



**Зайцева Маргарита Владимировна**

*Студентка факультета вычислительной математики  
и кибернетики МГУ им. М.В. Ломоносова.*

## «Да, нет, наверное...», или Что мы знаем о троичной логике

Повседневная жизнь современного человека неразрывно связана с использованием высокотехнологичных гаджетов, в основе которых лежит двоичная логика. А как бы изменился общий вид всех устройств, к которым мы так привыкли, если бы вместо двоичного кода использовался троичный?

Многие вопросы, с которыми нам часто приходится встречаться, не имеют чёткого ответа «да» или «нет». На это указал ещё Аристотель в работе «Об истолковании»: «Будет ли завтра в полдень морской бой?» – «Да» – «Нет» – «Может быть». Но не только высказывания о будущем могут предполагать трёхзначный ответ. Например, если вы спросите у своего друга, был ли вчера дождь в Батуми, то, скорее всего, получите ответ «Не знаю». Двоичному другу пришлось бы задавать два вопроса. Сначала спросить, знает ли он, был ли вчера дождь в Батуми, а только потом, в случае положительного ответа, спросить, был ли дождь в Батуми.

Примеры показывают, что трёхзначная логика не есть нечто проти-

воестественное или необыкновенное. Она не только доступна для людей, но позволяет рассуждать проще и быстрее по сравнению с рассуждениями в условиях двузначности. (Из «Заметок о троичной цифровой технике» Н.П. Брусенцова.)

В 1920 году польский ученый Ян Лукасевич впервые предложил использовать логику, которая оперирует тремя значениями: истина, ложь, неизвестно. Для этой логики существует математический аппарат с аксиомами, определяющими одноместные и двухместные операции над множеством {False, Unknown, True}. Привычные для нас отрицание, конъюнкция, дизъюнкция в трёхзначной логике имеют другие определения. Вот некоторые таблицы истинности:

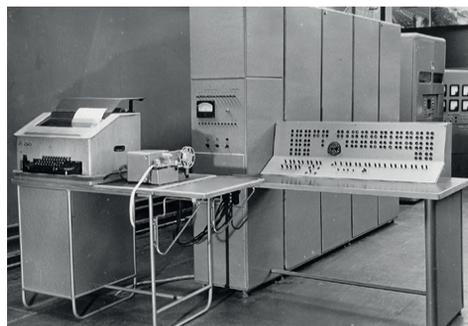
NOT(A)		OR(A, B)				AND(A, B)			
A	$\neg A$	A ∨ B		B		A ∧ B		B	
F	T	F	F	U	T	F	F	U	T
U	U	A	F	U	U	U	U	T	T
T	F	T	T	T	T	T	T	F	U
A	$\neg A$	A	F	U	U	U	U	T	T
F	T	F	F	U	U	U	U	T	T
U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
T	F	T	F	U	U	U	U	T	T

Логические таблицы  
 (F – False, U – Unknown, T – True)

Логика Лукасевича, как и другие трёхзначные логики, введённые позднее, позволяют оперировать данными, определёнными не полностью. В арифметике система счисления с основанием 3 также имеет ряд достоинств. Правда, здесь речь о симметричной троичной системе (СТС)  $\{-1, 0, 1\}$ . Оказывается, она имеет ряд преимуществ перед другими системами с целым основанием, в частности перед троичной системой с неотрицательными цифрами  $\{0, 1, 2\}$ . В большей степени именно симметричность выгодно отличает троичную систему от привычной нам двоичной. В истории известны три счётные машины, оперировавшие числами в СТС: машина Фаулера, «Сетунь» и «Сетунь-70».

В 1958 году учёные и инженеры Московского университета создали первую в мире ЭВМ, работающую на троичной логике, – «Сетунь». Разработка «Сетуни» была предпринята по инициативе и осуществлялась при активном участии выдающегося советского математика Сергея Львовича Соболева, без которого сама идея инженерного конструирования машины в университете едва ли могла быть жизнеспособной. Изначально предполагалось, что в университет передадут создаваемый в Студенческом конструкторском бюро МГУ образец машины М-2. Однако осенью 1955 года выяснилось, что машина не будет передана университету. «Может, оно и к

лучшему, – с неизменным оптимизмом сказал С.Л. Соболев, – создадим свою малую машину для университетов и исследовательских лабораторий, недорогую, надёжную, простую в освоении и использовании».



ЭВМ «Сетунь», промышленный образец, ВДНХ, 1961 год.

Директор образованного в 1955 году Вычислительного центра МГУ И.С. Березин предусмотрел в структуре своего учреждения нацеленное на решение этой задачи подразделение – отдел электроники. Заведующему отделом электроники Н.П. Брусенцову было поручено рассмотреть технические возможности осуществления указанной идеи и предоставить конкретные предложения по выбору направления работы. Было решено, что задуманная машина не будет электронноламповой (лампы слишком часто выходили из строя), а транзисторов в те времена ещё не было, поэтому для построения ЭВМ решили использовать электромагнитные (феррито-диодные) элементы. Ознакомившись с этими элементами, Н.П. Брусенцов пришёл к выводу, что они могут быть использованы для создания троичной машины. К разработке были приняты оба варианта, за основной взяли двоичный, однако впоследствии троичная машина оказалась проще и интуитивно понятнее своего двоичного аналога.

*«На сегодня все попытки повторить троичную машину не удаются. Причина не технологическая – всё-таки по сравнению с тем периодом технологии ушли далеко вперёд. Дело в другом. Людям, оболваненным двузначной логикой, войти в трёхзначную логику не дано». (Из интервью Н.П. Брусенцова газете «Красная звезда», 2012 год.)*

Все идеи обсуждались на так называемом «сетунском» семинаре. Постоянными участниками его были: С.Л. Соболев, К.А. Семендяев, М.Р. Шура-Бура, И.С. Березин, Н.П. Жидков, Е.А. Жоголев, Н.П. Трифонов, сотрудники отдела электроники, занятого непосредственно созданием новой машины, программисты, разрабатывавшие её программное оснащение. У них была конкретная цель – определить архитектуру задуманной машины и найти оптимальные возможности её технической реализации.



*Н.П. Брусенцов, С.П. Маслов,  
А.М. Тишулина – одни из создателей  
Сетуни, 2003 год.*

#### ***Задача о гирях Баше – Менделеева***

*Свойства троичной симметричной системы счисления были неявно использованы в решении задачи о наилучшем наборе гирь. История её рассмотрения насчитывает много веков.<...>*

*Задача состоит в определении набора гирь, с помощью которых при взвешивании всевозможных грузов весом от 0 до N значение максимального груза N было наибольшим из всех возможных вариантов. Предполагается, что для взвешивания используются рычажные весы, имеющие две чаши. Рассматриваются только целочисленные значения грузов.*

*Существуют две постановки этой задачи: в одной гири разрешается класть только на одну чашу весов – противоположную той, на которой лежит груз, в другой гири можно класть на обе чаши.*

*В первой постановке оптимальная система гирь соответствует степеням двойки: 1, 2, 4, 8, 16, ..., а взвешивание сводится к переводу веса груза в двоичную систему счисления. Например, вес грузом 40 г можно взвесить с помощью шести гирь:  $40 = 32 + 8 = (101000)_2$ , максимальный груз, который может быть взвешен с их помощью, – 63 г.*

*Во второй постановке задачи оптимальная система гирь отвечает степеням тройки: 1, 3, 9, 27, 81, ..., а возникающий при этом способ взвешивания соответствует представлению веса в троичной симметричной системе счисления. Максимальный вес, который можно взвесить при помощи шести гирь, в этом случае больше:  $1 + 3 + 9 + 27 + 81 + 263 = 364$ , для взвешивания того же груза в 40 г достаточно четырёх гирь:  $40 = 27 + 9 + 3 + 1 = (1111)_3$ , и это – максимальный груз, который можно взвесить посредством четырёх гирь.*

Ю.С. Владимирова «Введение в троичную информатику»

Первая модель «Сетуни» была достаточно компактной для своего времени, она размещалась на  $30 \text{ м}^2$ , могла выполнять до 4500 операций в секунду и имела 162 девятибитные (трибит – троичный разряд) ячейки оперативной памяти. В наборе команд машины с двухступенчатой памятью и автоматической индексацией адреса имелось всего лишь 24 команды, причём зарезервированные на случай пополнения 3 кода операций так и остались невостребованными, то есть набор оказался достаточным. По сравнению с другими машинами того времени «Сетунь» была очень недорогой – 27500 рублей. Архитектурная простота «Сетуни» позволила быстро разработать для неё программное обеспечение, которое дало возможность существенно усовершенствовать функциональность машины. Наличие команд нормализации и сложения с произведением, оптимизирующее вычисление полиномов, простота округления в троичной сим-

метричной системе счисления позволили сделать относительно несложную программную реализацию плавающей арифметики. Всего вместе с опытным образцом было выпущено 50 машин. Их эффективность подтверждается тем, что они имели широкий спектр применения во многих вузах и научно-исследовательских институтах от Душанбе до Ленинграда. К промышленному производству «Сетуней» был проявлен интерес за рубежом, но в ведомствах приняли решение выпуск машин прекратить.

На основе опыта использования ЭВМ «Сетунь», выпускавшейся серийно, была создана новая машина – «Сетунь-70». Её массовое производство так и не началось, единственный компьютер работал в МГУ вплоть до 1987 года, затем развитие «Сетуни-70» было завершено в административном порядке с формулировкой: «Университет – это не место, где разрабатывают машины».

### *Преимущества симметричной троичной системы*

#### *Округление*

*Для округления числа достаточно отбросить ненужные разряды. В СТС отбрасываемые разряды не превышают половины последнего разряда, а это наилучшее приближение.*

#### *Смена знака*

*В троичной симметричной системе счисления операция замены знака числа на противоположный реализуется заменой знака в каждом разряде.*

#### *Сравнение*

*В несимметричной системе сравнение прямым образом связано с вычитанием (сложная операция, так как имеются переносы): мы вычитаем одно число из другого и сравниваем результат с нулём. В СТС же (за счёт симметричности) сравнение можно делать поразрядно: со старшего триа до первого несовпадения, сравнение несовпадающих триадов даёт ответ.*

#### *Ветвление*

*В трёхзначной логике непосредственно выразимы результаты операций сравнения чисел и получения знака числа. Например, трёхзначный результат сравнения двух чисел («меньше», «равно» и «больше») кодируется одним троичным разрядом, и в троичной машине операция ветвления по результату сравнения или по знаку числа осуществляется за один шаг, в то время как на двоичной машине для этого требуется проделать два сравнения.*

#### *Ёмкость*

*Доказано, что троичная система является наиболее экономичной среди целочисленных позиционных систем.*

*По пособию Ю.С. Владимировой «Введение в троичную информатику»*

Лаборатории пришлось заняться переориентированием. Результатом стала система «Наставник», которая успешно работала на факультете ВМК до минувшего лета. Эта система стала единственным применением разработанной для решения широкого класса задач «Сетуни-70», позволяла быстро и качественно обучать студентов. Её последующая реализация была осуществлена на микрокомпьютере, к которому были подключены несколько десятков терминалов. Система дополнялась учебными пособиями для студентов. Все задания были разделены на блоки, в каждом блоке предложено несколько вопросов; ответы заносились через терминал. «Наставник» использовался на факультете ВМК для проверки знаний студентов по курсам дифференциальных уравнений и численных методов, а также для тестирования по английскому языку с 1974 до 2016 года.

В настоящее время на факультете из пионеров троичной информатики остались только трое: С.П. Маслов – один из создателей «Сетуни», А.М. Тишулина – инженер (до расформирования лаборатории в сентябре 2016 года), занималась сопровождением «Наставника», Хосе Рамиль Альварес работает в области троичной арифметики.

Каковы же перспективы развития троичной информатики на сегодняшний день?

«К сожалению, эта тематика не очень популярна, потому что пока



*Ведущий научный сотрудник  
лаборатории троичной  
информатики Х. Рамиль Альварес*

связана исключительно с наукой, а сейчас студенты выбирают кафедры, исходя, в первую очередь, из профессиональных перспектив, – признаётся Хосе. – «В Соединённых Штатах, скорее всего, ведутся разработки в области троичной информатики, но открытых публикаций нет. Изредка появляются работы колледжей США, Индии, Турции и Южной Кореи, по которым можно предположить, что их троичная система –  $\{0, 1, 2\}$ , а это коренным образом отличается от нашей симметричной:  $\{-1, 0, 1\}$ ».

Троичная логика – это совершенно иной образ мышления. Очень печально, что её изучение в нашей стране практически сошло на нет. Быть может, «Сетунь» просто опередила своё время? И скоро троичные ЭВМ, разработки которых взяли начало в нашем университете, найдут себе достойное применение, потеснив двоичные машины?

**Мудрые мысли      Мудрые мысли      Мудрые мысли**

Природа – как фокусник: за ней нужен глаз да глаз.

*С. Батлер*

От малых причин бывают весьма важные последствия.

*К. Прутков*