разбором, создает существенную проблему для системного освоения материала.

Таким образом, в образовательной практике формируется разрыв между теоретическим изложением алгоритмов двоичной арифметики и инструментальными средствами их практического освоения. Устранение данного разрыва требует использования программных решений, ориентированных не только на получение результата, но и на визуализацию и поэтапное объяснение вычислительных процессов.

Целью статьи является описание процесса разработки и функциональных возможностей веб-сервиса В.А.KVI, ориентированного на комплексное решение обозначенной проблемы. Работа носит прикладной исследовательский характер и опирается на сочетание анализа существующих программных средств, проектирования архитектуры веб-приложения и реализации вычислительных алгоритмов двоичной арифметики [3]. Веб-сервис при этом рассматривается не только как программный продукт, но и как инструмент методической поддержки учебного процесса, ориентированный

на поэтапное освоение алгоритмов и формирование устойчивых навыков работы с двоичными представлениями данных.

Задачи исследования:

- реализовать модули преобразования чисел между десятичной системой счисления и двоичными представлениями (прямой, обратный и дополнительный коды);
- разработать алгоритмы выполнения базовых арифметических операций (сложение, вычитание, умножение, деление) с поддержкой различных вычислительных методов;
- обеспечить генерацию детализированного пошагового объяснения для каждой операции;
- реализовать веб-интерфейс, интегрирующий все функциональные модули в единую удобную среду.

Научная новизна работы заключается в интеграции вариативных алгоритмов двоичной арифметики и сквозной пошаговой визуализации вычислительных процессов в рамках единого образовательного веб-сервиса.

Архитектура и реализация веб-сервиса

Архитектура веб-сервиса В.А.KVI реализована в виде модульной системы, обеспечивающей расширяемость функционала и прозрачность выполнения вычислительных алгоритмов. Она основана на взаимодействии трех ключевых компонентов: модуля вычислительных алгоритмов, системы управления данными и интерактивного веб-интерфейса.

Выбор технологического стека и обоснование

Выбор технологического стека определялся задачей обеспечения надежной серверной логики, интерактивного пользовательского интерфейса и устойчивого хранения данных, необходимых для поддержки образовательного веб-сервиса. Базовый стек технологий формирует ядро системы, ее интерфейс и механизмы хранения данных.

В качестве основного языка реализации вычислительных алгоритмов был выбран Java, что обусловлено его строгой типизацией, переносимостью на другие устройства и наличием проверенных инструментов для построения надежной серверной

логики. Для развертывания веб-интерфейса применяются HTML, CSS и TypeScript, что позволяет создать кросс-платформенное и отзывчивое клиентское приложение. В качестве системы управления базами данных для надежного хранения информации о пользователях и их сессиях используется PostgreSQL, обеспечивающая целостность и согласованность данных.

Функциональные модули системы

Функциональная структура сервиса организована в виде набора взаимосвязанных модулей, каждый из которых отвечает за отдельный этап работы с данными — от ввода и преобразования чисел до выполнения вычислений и анализа результатов, интегрированных через единый веб-интерфейс.

Модуль ввода и валидации данных обеспечивает корректную обработку исходных числовых представлений, включая ввод чисел в десятичной и двоичной системах с указанием знака, а также работу с целочисленными значениями и числами с плавающей точкой. Реализованные механизмы валидации учитывают разрядность представления и допустимые диапазоны значений, что позволяет предотвратить некорректные вычисления на последующих этапах обработки.

Модуль преобразования систем счисления и кодов реализует перевод чисел между десятичной и двоичной системами с поддержкой различных форматов представления (прямого, обратного и дополнительного кодов). Особенностью модуля является визуализация процесса преобразования с отображением промежуточных этапов, что позволяет проследить алгоритмическую логику формирования двоичных представлений.

Модуль арифметических операций реализует базовые операции двоичной арифметики (сложение, вычитание, умножение и деление) с возможностью выбора формата представления чисел и алгоритма вычислений [4]. Такая организация позволяет сопоставлять различные методы выполнения операций и анализировать их особенности в зависимости от выбранного кода и типа данных.

Модуль генерации пошаговых решений обеспечивает поэтапное представление выполнения

арифметических операций, включая визуализацию состояний регистров и отображение действий, выполняемых на каждом шаге алгоритма. Формирование промежуточных результатов позволяет проследить динамику вычислительного процесса и проверить корректность выполнения операций.

Модуль управления пользователями и историей вычислений обеспечивает регистрацию и авторизацию пользователей, а также сохранение результатов выполненных операций. Реализация истории вычислений и функции экспорта результатов в формат PDF позволяет использовать сервис в образовательном процессе и при самостоятельной работе обучающихся.

Модуль управления подписками реализует механизм разграничения доступа к функциональности сервиса, при этом базовые возможности остаются доступными для образовательного использования. Такой подход обеспечивает устойчивость развития сервиса без ограничения его применения в учебных целях.

Совокупность описанных модулей формирует целостную функциональную среду [5], обеспечивающую последовательный переход от ввода и преобразования данных к выполнению вычислений и анализу их результатов.

Алгоритмическая база

Алгоритмическая база сервиса определяет способы выполнения арифметических операций в двоичной системе и обработку числовых данных в различных форматах представления.

Сложение и вычитание двоичных чисел

Пользователь может вводить числа в десятичной или двоичной системе. Операции выполняются в простом, обратном или дополнительном кодах для чисел с фиксированной или плавающей точкой. Вычитание реализуется как сложение с противоположным знаком второго числа. Такая реализация позволяет наглядно продемонстрировать различия в обработке знаковых чисел в зависимости от выбранного формата представления. Теоретические основы операций описаны в [6, 7].

Умножение и деление

Поддерживается ввод чисел в двоичной и десятичной системах с выбором формата представления (прямой, обратный, дополнительный код) и типа чисел (с фиксированной или плавающей точкой). Для умножения реализованы методы со сдвигом множимого и частичных произведений [8], для деления — алгоритмы с восстановлением остатка и без восстановления остатка [9]. Наличие нескольких алгоритмических подходов создает условия для их сопоставления и анализа особенностей выполнения операций в двоичной системе. Теоретические основы приведены в [9, 10].

Выбор и реализация нескольких алгоритмических подходов к выполнению арифметических операций обусловлены не стремлением к расширению функционала, а дидактической задачей сопоставления различных методов вычислений. Возможность поэтапного наблюдения за ходом выполнения алгоритмов в разных кодах и форматах представления чисел позволяет обучающимся выявлять принципиальные различия между методами и формировать более глубокое понимание внутренней логики двоичных вычислений.

Результаты и обсуждение

Для оценки эффективности разработанного веб-сервиса был проведен сравнительный анализ

существующих онлайн-инструментов, ориентированных на выполнение двоичных вычислений. В качестве критериев сравнения рассматривались функциональная полнота, степень алгоритмической прозрачности, наличие визуализации вычислительных процессов и возможности использования сервисов в образовательной практике. Выбор указанных критериев обусловлен задачей выявления не только вычислительных, но и дидактических преимуществ разрабатываемого решения.

Результаты сравнения с популярными онлайн-калькуляторами обобщены и представлены в табл. 1.

Как показывает анализ, ключевые преимущества разработанного сервиса перед аналогами заключаются в полном пошаговом объяснении решений и их детальной визуализации, что реализовано в модуле генерации пошаговых решений. Из рис. 1 видно, что вывод простой операции сложения не ограничивается одним ответом или кратким решением, как показано на рис. 2. Сервис демонстрирует введенную информацию, подготовительные шаги для начала выполнения основной операции, непосредственно сам процесс заданного действия с сопутствующими правилами, а также ответ с обратной проверкой, что важно для подтверждения правильности решения.

Таблица 1

Сравнительный анализ сервисов для двоичных вычислений

Критерии	Сервисы		
	В.А.KVI	RapidTables	Calculatori.ru
Пошаговое объяснение при решении	Полное	Отсутствует	Базовое
Визуализация	Детальная	Минимальная	Базовая
Модель распространения	Подписочная	Бесплатная	Бесплатная
Поддержка русского языка	Присутствует	Отсутствует	Присутствует
Поддержка разных методов вычисления	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует
Экспорт в PDF	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует
История вычислений	Присутствует	Отсутствует	Отсутствует

В отличие от рассматриваемых аналогов, ориентированных преимущественно на получение конечного числового результата, разработанный сервис акцентирует внимание на алгоритмической стороне вычислений. Такая организация вывода позволяет использовать сервис не только как вычислительный инструмент, но и как средство формирования алгоритмического мышления, что имеет принципиальное значение при изучении двоичной арифметики в рамках базовых и профильных дисциплин.

К дополнительным преимуществам относятся поддержка различных методов вычислений, экспорт в PDF, ведение истории вычислений и наличие русскоязычного интерфейса.

Наряду с отмеченными преимуществами разработанный сервис функционирует в рамках ряда ограничений, обусловленных текущим этапом его реализации. Использование подписочной модели распространения связано с необходимостью поддержки и развития функциональности сервиса, а перечень реализованных функций отражает выбранный фокус на базовых алгоритмах двоичной арифметики.

Заключение

Результатом выполненного исследования является программная реализация образовательного веб-сервиса В.А.KVI, обеспечивающая комплексное изучение алгоритмов двоичной арифметики на основе вариативных вычислительных методов.

В ходе работы показано, что сочетание модульной архитектуры, функциональной декомпозиции и алгоритмической вариативности позволяет рассматривать разработанный сервис не только как средство выполнения вычислений, но и как инструмент методической поддержки учебного процесса. Реализация пошагового представления вычислительных процедур и визуализация промежуточных состояний создают условия для формирования у обучающихся устойчивого понимания внутренней логики двоичных операций и особенностей их выполнения в различных форматах представления чисел.

Проведенный сравнительный анализ с существующими программными решениями позволяет сделать вывод о том, что ключевым отличием сервиса В.А.KVI является акцент на алгоритмической прозрачности и возможности сопоставления различных методов выполнения арифметических операций. Такой подход расширяет дидактический потенциал сервиса и повышает его применимость в рамках изучения дисциплин, связанных с теоретическими основами информатики и архитектурой вычислительных систем.

Перспективы дальнейшего развития связаны с расширением набора реализуемых алгоритмов, углублением аналитических и визуализационных средств, а также с интеграцией сервиса в цифровые образовательные среды и учебные курсы профильной направленности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Binary Calculator // RapidTables. URL: <http://www.rapidtables.com/calc/math/binary-calculator.html> (дата обращения: 02.11.2025).
2. Калькулятор чисел в различных системах счисления // Calculatori.ru. URL: <http://calculatori.ru/allsystem.html> (дата обращения: 02.11.2025).
3. Parhami B. Computer Arithmetic: Algorithms and Hardware Designs. Second Edition. New York: Oxford University Press, 2010. 672 p.
4. Mano M. M., Ciletti M. D. Digital Design: With an Introduction to the Verilog HDL, VHDL, and SystemVerilog. Sixth Edition. Upper Saddle River (NJ): Pearson Education, 2017. 720 p.
5. Sommerville I. Software Engineering. Tenth Edition. Boston (MA): Pearson Education, 2015. 816 p.
6. Паттерсон Д. А., Хеннесси Дж. Л. Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем. Четвертое издание = Computer Organization and Design. Fourth Edition / пер. с англ. Н. Вильчинского. СПб.: Питер, 2012. 784 с.
7. Таненбаум Э. С., Остин Т. Архитектура компьютера. Шестое издание = Structured Computer Organization. Sixth Edition / пер. с англ. Е. Матвеева. СПб.: Питер, 2021. 816 с.

8. Савельев А. Я. Основы информатики: учебник для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. И. Э. Баумана, 2001. 328 с.
9. Ercegovac M. D., Lang T. Digital Arithmetic. San Francisco (CA): Morgan Kaufmann, 2003. 769 p.
10. Harris S. L., Harris D. M. Digital Design and Computer Architecture: RISC-V Edition. Cambridge (MA): Morgan Kaufmann, 2022. 732 p.

Дата поступления: 22.11.2025

Решение о публикации: 06.02.2026

Development of a Web Service for Studying Binary Arithmetic Algorithms with Support for Variable Calculation Methods

Vladimir A. Kutchiev — 3th year Bachelor's Degree in 09.03.01 Informatics and Computer Technology. Research interests: web development, web design, applied binary algebra. E-mail: vova2400@yandex.ru

Andrey V. Zabrodin — PhD in History, Associate Professor of the Information and Computing Systems Department. Research interests: information systems, data analytics, database design, web development, cloud technologies. E-mail: zabrodin@pgups.ru

Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky ave., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: Kutchiev V. A., Zabrodin A. V. Development of a Web Service for Studying Binary Arithmetic Algorithms with Support for Variable Calculation Methods, *Intellectual Technologies on Transport*, 2026, no. 1 (45), pp. 59–66. DOI: 10.20295/2413-2527-2026-145-59-66. (In Russian)

Abstract. *This paper addresses the challenge of enhancing the efficiency of studying binary arithmetic algorithms within the framework of training specialists in the field of computer technology. **Purpose:** the goal is to develop an educational web service designed for a comprehensive study of binary arithmetic algorithms. **Methods:** the methodological foundation is based on the analysis of existing software solutions and the design of a modular architecture for the web application. **Results:** unlike existing counterparts, the developed service implements a complete cycle of transformations and calculations, ranging from converting numbers into direct, reverse, and complement codes to executing basic arithmetic operations with support for variable computational methods. A key advantage of this solution is the module for generating detailed step-by-step solutions, which facilitates a deeper understanding of algorithmic principles. The scientific novelty of the work lies in the creation of a unified software platform that combines variable methods of binary computation with algorithmically transparent visualization of each stage of data processing. **Practical significance:** the results of a comparative analysis affirm the feasibility of using the developed service in educational practice. The comprehensive nature of the implemented functions and the high degree of detail in the computational processes create prerequisites for its application in the study of disciplines related to computer architecture and the theoretical foundations of computer science.*

Keywords: *binary numbers, binary arithmetic, number systems, web service, educational technologies, visualization of calculations, algorithms*

REFERENCES

1. Binary Calculator, *RapidTables*. Available at: <http://www.rapidtables.com/calc/math/binary-calculator.html> (accessed: November 02, 2025).
2. Kalkulyator chisel v razlichnykh sistemakh schisleniya [Calculator for Numbers in Different Numeral Systems], *Calculatori.ru*. Available at: <http://calculatori.ru/allsystem.html> (accessed: November 02, 2025). (In Russian)
3. Parhami B. Computer Arithmetic: Algorithms and Hardware Designs. Second Edition. New York, Oxford University Press, 2010, 672 p.
4. Morris Mano M., Ciletti M.D. Digital Design: With an Introduction to the Verilog HDL, VHDL, and SystemVerilog. Sixth Edition. Upper Saddle River (NJ), Pearson Education, 2017, 720 p.
5. Sommerville I. Software Engineering. Tenth Edition. Boston (MA), Pearson Education, 2015, 816 p.
6. Patterson D.A., Hennessy J.L. Архитектура компьютера и проектирование компьютерных систем. Четвертое издание [Computer Organization and Design. Fourth Edition]. Saint Petersburg, Piter Publishing House, 2012, 784 p. (In Russian)
7. Tanenbaum A.S. Austin T. Архитектура компьютера. Шестое издание [Structured Computer Organization. Sixth Edition]. Saint Petersburg, Piter Publishing House, 2021, 816 p. (In Russian)
8. Savelyev A. Ya. Osnovy informatiki: uchebnik dlya vuzov [Fundamentals of Computer Science: A Textbook for Institutions of Higher Education]. Moscow, Bauman Moscow State Technical University, 2001, 328 p. (In Russian)
9. Ercegovic M.D., Lang T. Digital Arithmetic. San Francisco (CA), Morgan Kaufmann, 2003, 769 p.
10. Harris S.L., Harris D.M. Digital Design and Computer Architecture: RISC-V Edition. Cambridge (MA), Morgan Kaufmann, 2022, 732 p.

Received: 22.11.2025

Accepted: 06.02.2026