

## В поте лица своего

*Бессмысленные движения руками и ногами неужлонно увеличивают энтропию Вселенной.*

*А. и Б. Стругацкие*

Надеюсь, что когда вы читаете эти строки, за окном нормальная летняя погода, а не холодный дождь, как у меня сейчас. «Нормальная летняя» значит — жара, с наступлением коей у всех компьютеровладельцев возникают специфические хлопоты.

Поскольку современные процессоры при нормальной работе не успевают физически сломаться за время службы, делом чести и свидетельством нормального состояния психики человека, отвалившего за камушек восемьдесят (может быть, даже восемьдесят пять) кровных зелёных, является разгон. Разгон до максимальной частоты, на которой эта железка (точнее, каменюка) еще как-то держится, не впадая регулярно в забвенье.

СтОит, однако, атмосфере потеплеть, как начинаются неприятности: процессор перегревается, система виснет беспрерывно. Бог знает, сколько терабайт на винчестерах всего мира занято описаниями способов борьбы с ними — от самых дурацких, типа снижения частоты процессора до значения, предусмотренного изготовителем, до самых экстремальных (например, установки в компьютер миниатюрной аэродинамической трубы), которые под силу испытать на себе и воспеть, пожалуй, только Козловскому. Ваш покорный слуга в свое время отдал дань этой сезонной теме<sup>1</sup>. Но сегодня я хочу взять круче к ветру.

А зачем вообще процессор греется? Он ведь не электроплитка, не фумитокс и не лампочка накаливания. Он — чисто информационное устройство, числовая мельница. Ну ладно, пусть какой-то ток через него надо пропускать, чтобы что-то в кристалле шевелилось, но зачем этот ток такой большой? Зачем рост мощности вычислительной сопровождается ростом мощности электрической<sup>2</sup>? И — блестящая идея! —

раз уж высокотемпературные сверхпроводники — это все равно керамика, то нельзя ли сделать из нее процессор? Поскольку сопротивление сверхпроводника точно равно нулю, то, хоть молнию сквозь него пропусти, никакого выделения тепла происходить не должно.

Увы, увы. Утопия всё это. Никогда не будет негреющихся процессоров. Они обречены трудиться, что называется, в поте лица своего. И причина тому — фундаментальное не придумашь: закон природы. Второй закон термодинамики.

Физический фольклор гласит, что термодинамика — это палка о трех началах. Дело в том, что ее законы, по причинам исторического характера, часто называются началами. Первое начало термодинамики всем хорошо известно — это закон сохранения энергии. Его проходят в школе, и неоднократно. А вот второе начало не проходят, а зря: второй закон термодинамики во многих отношениях уникален.

Во-первых, он главнее. Дело в том, что первый закон (сохранение энергии) — это бухгалтер. Он следит за тем, чтобы сошелся баланс: было энергии столько, израсходовано столько, осталось столько. Сумма второй и третьей граф должна быть равна первой графе. Но ведь ни в одной фирме бухгалтер, даже главный, не является первым лицом. Фирму возглавляет тот, кто определяет *направление* расходования средств. И таким директором, определяющим общее направление всех процессов в природе, служит второй закон термодинамики.

Во-вторых, второй закон известен во множестве формулировок, которые на первый взгляд представляются совершенно не связанными, и только при более внимательном анализе выясняется их полная эквивалентность. Вот, например, неплохая формулировка:

*Бардак приходит сам собою,  
Порядок надо наводить.*

В-третьих, в отличие от многочисленных законов сохранения, второй закон — это единственный известный закон **несохранения**. В самой абстрактной формулировке он утверждает, что есть некая величина

на, *энтропия*, которую можно измерить и вычислить, и которая в замкнутой системе обязана с течением времени возрастать.

Разные формы энергии обладают разным качеством, примерно как конвертируемые и неконвертируемые валюты. Электрическая энергия — высококачественная. А самая низкокачественная, бросовая энергия — тепловая. Чтобы превратить электричество в тепло, вам достаточно кипятить чайник. А чтобы наоборот — придется, как минимум, строить тепловую электростанцию. Да еще после всех расходов выяснится, что КПД ее не превышает 40%. Остальные 60% тепла, выделяющегося при сжигании топлива, вылетает в трубу. И дело не в том, что инженеры — бездарь или вредители, а в том, что природа так устроена: не дает низкокачественную энергию полностью превратить в высококачественную. Это, кстати, еще одна формулировка второго закона. Так вот, мерой некачественности энергии служит как раз энтропия: чем она больше, тем качество энергетического запаса (при том же количестве) ниже.

Энтропия служит также мерой беспорядка, мерой отсутствия сложных структур. Ну, а раз она обязана в замкнутой системе возрастать, это значит, что упорядоченность такой системы должна с течением времени падать, а имеющиеся в ней структуры — разрушаться. Сравните с двумя стишием, приведенным выше!

Наконец, самое интересное. Когда в середине XX века Клод Шеннон создавал теорию информации, первая задача, которую ему пришлось решить, — как определить количество информации. По зрелому размышлению, Шеннон постулировал, что *количество информации в сообщении равно понижению энтропии системы, принявшей сообщение!* Энтропию к тому времени вычислять уже сто лет умели, так что и с вычислением количества информации проблемы не стало. Но шенноновское определение (на котором стоит вся теория информации) ясно показывает, что любая информация имеет свою энтропийную цену.

Если энтропия системы, принявшей сообщение, уменьшилась, то, в соответствии со вторым зако-

<sup>1</sup> В. Свиридов. Замри-отомри // Домашний компьютер, 1999, №2.

<sup>2</sup> Pentium 166–233 потреблял ток около 5 ампер, что при напряжении питания 3 вольта дает тепловыделение  $5 \times 3 = 15$  ватт. При разговорах о современных процессорах, речь идет уже о мощности в 50–70

ватт, как у нормальной лампочки накаливания.

ном термодинамики, где-то в мире она должна увеличиться, причем сильнее. «Где-то» чаще всего представляет собой ближайшие окрестности системы. А проявляется это повышение энтропии в *рассеянии* энергии, то есть в переводе энной ее порции в низкокачественную форму, в тепло. Установлено, что прием или переработка одного бита информации требует рассеяния как минимум  $kT \cdot \ln 2$  джоулей энергии. Вот эти джоули и греют ваш процессор.

Я, конечно, тут немного лукавил. Тепловыделение современных процессоров обусловлено, в основном, неоптимальностью (в термодинамическом смысле) их конструкции. Но в принципе, в принципе... Как бы ни совершенствовались процессоры, избавиться от этих  $kT \cdot \ln 2$  джоулей теплоты на каждый переваренный бит не удастся. Термодинамика не допустит. Строгая она тетка.