

DOI: 10.32517/2221-1993-2024-23-2-35-43

В. С. Попов*Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия;**Тверской государственный университет, г. Тверь, Россия*

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ЦИФРОВАЯ СХЕМОТЕХНИКА И АЛГЕБРА ЛОГИКИ: СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ В ОНЛАЙН-СИМУЛЯТОРЕ»: КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД В ЦЕЛЯХ ПРЕЕМСТВЕННОСТИ УРОВНЕЙ ОБРАЗОВАНИЯ*

Аннотация

В статье представлена и подробно описана лабораторная работа «Цифровая схемотехника и алгебра логики: создание цифровых устройств в онлайн-симуляторе», проводимая для старших школьников в МГТУ имени Н. Э. Баумана. Во введении показано место занятия в системе взаимодействия организаций среднего общего и высшего уровней образования, на основе рассмотренных проблем образования в области цифровой схемотехники приведено обоснование необходимости данной лабораторной работы. Практико-ориентированный характер рассмотренной лабораторной работы по информатике обуславливает необходимость применения современных средств моделирования. В данной лабораторной работе используется онлайн-среда Logic.ly, позволяющая создавать и исследовать цифровые устройства: полусумматор, сумматор, триггеры, мультиплексоры, дешифраторы. Подробно описаны основные характеристики, структура и ход занятия, предметное содержание и межпредметные связи, целевые предметные и метапредметные результаты на основе современного компетентностного подхода.

Ключевые слова: цифровая схемотехника, алгебра логики, логический вентиль, лабораторная работа, компетентностный подход.

1. Введение

В столичной системе образования продолжает выстраиваться доказавшая свою эффективность модель взаимодействия общеобразовательных организаций

и высших учебных заведений [17]. На базе вузов проводятся не только городские научно-практические и проектные конференции для школьников [13] «Курчатовский проект — от знаний к практике, от практики к результату», «Инженеры будущего», «Наука для жиз-

* Материалы к статье можно скачать на сайте ИНФО: http://infojournal.ru/journals/school/school_02-2024/

Контактная информация

Попов Владислав Сергеевич,

старший преподаватель кафедры «Информационные системы и телекоммуникации», факультет «Информатика и системы управления», Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет), г. Москва, Россия; *адрес:* 105005, Россия, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1;

аспирант Института педагогического образования и социальных технологий, Тверской государственный университет, г. Тверь, Россия; *адрес:* 170100, Россия, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33;

e-mail: popov_vlad@mail.ru**V. S. Popov**

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia;
Tver State University, Tver, Russia

LABORATORY WORK "DIGITAL CIRCUIT DESIGN AND ALGEBRA OF LOGIC: CREATION OF DIGITAL DEVICES IN AN ONLINE SIMULATOR": COMPETENCE-BASED APPROACH FOR THE PURPOSES OF CONTINUITY OF EDUCATION LEVELS

Abstract

The article presents and describes in detail the laboratory work "Digital circuit design and algebra of logic: creation of digital devices in an online simulator", conducted for high school students at Bauman Moscow State Technical University. The introduction describes the place of the lesson in the system of interaction between organizations of secondary general and higher levels of education; based on the considered problems of education in the field of digital circuitry, the rationale for the need for this laboratory work is given. The practice-oriented nature of the considered laboratory work in informatics necessitates the use of modern modeling tools. This laboratory work uses the online environment Logic.ly, which allows you to create and explore digital devices: half-adder, adder, flip-flops, multiplexers, decoders. The main characteristics, structure and stages of the lesson, subject content and interdisciplinary connections, target subject and meta-subject results based on a modern competency-based approach are described in detail.

Keywords: digital circuit engineering, algebra of logic, logic gate, lab work, competence-based approach.

ни», но также усилиями преподавателей высшей школы реализуется значительный образовательный компонент как для учителей, так и для учеников. Так, МГТУ имени Н. Э. Баумана проводит не только ставшие широко известными «университетские среды» [6], «университетские субботы» [13], олимпиаду «Шаг в будущее» [16] и предпрофессиональные экзамены [23], но и большое количество других образовательных мероприятий для школьников в самых разных формах — технические лабораторные практикумы, мастер-классы, семинары, интерактивные экскурсии, лабораторные работы [3].

В весеннем семестре 2020/2021 учебного года в МГТУ имени Н. Э. Баумана впервые была представлена **лабораторная работа «Цифровая схемотехника и алгебра логики: создание цифровых устройств в онлайн-симуляторе»** для школьников старших классов образовательных организаций, которая рассматривается в данной статье. Описанная лабораторная работа получила высокую оценку как главного субъекта педагогического процесса — учеников, так и коллег, принимавших участие в проведении данной лабораторной работы, и организаторов занятий — специалистов отдела довузовской подготовки МГТУ имени Н. Э. Баумана. Лабораторная работа «Цифровая схемотехника и алгебра логики: создание цифровых устройств в онлайн-симуляторе» способствует знакомству школьников с основами цифровой схемотехники, практическому применению ранее изученной в рамках уроков информатики алгебры логики, формированию целостной информационной картины мира, информационной, цифровой и ИКТ-компетентностей.

Необходимость разработки данной лабораторной работы вызвана недостаточным изучением основ цифровой схемотехники на уроках информатики в школе, а также значительным отсеком студентов из-за вузовских дисциплин, посвященных схемотехнике и разработке аппаратного обеспечения. Во-первых, хотя в учебниках информатики базового уровня для X класса и, как следствие, в поурочном планировании присутствуют темы «Элементы схемотехники. Логические схемы» [2,

с. 209–218], «Логические элементы компьютера» [14, с. 175–183], личная экспертная оценка автора состоит в том, что данные темы зачастую не получают должного внимания и освещения на уроках информатики в массовой отечественной школе, причем эта проблема вызвана обстоятельствами как кадрового, так и системного характера. Во-вторых, отказ многих ИТ-кафедр высших учебных заведений от физики как вступительного экзамена [15], наблюдаемое снижение мотивации школьников к получению образования в области физики и другие тенденции физического образования приводят к отложенной проблеме как для студентов кафедр, так и для самих ИТ-кафедр, содержание учебного процесса в которых посвящено не только программному, но и аппаратному обеспечению. Вследствие недостаточной сформированности ЗУН, компетентности и компетенций в области основ схемотехники, отсев студентов на некоторых таких кафедрах нередко составляет от половины до 2/3 от поступившего на первый курс количества студентов бакалавриата. Безусловно, предложенная лабораторная работа сама по себе не способна решить все обозначенные проблемы, являясь тем не менее одним из необходимых маленьких шагов для их системного решения.

2. Характеристики и структура занятия

Цель занятия: практическое рассмотрение алгебры логики как основы информационных процессов на примере устройств цифровой схемотехники.

Время занятия составляет одну университетскую пару (90 минут).

Возраст обучающихся: X–XI классы; лабораторная работа рассчитана на школьников, получающих образование на уровне среднего общего образования.

Количество обучающихся зависит от возможностей лабораторных аудиторий кафедры и составляет максимум 15 человек.

Этапы занятия, соответствующая деятельность преподавателя и учеников показана в таблице 1.

Таблица 1

Основные этапы занятия

№ п/п	Этап занятия	Время	Деятельность преподавателя	Деятельность ученика
1	Организационный этап	5	Создает условия для проведения эффективного занятия, настраивает учеников на активную деятельность. Дополнительно в МГТУ имени Н. Э. Баумана знакомит с условиями обучения на кафедре проведения занятия.	Самоорганизация, в том числе для парной работы, включение в учебную деятельность. Понимают тему, цели и задачи лабораторной работы. (Темы заранее известны для записи школьников на занятия в МГТУ.)
2	Этап актуализации знаний: логические операции	5	Актуализирует знания учеников в форме диалога, демонстрируя известные таблицы истинности логических операций И, ИЛИ, НЕ. Демонстрирует соответствие рассмотренных логических операций и электрических схем.	Вспоминают изученный материал, формулируют определения конъюнкции, дизъюнкции, отрицания; понимают приведенные таблицы истинности и соотносят с электрическими схемами.
3	Этап усвоения нового материала: новые логические операции, вентили	10	Представляет и объясняет новый учебный материал в диалоге.	Определяют траекторию дальнейшего изучения алгебры логики; понимают новые логические операции.

Окончание табл. 1

№ п/п	Этап занятия	Время	Деятельность преподавателя	Деятельность ученика
4	Этап усвоения нового материала на практике: полусумматор, сумматор, триггеры, мультиплексор, дешифратор	60	Объясняет принципы работы устройств цифровой схемотехники. Контролирует результаты выполнения практических заданий.	Анализируют учебный материал, соответствие таблиц истинности и схем цифровых устройств. Выполняют задания в онлайн-среде.
5	Этап подведения итогов и рефлексии	10	Создает условия для эффективной рефлексии.	Формулируют выводы по итогам лабораторной работы.

При выполнении практических заданий лабораторной работы используется онлайн-среда моделирования цифровых схем Logic.ly (<https://logic.ly/demo/>), позволяющая решить проблемы наглядной проверки и демонстрации работы созданной цифровой схемы [10, с. 125; 22, с. 183], формирования мотивационной составляющей и достижения метапредметных результатов [11, с. 18–19] в процессе обучения основам цифровой схемотехники.

Рассмотренные операции не только являются простейшими операциями алгебры логики, но также образуют *полную систему булевых функций* [7, с. 50], поскольку с их помощью можно выразить любую булеву функцию. Полезным будет напомнить, что базис логических функций ввиду законов де Моргана может состоять только из конъюнкции и отрицания или только из дизъюнкции и отрицания [7, с. 51].

3. Предметное содержание

3.1. Базовые операции алгебры логики

На этапе **актуализации знаний** преподаватель напоминает учащимся таблицы истинности известных логических операций: отрицания (табл. 2), конъюнкции и дизъюнкции (табл. 3), уточняет различные названия операций для приведенных таблиц истинности.

Далее преподаватель напоминает ученикам о соответствии конъюнкции и дизъюнкции последовательному и параллельному соединениям выключателей на электрической схеме (рис. 1).

В дидактических целях будет полезным самостоятельное соотнесение учащимися указанных логических операций и схем, а также, при наличии дополнительного времени, реализация приведенных логических схем при помощи схемотехнического набора [9], как это показано на фото.

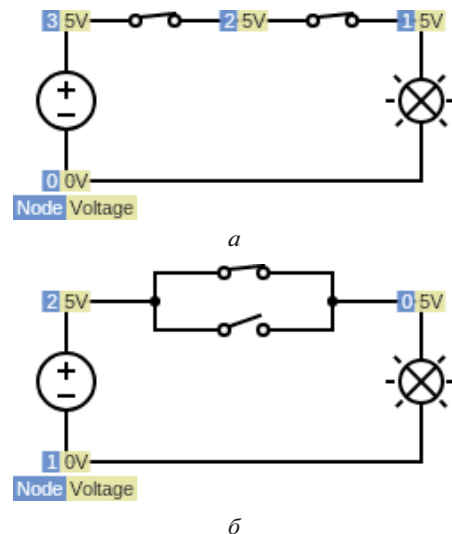


Рис. 1. Последовательное (а) и параллельное (б) соединения выключателей на электрической схеме

Таблица 2

Таблица истинности отрицания

X	$\neg X$
0	1
1	0

Таблица 3

Таблицы истинности конъюнкции ($\wedge$) и дизъюнкции ($\vee$)

X	Y	$X \wedge Y$	$X \vee Y$
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

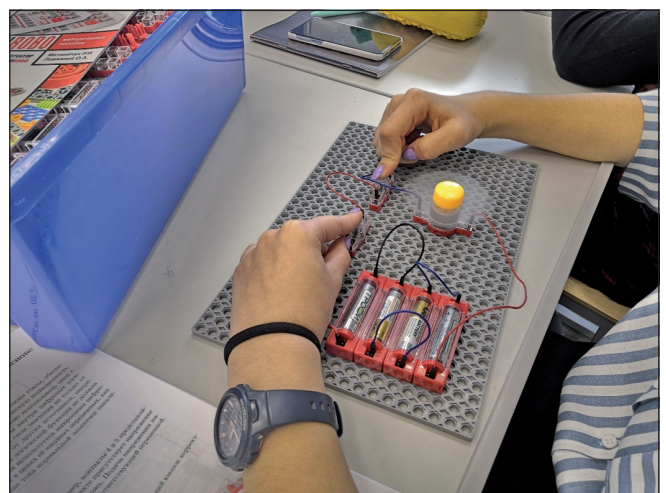


Фото. Реализация электрической схемы на уроке информатики в Цифровой школе г. Москвы с использованием набора NAUROBO

3.2. Новые операции алгебры логики

Этап усвоения нового материала начинается со знакомства учеников с операциями **исключающего ИЛИ** ($\oplus$), **штриха Шеффера** ($\downarrow$), **стрелки Пирса** ($\downarrow$). В таблице 4 приведены таблицы истинности указанных логических операций.

Таблица 4

Таблицы истинности **исключающего ИЛИ** ($\oplus$), **штриха Шеффера** ($\downarrow$), **стрелки Пирса** ($\downarrow$)

X	Y	$X \oplus Y$	$X \downarrow Y$	$X \downarrow Y$
0	0	0	1	1
0	1	1	1	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0

Преподаватель стимулирует учеников отвечать на вопросы о том, на что похожи приведенные таблицы истинности или как можно определить приведенные операции по их таблицам истинности. Например, таблица истинности **исключающего ИЛИ** соответствует операции сравнения «не равно» и противоположна таблице истинности эквиваленции, **штрих Шеффера** является отрицанием конъюнкции, а **стрелка Пирса** — отрицанием дизъюнкции.

Штрих Шеффера, равно как и **стрелка Пирса**, составляют базис булевых функций, через любую из них можно выразить все остальные бинарные булевы функции [4]. Рассмотренные операции будут использованы в дальнейшей практической работе.

3.3. Логические вентили

Далее на этапе усвоения нового теоретического материала ученики узнают, что каждой из рассмотренных логических операций соответствует **логический вентиль** — базовый элемент цифровых логических схем, реализующий конкретную логическую функцию (табл. 5).

* * *

На последующих этапах урока ученики применяют рассмотренные логические вентили для создания устройств цифровой схемотехники: полусумматора, сумматора, триггеров, мультиплексоров и дешифраторов [18, 21].

В качестве **дополнительного внеурочного задания** можно предложить обучающимся соотнести и сравнить обозначения логических вентилях в стандартах [5, 24, 25].

3.4. Обработка информации: полусумматор и сумматор

Основным этапом занятия является **этап усвоения нового материала на практике** с использованием онлайн-редактора цифровых схем Logic.ly.

Практический этап начинается с рассмотрения полусумматора и сумматора — цифровых устройств, реализующих вычисления на основе рассмотренных логических вентилях.

Таблица 5

Логические вентили для рассмотренных операций*

Логические операции / функция и вентиль	Обозначение вентилей по ГОСТ / IEC [5, 24]	Обозначение вентилей ANSI [25]
Отрицание NOT Gate		
Конъюнкция AND Gate		
Дизъюнкция OR Gate		
Исключающее ИЛИ XOR Gate		
Штрих Шеффера NAND Gate		
Стрелка Пирса NOR Gate		

* Источник изображений: [8].

Таблица 6 демонстрирует работу **полусумматора**, отражая результат сложения двух двоичных цифр:

$0 + 0 = 0$, $0 + 1 = 1$, $1 + 0 = 1$, $1 + 1 = 10$.

S — результат суммы в данном разряде, P — результат переноса в старший разряд.

Таблица 6

Таблица истинности полусумматора

A	B	S	P
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Как следует из таблицы 6, результат суммы в данном разряде S соответствует логической операции **исключающего ИЛИ**, а результат переноса в следующий разряд P соответствует конъюнкции. Таким образом, для построения полусумматора необходимо применение всего двух логических вентилях — **исключающего ИЛИ** (XOR Gate) и **логического И** (AND Gate).

Примеры реализованного в онлайн-среде Logic.ly полусумматора и его работы при разных комбинациях входов показаны на рисунке 2.

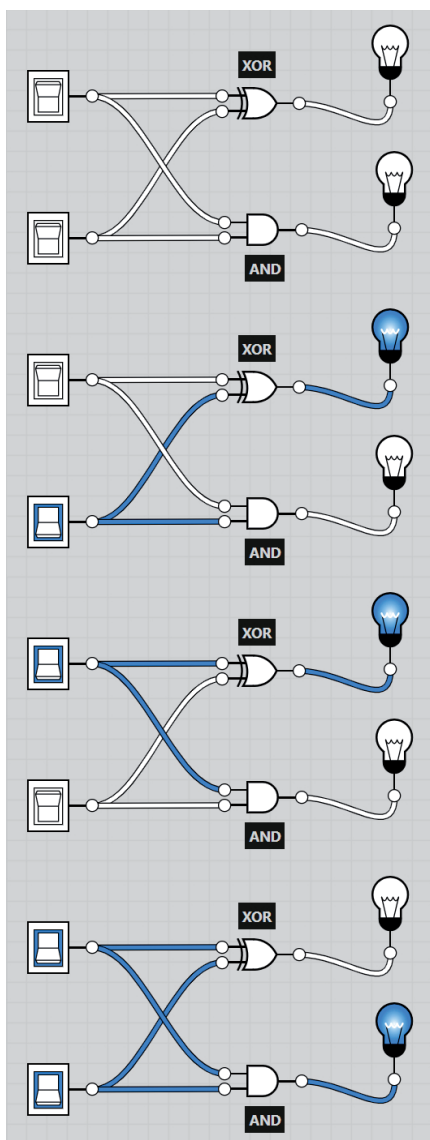


Рис. 2. Полусумматор, построенный в онлайн-среде Logic.ly

Для реализации полусумматора и последующих цифровых схем полезно представить как схемы ANSI (см. рис. 2), так и схемы ГОСТ / IEC (рис. 3).

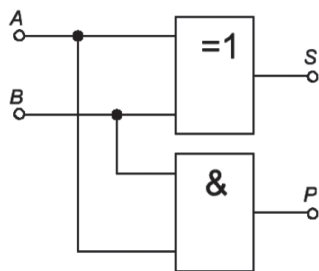


Рис. 3. Схема полусумматора, вентили в соответствии с ГОСТ / IEC

Проблемой при использовании полусумматора является возможность сложения только двух двоичных разрядов, хотя в общем случае возникает необходимость сложения трех двоичных разрядов, включая перенос P_i из предыдущего разряда.

Таблица 7 демонстрирует результаты на выходах сумматора при различных комбинациях входных значений,

где A, B — суммируемые двоичные цифры, P_i — перенос из предыдущего разряда, S — сумма в данном разряде, P_{i+1} — перенос в следующий разряд. A, B, P_i являются входами сумматора, S и P_{i+1} — его выходами.

Таблица 7

Таблица истинности сумматора

A	B	P_i	S	P_{i+1}
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
1	0	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

На рисунке 4 показана схема сумматора, рисунок 5 демонстрирует сумматор, реализованный в онлайн-среде Logic.ly, и пример его работы при $A = 1, B = 1, P_i = 0$.

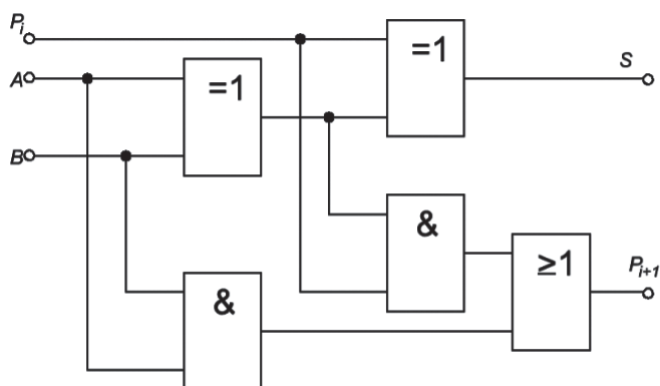


Рис. 4. Схема сумматора, вентили в соответствии с ГОСТ / IEC

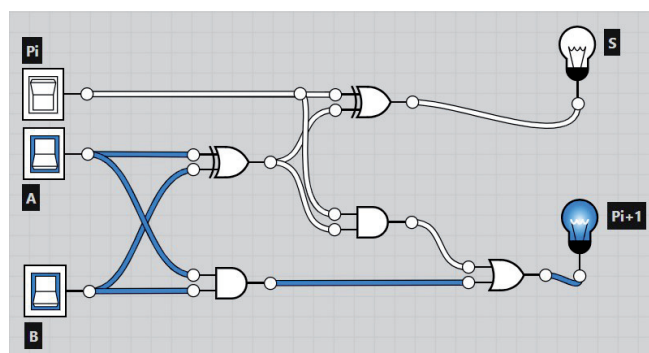


Рис. 5. Сумматор, реализованный в онлайн-среде Logic.ly

Одной из существенных проблем при изучении логических схем является непонимание того, как логические значения 0 и 1 передаются по проводникам. Следует заметить, что большинство современных схемотехнических решений управляются напряжением, а не током. В *положительной логике* значение логического нуля

соответствует низкому уровню напряжения (например, 0 вольт), а значение логической единицы соответствует высокому уровню напряжения (например, 5 вольт).

Полусумматор и сумматор — основные части арифметико-логического устройства процессора: от алгебры логики ученики приходят к самой возможности вычислений.

3.5. Хранение информации: RS-триггер и D-триггер

Алгебра логики и логические операции, выраженные в виде логических вентилях, позволяют современным компьютерам не только обрабатывать информацию, но также осуществлять другой важнейший информационный процесс — хранение информации.

Таблица 8 демонстрирует работу **RS-триггера**: при различных значениях входов *Reset* и *Set* вход *Set* устанавливает значение триггера; при значениях входов *Reset* и *Set*, одновременно равных 1, установленное значение RS-триггера сохраняется. Реализация асинхронного RS-триггера на двух элемента И-НЕ (NAND Gate) показана на рисунке 6.

Таблица 8

Таблица истинности RS-триггера на двух элементах И-НЕ

<i>Reset</i>	<i>Set</i>	<i>Q</i>	$\neg Q$
0	0	Запрещено	
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	Хранение бита	

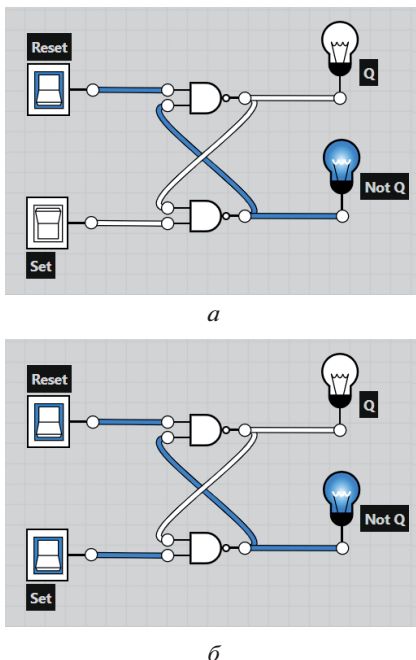


Рис. 6. Асинхронный RS-триггер: установка 0 (а) и его последующее хранение (б)

Рассмотренный выше асинхронный RS-триггер — лишь один из множества видов триггеров — устройств

цифровой схемотехники, позволяющих хранить информацию.

Таблица 9 демонстрирует принципы работы **D-триггера**: при значении 0 на входе *C* триггер сохраняет бит, при значении 1 на входе *C* триггер изменяет свое состояние на значение входа *D*. Для демонстрации работы D-триггера при открытии сайта Logic.ly в модальном окне следует выбрать «D Latch».

Таблица 9

Таблица истинности D-триггера

<i>C</i>	<i>D</i>	<i>Q(t)</i>	<i>Q(t+1)</i>	Комментарий
0	X	0	0	Режим хранения информации
0	X	1	1	
1	0	X	0	Режим записи информации
1	1	X	1	

Обсуждая применение триггеров, уместно вспомнить классификацию компьютерной памяти и, в частности, оперативной памяти на *динамическую и статическую память* [18, с. 313–334]. Если в динамической памяти для хранения одного бита используется один конденсатор и один транзистор, то в памяти статического типа для хранения одного бита информации используется триггер. Главным достоинством статической памяти, построенной на триггерах, является большая скорость операций с таким типом памяти.

3.6. Передача информации: мультиплексор

После моделирования цифровых устройств обработки и хранения информации ученики создают схему **мультиплексора**, позволяющего передать сигнал с выбранного входа на свой единственный выход. Для выбора входа данных используются адресные входы мультиплексора.

Модель **мультиплексора 2-в-1**, реализованная в онлайн-среде Logic.ly, показана на рисунке 7. Соответствующая таблица истинности приведена в таблице 10.

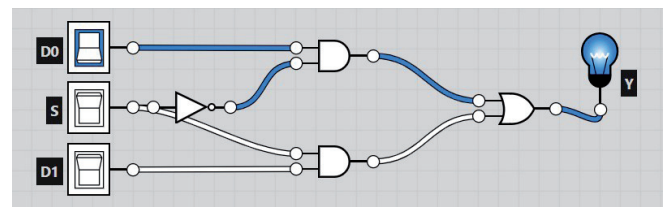


Рис. 7. Мультиплексор 2-в-1: D0, D1 — входы данных, S — адресный вход, Y — выход

Выделение синим цветом в таблице 10 показывает, какие входные данные будут переданы мультиплексором на выход в зависимости от значения адресного входа S.

Дополнительным заданием является самостоятельное моделирование **мультиплексора 4-в-1**, пример которого приведен на рисунке 8. При создании мультиплексора 4-в-1 необходимо использование трехвходового вентиля AND и четырехвходового вентиля OR, изменение количества входов возможно при размещении

Таблица 10

Таблица истинности мультиплексора 2-в-1

S	D_1	D_0	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

вентиля на схеме, указывая значение в правом нижнем углу рабочей области Logic.ly (рис. 9).

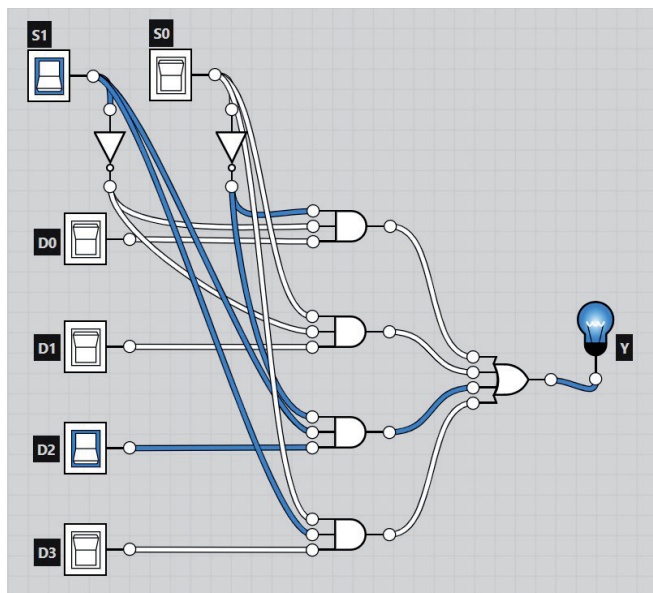


Рис. 8. Мультиплексор 4-в-1:
D0, D1, D2, D3 — входы данных,
S0, S1 — адресные входы, Y — выход

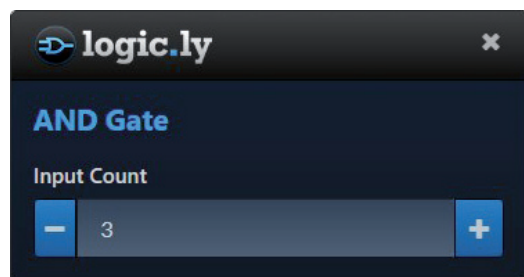


Рис. 9. Изменение количества входов логического вентиля

3.7. Не только логика: дешифратор

Последним практическим заданием лабораторной работы является моделирование **дешифраторов** — цифровых устройств, передающих логическую едини-

цу на выход, соответствующий заданному двоичному адресу. На основе приведенной преподавателем схемы ученики в Logic.ly моделируют дешифраторы 2:4 и 3:8. Дешифратор как цифровое устройство демонстрирует взаимосвязь двоичной и десятичной систем счисления с алгеброй логики и прекрасно подходит для изучения счета в двоичной системе счисления.

3.8. Варианты дополнительных и домашних заданий

В качестве возможных дополнительных и домашних заданий можно предложить:

- 1) использование семиразрядного индикатора (4-Bit Digit в Logic.ly) для изучения двоичной и шестнадцатеричной систем счисления;
- 2) практическое изучение других видов триггеров, в том числе разницы между асинхронными и синхронными триггерами;
- 3) применение нескольких сумматоров для сложения n -разрядных двоичных чисел;
- 4) создание моделей демонстрации работы булевых функций, например, тернарного сложения по модулю 2 (тернарного XOR), сложного не только для учеников на уровне общего образования, но и для студентов технических вузов;
- 5) углубленное изучение динамических запоминающих устройств повышенного быстродействия и т. д.

4. Компетентностный подход, предметные и метапредметные результаты

Представленное в таблице 1 распределение времени занятия, ориентированное на практическое выполнение заданий, отражает традиционный для МГТУ **русский метод обучения ремеслам** — первую отечественную научную систему начального профессионального трудового обучения, получившую мировое признание на всемирных выставках в Вене, Париже, Филадельфии второй половины XIX века [1]. Следует отметить, что русский метод обучения ремеслам, предложенный великим инженером и педагогом Д. К. Советкиным, по своей природе являлся компетентностно-ориентированным методом, совмещающим теорию и практику, основанным на упражнениях под контролем мастера и направленным на глубокое знание главных элементов профессиональной деятельности, способность и возможность эффективной практической деятельности.

Понимая **компетентность** как «интегрированный набор знаний, навыков и деятельностных установок, которые мобилизуются в определенном контексте для решения определенной задачи, для достижения определенного результата» [19, с. 38], можно выделить следующие знания, навыки и деятельностные установки, развиваемые в рамках предложенной лабораторной работы:

- **Знания:**
 - **предметные:** логические операции (включая редко рассматриваемые операции: исключающее ИЛИ, штрих Шеффера, стрелка Пирса), логические вентиля (NOT, AND, OR, NAND,

XOR), графическое представление логических вентилей, таблица истинности, полусумматор, сумматор, RS-триггер, D-триггер, мультиплексор, дешифратор, статическая память, полнота систем булевых функций, положительная логика;

- **межпредметные:** последовательное и параллельное соединение элементов электрической цепи, интернациональные названия логических операций и вентилей, арность операций и функций, основы формальной логики;
- **метапредметные:** информационные процессы (на примере цифровых устройств обработки, хранения, передачи информации) [12], табличная и графическая формы представления информации, основы знаковых систем и семиотики; метапредметная знаниевая компонента может быть выражена через изучение перечисленных универсальных межпредметных понятий.

- **Навыки:**

- **предметные:** чтение таблицы истинности, чтение графической схемы цифрового устройства, применение логических операций и вентилей, синтез, моделирование, разработка и тестирование цифровых логических схем с использованием симулятора на основе таблиц истинности;
- **метапредметные:** соотнесение табличной и графической форм представления информации (таблиц истинности и схем устройств цифровой схемотехники), межвидовое преобразование графической информации (изменение схемы стандарта ГОСТ/IEC на схему ANSI), комбинаторные навыки при создании и изучении таблицы истинности и цифровой логической схемы, применение онлайн-инструментов и модели SaaS в деятельности, развитие способностей моделирования, анализа, системного мышления, применения формальной логики, изобретательности и исследования моделей и идей.

- **Деятельностные установки:** формирование готовности к пониманию и созданию схем устройств цифровой схемотехники, применению изученных основ алгебры логики для решения практических задач, развитие мотивации к получению дальнейшего образования в области цифровой схемотехники, цифровых автоматов, микропроцессорной техники, информационных технологий и инженерии, к эффективному применению средств ИКТ в практической деятельности.

Средствами интеграции знаний, навыков и деятельности установок являются как предметное, так и метапредметное содержание лабораторной работы, а также применяемый инструментарий.

Из трех универсальных компетентностей [19, 20] — компетентности мышления (познания) и двух видов компетентностей взаимодействия — в представленной лабораторной работе уделено особое внимание развитию компетентности мышления (познания), что нашло отражение в вышеописанных целевых составляющих компетентности — знаниях, навыках, деятельностных

установках. Однако на занятии также развиваются компетентности взаимодействия посредством активной субъект-субъектной коммуникации преподавателя и учеников, учеников посредством диалога и возможной парной работы, а также человеко-машинного взаимодействия — нового типа взаимодействия, не выделенного в [19].

5. Дополнительные материалы

Главной технологической платформой занятия служит онлайн-среда для разработки цифровых схем Logic.ly: <https://logic.ly/demo/>. Также при проведении занятия используются презентации, созданные преподавателями, принимающими участие в проведении лабораторной работы.

6. Заключение

В статье представлена лабораторная работа для учащихся старших классов «Цифровая схемотехника и алгебра логики: создание цифровых устройств в онлайн-симуляторе», организуемая в рамках ежегодного проекта МГТУ имени Н. Э. Баумана «Технический лабораторный практикум — московским школьникам». Приведены характеристики, структура и содержание занятия, описана деятельность учеников и преподавателя на различных этапах лабораторной работы, в рамках компетентностного подхода отражены формируемые предметные и метапредметные результаты занятия, целевые составляющие компетентности — знания, навыки, деятельностные установки. В лабораторной работе подчеркивается важность изучения алгебры логики, лежащей в основе процессов обработки, хранения и передачи информации, раскрывается взаимосвязь базовых цифровых устройств и основных частей микропроцессорной системы — процессора и памяти. Занятие прошло широкую многолетнюю апробацию в МГТУ им. Н. Э. Баумана и ГБОУ г. Москвы «Цифровая школа», может быть реализовано в других образовательных организациях среднего и высшего образования.

Список источников

1. Альманах «Русская система обучения ремеслам. Истоки и традиции». Т. I—VII. М.: НОЦ «Контроллинг и управленческие инновации» МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2015—2021.
2. Босова Л. Л., Босова А. Ю. Информатика. Базовый уровень: учебник для 10 класса. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. 288 с.
3. Видьманов Д. А., Локтев Д. А., Попов В. С. Информационные технологии для решения практических задач: методические указания к выполнению лабораторных работ. М.: Изд-во МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2016. 58 с.
4. Горюшкин А. П. Полные булевы функции // Вестник Камчатского государственного технического университета, Петропавловск-Камчатский. 2011. № 15. С. 5—11. EDN: NEFRJL.
5. ГОСТ 2.743-91. Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные в графических схемах. Элементы цифровой техники. <https://docs.cntd.ru/document/1200010863>
6. Зеленцова Н. Ф., Зеленцова Е. В., Зеленцов В. В. Университетская среда для учителей в МГТУ им. Н. Э. Баумана // XLIV Академические чтения по космонавтике, посвященные

памяти академика С. П. Королёва и других выдающихся отечественных ученых — пионеров освоения космического пространства (Москва, 28–31 января 2020 г.). Сборник тезисов. В 2 т. Т. 2. М.: Изд-во МГТУ имени Н. Э. Баумана, 2020. С. 25–27. EDN: ONQZFR.

7. *Исмаилова Е. И.* Булевы функции и построение логических схем: учебное пособие. М.: МИРЭА, 2015. 160 с.

8. Логические элементы // BEAM-ROBOT.RU — сайт о робототехнике и BEAM-роботах. http://beam-robot.ru/electronics_for_beginners/logic_gates.php

9. *Матвейчук Р. И.* Электронный конструктор NAUROBO: методическое пособие. М.: Де’Либри, 2018. 55 с.

10. *Механцев Б. Е.* Логическое проектирование в рамках школьного курса информатики: проблемы и варианты разрешения // Педагогическая диагностика: история, теория, современность. Материалы Всероссийской научной конференции Таганрогского института имени А. П. Чехова (филиала) ФГБОУ ВО «Ростовский государственный экономический университет (РИНХ)» (Таганрог, 30 октября 2020 г.). Ростов-на-Дону: РГУЭ «РИНХ», 2020. С. 124–128. EDN: GXOGIV.

11. *Механцев Б. Е., Саенко Н. М.* Практические занятия по логическому проектированию в рамках курса информатики: техническая возможность // Наука и бизнес: пути развития. 2017. № 6 (72). С. 18–21. EDN: ZDLYTR.

12. *Михолян Э. Л.* «Логические элементы компьютера. Построение логических схем» в школьном курсе информатики // Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе. Материалы международной научно-практической интернет-конференции (Москва, 22–26 апреля 2019 г.) / под ред. Л. Л. Босовой, Д. И. Павлова. М.: МПГУ, 2019. С. 160–165. EDN: KQZQJS.

13. *Половецкий С. Д.* Анализ современного состояния системы ранней профориентации и предпрофессиональной подготовки московских школьников // Профессиональное образование и общество. 2018. Т. 26. № 2. С. 262–284. EDN: XOQIWD.

14. *Поляков К. Ю., Еремин Е. А.* Информатика. Базовый и углубленный уровни: учебник для 10 класса. Ч. 1. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. 352 с.

15. *Попов В. С., Парфентьева Н. А.* Физический крест: как и почему информатика стала популярнее физики на ЕГЭ // Преподавание информационных технологий в Российской Федерации. Сборник научных трудов Двадцать первой открытой Всероссийской конференции (Нижний Новгород, 18–19 мая 2023 г.). Н. Новгород: Изд-во Нижегородского государствен-

ного университета им. Н. И. Лобачевского, 2023. С. 462–465. EDN: JNWUUN.

16. *Романова Т. В., Карпова О. В., Золотых Н. Ю.* «Шаг в будущее»: «мужество, воля, упорство и труд» // Современное технологическое образование. Сборник научных статей. В 2 ч. Ч. 2. М.: Ассоциация технических университетов, 2021. С. 264–275. EDN: MVTKJD.

17. *Токмовцева М. В., Карабанова О. В.* Сетевое взаимодействие образовательных организаций на основе модели «Школа-Колледж-Вуз»: монография. М.-Берлин: Директ-Медиа, 2015. 192 с. EDN: THYRRF.

18. *Угрюмов Е. П.* Цифровая схемотехника: учебное пособие для вузов. СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 800 с.

19. Универсальные компетентности и новая грамотность: от лозунгов к реальности / под ред. М. С. Добряковой, И. Д. Фрумина; при участии К. А. Баранникова, Н. Зиила, Дж. Мосс, И. М. Реморенко, Я. Хаутамяки; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2020. 472 с.

20. *Фрумкин И. Д., Добрякова М. С.* Из доклада: универсальные компетентности и новая грамотность // Образовательная политика. 2019. № 3 (79). С. 63–72. EDN: QTQQEW.

21. *Харрис Д. М., Харрис С. Л.* Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. 2-е изд. NY: Morgan Kaufman, 2013. 1627 с.

22. *Цурков С. А.* Современные пути подготовки специалистов радиотехники в вузе // Радиотехнические, оптические и биотехнические системы. Устройства и методы обработки информации. Вторая Всероссийская научная конференция: сборник докладов. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 2001. С. 182–184. EDN: SBSGMC.

23. *Шувалова И. С.* Аспекты подготовки школьников к сдаче предпрофессионального экзамена по направлению «Программирование» // Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами в строительстве и на транспорте. Материалы 77-й научно-методической и научно-исследовательской конференции МАДИ (Москва, 27 января — 1 февраля 2019 г.). М.: Техполиграфцентр, 2019. С. 203–211. EDN: JRWLCU.

24. IEC 60617-12:1997. International Standard “Graphical symbols for diagrams — Part 12: Binary logic elements”.

25. IEEE 91/91a-1984 — IEEE Standard Graphic Symbols for Logic Functions (Including and incorporating IEEE Std 91a-1991, Supplement to IEEE Standard Graphic Symbols for Logic Functions). 160 p. DOI: 10.1109/IEEESTD.1984.7896954.