

Задача о троичном компьютере

Т.Ю. Селихова

Автор: Селихова Т.Ю., учитель информатики и ИКТ средней школы № 4 села Монастырище Черниговского района Приморского края.

Предмет: Информатика и ИКТ.

Класс: 10.

Тема: Принципы построения компьютера.

Профиль: Общеобразовательный.

Уровень: Продвинутый.

Текст задачи. Информация, которой оперирует компьютер, так или иначе раскладывается на единицы и нули — графика, музыка, тексты, алгоритмы программ. Всё просто и понятно: «включено» — «выключено», «есть сигнал» — «нет сигнала». Либо «истина», либо «ложь» — двоичная логика.

Однако двухзначная математическая логика, которая повсеместно царит в мире компьютерной и прочей «интеллектуальной» тех-

ники, по мнению создателя троичного компьютера Николая Брусенцова, не соответствует здравому смыслу.

Троичный компьютер — это фантастика, анахронизм или требование времени?

а) Выделите ключевые слова для информационного поиска.

б) Найдите и соберите необходимую информацию.

в) Обсудите и проанализируйте собранную информацию.

г) Сделайте выводы.

д) Сравните ваши выводы с культурным образцом.

Возможные информационные источники

Web-сайты:

http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%87%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80

<http://www.computer-museum.ru/static/histussr/12-6.htm>

<http://www.trinitas.ru/rus/doc/0232/003a/02320001.htm>

Культурный образец

Петров А. Троичный компьютер: да, нет, может быть // Популярная механика. 2011. № 9.

<http://www.popmech.ru/article/9599-troichnyiy-kompyuter-danet-mozhet-byit/>

Первые советские опыты

О практическом использовании троичной системы счисления забыли более чем на сто лет. Следующими,

кто вернулся к этой идее, были инженеры с кафедры вычислительной математики механико-математического факультета МГУ.

Всё началось в 1954 году: кафедра должны были передать электронно-вычислительную машину М-2, но не сложилось. А машину-то ждали, готовились её устанавливать и наладить, с нею связывались определённые ожидания и планы. И кто-то предложил: давайте построим свою.

Взяли — и построили, благо в то время в МГУ существовали некоторые теоретические наработки. Руководителем группы, осуществлявшей проектирование и изготовление машины, был назначен Николай Петрович Брусенцов. Задача была такая: сделать машину предельно простой и недорогой (потому что никакого специального финансирования у проекта не было). Поначалу собирались делать двоичную ЭВМ, но позже — как раз из соображений экономичности и простоты архитектуры — пришли к решению, что она будет троичной, использующей «естественный» троичный симметричный код, простейший из симметричных кодов.

К концу 1958 года был закончен первый экземпляр машины, которой дали имя «Сетунь» — по названию московской речки. «Сетунь» была относительно невелика для вычислительных машин того поколения и занимала площадь 25–30 м².

Благодаря своей изящной архитектуре она была способна выполнять 2000–4500 операций в секунду, обладала оперативной памятью в 162 девятитритных ячейки и запоминающим устройством на магнитном барабане ёмкостью 36–72 страницы по 54 ячейки каждая. Машинных команд было

всего 27 (причём три так и остались невостребованными), благодаря чему программный код получался весьма экономным; программирование непосредственно в машинных кодах было настолько простым, что для «Сетуни» даже не разрабатывали свой ассемблер.

Данные вводили в машину с перфоленты, результаты выводились на телетайп (причём, что любопытно, отрицательные цифры печатались как обычные, но перевернутые кверху ногами). При эксплуатации машина показывала 95–98% полезного времени (расходуемого на решение задач, а не на поиск неисправностей и устранение неполадок), а в те времена очень хорошим результатом считалось, если машина могла дать хотя бы 60%.

На межведомственных испытаниях 1960 года машину признали пригодной для массового использования в КБ, лабораториях и вузах, последовало распоряжение о серийном выпуске «Сетуни» на Казанском заводе математических машин.

С 1961 по 1965 год было построено 50 экземпляров, которые работали по всей стране. Затем производство свернули. Почему перестали выпускать «Сетунь», если она успешно использовалась всюду от Калининграда до Якутска? Одна из возможных причин в том, что компьютер оказался слишком дешёвым в производстве и потому невыгодным для завода. Другая причина — косность бюрократических структур, противодействие ощущалось на каждом из этапов.

Впоследствии Николай Брусенцов и Евгений Жоголев разработали более современную версию машины,

использовавшую те же принципы троичности, — «Сетунь-70», но она так и не пошла в серийное производство, единственный опытный образец работал в МГУ до 1987 года.

Трёхзначная логика

Двухзначная математическая логика, которая повсеместно царит в мире компьютерной и прочей «интеллектуальной» техники, по мнению создателя троичного компьютера Николая Брусенцова, не соответствует здравому смыслу: «закон исключённого третьего» отсекает иные заключения, кроме «истины» и «не-истины», а между тем процесс познания реальности человеком отнюдь не сводится к дихотомии «да/нет». Поэтому, утверждает Брусенцов, чтобы стать интеллектуальным, компьютеру следует быть троичным.

Трёхзначная логика отличается от двухзначной тем, что кроме значений «истина» и «ложь» существует третье, которое понимается как «не определено», «нейтрально» или «может быть». При этом сохраняется совместимость с двухзначной логикой — логические операции с «известными» значениями дают те же результаты.

Логике, оперирующей тремя значениями, естественным образом соответствует троичная система счисления — троичная симметричная, если говорить точнее, простейшая из симметричных систем. К этой системе впервые обратился Фибоначчи для решения своей «задачи о гирях».

В троичной симметричной системе используются цифры: -1 , 0 и 1 (или, как их еще обозначают, $-$, 0 и $+$).

Преимущества её как симметричной системы состоят в том, что, во-первых, не нужно как-то особо отмечать знак числа — число отрицательно, если его ведущий разряд отрицателен, и наоборот, а инвертирование (смена знака) числа производится путём инвертирования всех его разрядов; во-вторых, округление здесь не требует каких-то специальных правил и производится простым обнулением младших разрядов.

Кроме того, из всех позиционных систем счисления троичная наиболее экономична — в ней можно записать большее количество чисел, нежели в любой другой системе, при равном количестве используемых знаков: так, например, в десятичной системе, чтобы представить числа от 0 до 999 , потребуется 30 знаков (три разряда, десять возможных значений для каждого), в двоичной системе теми же тридцатью знаками можно закодировать числа в диапазоне от 0 до 32767 , а в троичной — от 0 до 59048 . Самой экономичной была бы система счисления с основанием, равным числу Эйлера ($e = 2,718\dots$), и 3 — наиболее близкое к нему целое.

Если в привычных нам двоичных компьютерах информация измеряется в битах и байтах, то компьютеры на троичной системе счисления оперируют новыми единицами: тритами и трайтами. Трит — это один троичный разряд; подобно тому, как бит может принимать значения 0 и 1 («ложь» и «истина»), трит может быть $(+)$, (0) или $(-)$ (то есть «истина», «неизвестно» или «ложь»).

Один трайт традиционно (так было на «Сетуни») равен шести тритам и может принимать 729 различных значений (байт — только 256).

Впрочем, возможно, в будущем трайты станут 9- или 27-разрядными, что естественнее, так как это степени тройки.

Настоящее и будущее троичных компьютеров

После «Сетуни» было несколько экспериментальных проектов, осуществившихся энтузиастами (таких, например, как американские Ternac и TCA2), однако это были либо весьма несовершенные машины, далёкие от двоичных аналогов, либо и вовсе программные эмуляции на двоичном «железе».

Основная причина состоит в том, что использование в компьютерах троичных элементов пока не даёт никаких существенных преимуществ перед двоичными: выпуск последних налажен массово, они проще и дешевле по себестоимости. Даже будь сейчас построен троичный компьютер, недорогой и по своим характеристикам сравнимый с двоичными, он должен быть полностью совместим с ними. Уже разработчики «Сетуни-70» столкнулись с необходимостью обеспечить совместимость: чтобы обмениваться информацией с другими университетскими машинами, пришлось добавить возможность читать с перфолент двоичные данные и при выводе также конвертировать данные в двоичный формат.

Однако нельзя сказать, что троичный принцип в компьютеростроении — это безнадежный анахронизм. В последнее десятилетие возникла необходимость в поиске новых компьютерных технологий, и некоторые из этих технологий лежат в области троичности.

Одно из таких исследовательских направлений — поиск альтернативных способов увеличения производительности процессоров. Каждые 18 месяцев число транзисторов в кристалле процессора увеличивается примерно вдвое — эта тенденция известна как «закон Мура», и вечно продолжаться она не может: масштабы элементов и связей можно изменить в нанометрах, и очень скоро разработчики столкнутся с целым рядом технических сложностей. Кроме того, есть и экономические соображения — чем меньше, тем дороже разработки и производство. И с какого-то момента окажется дешевле поискать альтернативные способы делать процессоры мощнее, нежели продолжать гонку за нанометрами, — обратиться к технологиям, от которых раньше отказывались как от нерентабельных.

Переход от однородных кремниевых структур к гетеропереходным проводникам, состоящим из слоев различных сред и способным генерировать несколько уровней сигнала вместо привычных «есть» и «нет», — это возможность повысить интенсивность обработки информации без увеличения количества элементов (и дальнейшего уменьшения их размеров). При этом от двухзначной логики придется перейти к многозначным — трёхзначной, четырёхзначной и т.д.

Другое направление, также нацеленное на увеличение производительности, — разработки в области асинхронных процессоров. Известно, что обеспечение синхронности процессов в современных компьютерах изрядно усложняет архитектуру и расходует процессорные ресурсы —

РЕСУРСЫ

до половины всех транзисторов в чипе работает на обеспечение этой самой синхронности. Компания Theseus Logic предлагает использовать «расширенную двоичную» (фактически — троичную) логику, где помимо обычных значений «истина» и «ложь» есть отдельный сигнал «NULL», который используется для самосинхронизации процессов. В этом же направлении работают ещё несколько исследовательских групп.

Есть и более фантастические направления, где оправдано использование трёхзначной логики: оптические и квантовые компьютеры.

Методический комментарий

Задача относится к профильному обучению. Материал, используемый для решения задачи, выходит за рамки школьного курса информатики и ИКТ. Представленный культурный образец не содержит чёткого ответа на поставленный вопрос. Вывод по изученным источникам информации и культурному образцу предстоит сделать самостоятельно.

Ключевыми являются фразы: «троичный компьютер», «компьютер Брусенцова», «принцип построения компьютера».