

## **Концепция эволюции как путь к построению высокопроизводительной аппаратуры**

Путь для радикального увеличения производительности и сложности аппаратуры подсказывает концепция эволюции, изложенная в трудах Бергсона. Она не получала развития из-за того, что не был найден способ объективизации длительности. Теперь ситуация изменилась. В работе показано, что разделение задач на вычислительные и на задачи взаимодействия или на синхронные и асинхронные со своей схмотехникой открывает такую возможность.

Когда рассматривают вопрос о перспективах развития аппаратуры, то в первую очередь имеют в виду возможность увеличения сложности и быстродействия. И здесь, естественно, встает вопрос об ограничивающих факторах. Если говорить о технологии, то в качестве ограничителя на первом месте всегда был предел возможного уменьшения ширины проводника или, что то же самое, увеличения тактовой частоты. Но наряду с этим все большее значение приобретает второй фактор ограничения, связанный с архитектурой, - фактор цепей синхронизации.

Лучше всего это проследить на примере процессоров. Синхронизация кажется незначительной деталью в вопросе организации совместной работы узлов процессора, однако ее реализация по мере увеличения сложности требует все больше усилий от разработчиков, а по мере развития и совершенствования архитектуры процессоров начинает действовать и как главный фактор ограничения производительности. На практике же получается, что для обеспечения синхронизации необходимо создавать сложный механизм управления, в результате чего координационная работа начинает занимать слишком много места и времени. [1]

В чем же тут дело? Синхронизация не просто некоторое удобство, позволяющее обеспечить правильное срабатывание цепи, но в этом техническом приеме как в зеркале находит отражение основной принцип современной науки – ориентация на измерение в определенных точках времени.

Для разъяснения этого вопроса придется обратиться к философии, исследующей свойства науки как системы познания реального. Сам по себе научный подход создавался в течение длительного периода и был разработан по вполне определенному сценарию, сформулированному в трудах Платона и Аристотеля. Эйнштейн как физик и философ, опираясь в основном на теорию множеств Кантора, настаивал на том, что эта система познания является единственной как для описания, так и для практической работы в реальности. Его главными оппонентами еще в ту пору были физик Бор и философ Бергсон, которые считали, что содержание реальности не исчерпывается каким-либо одним теоретическим языком. Вот на идеи последнего мыслителя мы и хотим здесь обратить особое внимание. [2]

На основе простых и ясных наблюдений этот философ делает вывод, что наука по отношению к природе действует подобно кинематографической съемке: она останавливает время и производит замер или съемку состояния природы, фиксируя таким образом объект наблюдения. Чтобы воспроизвести движение, съемка многократно повторяется, но все равно время преобразуется в последовательность точек, возможно очень густо поставленных. Этот прием и есть то самое - самое, что открывает доступ к использованию счета, математики, измерению, когда время это независимая переменная, дискретное, а объекты определяются по своему положению в пространстве, то есть по величине амплитуды. Этот способ объективизации непосредственно воспроизводится в аппаратуре цепями синхронизации, разбивающими время на последовательные такты. Поэтому архитектура современной

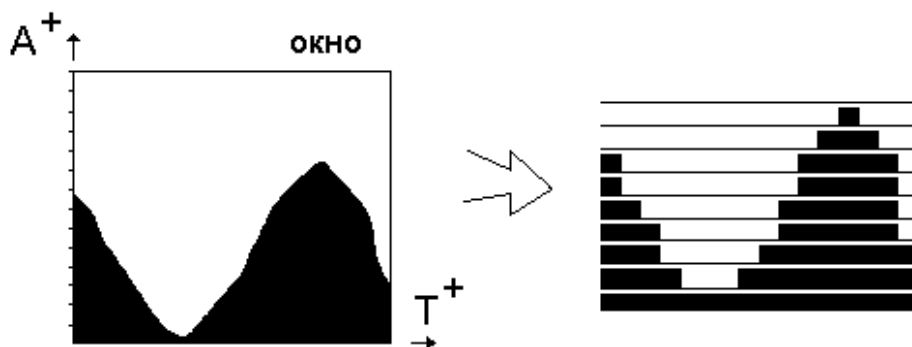
аппаратуры это архитектура формирования состояний и переходов из одного состояния в другое состояние.

Далее Бергсон показывает, что наука не может охватить природу целиком, так как физические законы отражают только количественные отношения между объектами. Наука не понимает жизни, движение заключает в себе нечто большее, чем последовательные положения, приписываемые подвижному телу в науке, это то, что называется становлением или эволюцией. Природа не измеряет и не считает, она длится, поэтому объективно существует второй способ познания, основанный на непрерывном потоке времени. Этот способ повсюду используется в природе и составляет содержание интуитивного начала. Исследуя свойства интуитивного, Бергсон показывает, что оно реализуется в природе методами организации и осуществляется на практике в виде последовательности событий, следующих друг за другом, а не состояний. И далее, в области эволюции время существует как длительность, оно реально и играет ключевую роль, оно само существо эволюции.

Если изложить идеи Бергсона применительно к задаче аппаратуры, то должна существовать аппаратура двух видов: это привычная аппаратура, работающая в дискретном времени и аппаратура, организационного плана, обеспечивающая решение задач взаимодействия, согласования работы отдельных систем, а не вычисления. Последняя должна функционировать в режиме непрерывного изменения входных сигналов, то есть в режиме асинхронной передачи.

Может быть это фантазия философа? Нет, в природе таких примеров исключительно много. Этот принцип используется повсеместно в биологических системах. Давайте вместе послушаем рассказ Бергсона

Итак, Бергсон показывает, что высокопроизводительная аппаратура должна включать системы двух видов: вычислительные синхронные и организующие асинхронные, потоковые. Эта комбинация и есть тот способ, который отработан в природе и который указывает направление для создания сверхсложных и сверхэффективных аппаратов. Уместно и такое сравнение: в вычислительных системах координирующие функции «омертвлены» в виде цепей синхронизации, а в потоковых системах они сама суть аппаратуры.



Все эти идеи были сформулированы приблизительно сто лет назад, но так и остались невостребованными по той причине, что никто не смог предложить способа работы с длительностью. Теперь ситуация изменилась, но для этого потребовались радикальные предложения. Дело в том, что философия Бергсона отвечает принципу дополненности и потому предполагает построение второй системы знания абсолютно самостоятельной и полярной как в основах и, следовательно, в моделях представления по отношению к науке.

Такая работа в определенной степени была проделана, а ее результаты изложены в книге [3]. Когда в физике говорят о взаимодействии, то о нем говорят как о сигнале, поэтому проделанная работа прежде всего касается изменения модели сигнала.

Модель сигнала, выработанная наукой, и используемая во всех областях техники, настолько привычна для нашего восприятия, что кажется нам само собой разумеющейся. Вот она: для представления сигнала используется траектория, то есть линия, образованная множеством точек значений амплитуды, от которой можно перейти к функции и к применению функционального анализа. Эта модель должна быть отменена.

Вместо этого для представления сигнала применена область, которая является частью плоскости. После ее разбиения на слои в горизонтальном направлении возникают непрерывные интервалы времени, а сам сигнал превращается в симплициальный комплекс или, что тоже самое, разбивается на множество последовательностей прямоугольных импульсов, расположенных друг над другом в пространстве, рис. 1. При продвижении к вершине сигнала длина симплекса убывает, а длина промежутка симплекса увеличивается при постоянстве величины периода, поэтому симплициальный комплекс обеспечивает воспроизведение формы сигнала как это и показано на рисунке. Подчеркнем также, в отличие от общепринятого представления, прямоугольные импульсы это тоже области, а не линии траекторий, ограничивающие их форму. Такое разложение получается при квантовании сигнала по уровню.

Переход к областям означает полный отказ от математики и переход на двоичную логику, которая по определению не включает условий завершения выполнения своей задачи, то есть допускает непрерывную длительность. Сигнал в этой модели подобен потоку, состоящему из отдельных струй. Преобразования сигнала выполняются не путем изменения величины вектора мгновенного значения амплитуды, а совсем на другой основе. Такими преобразованиями могут быть, например, изменение длины интервалов симплексов, либо изменение числа уровней квантования, занимаемых группой симплексов, или это может быть изменение порядка следования симплексов по уровням квантования и так далее. Технология преобразования в потоке для более сложных случаев предусматривает применение признаков качественного описания, обеспечивающих не вычисление, а узнавание при работе с сигналами. Все эти возможные процессы являются алгоритмическими по своей сути, и их применение превращает координирующие цепи в интеллектуальные, а не просто соединяющие.

Посмотрим, как это реализуется в случае задачи сложения двух сигналов, когда они оказываются в одном потоке.

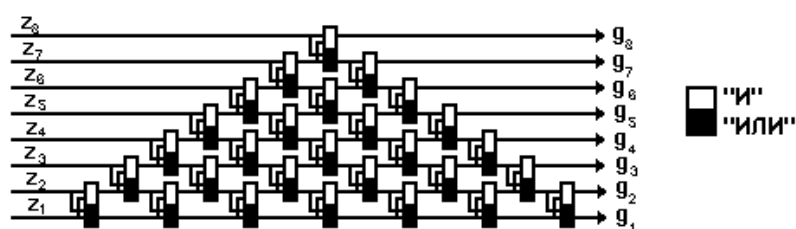


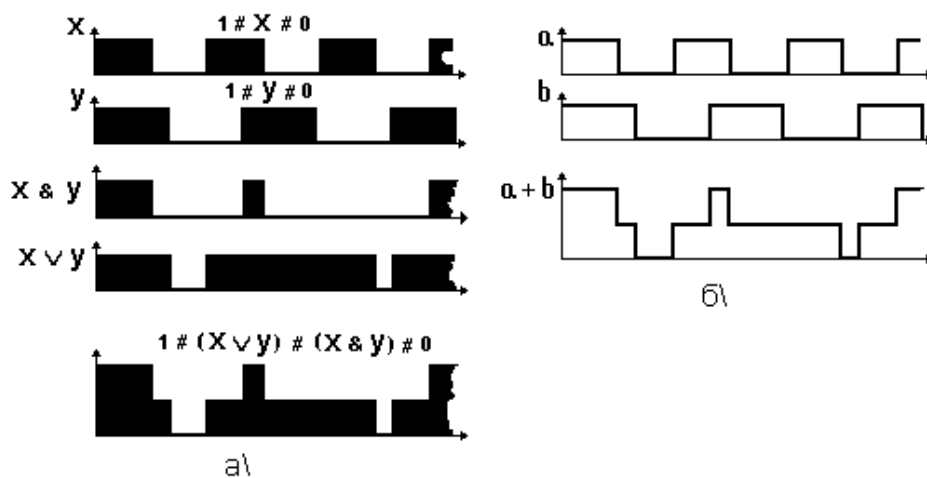
Рис. 2.

Схема сумматора приведена на рис. 2. Входные шины  $Z$  сумматора соответствуют уровням квантования для всей области представления сигнала, поэтому прямоугольные импульсы симплексов поступают на сумматор по этим входам. Схема построена так, что в ней обеспечивается вычисление локальных максимумов и минимумов во всех точках логического связывания между собой входных шин  $Z$ . Все, что делается в схеме, так это организуется движение симплексов в поперечном по отношению к потоку времени направлении, в данном случае сверху – вниз. Благодаря этому все импульсы на выходах сумматора выстраиваются плотно, по порядку снизу – вверх, когда более длинные оказываются внизу.

В случае двух сигналов число входных шин сумматора должно быть достаточным для подключения этих сигналов, при этом симплексы сигналов могут быть как угодно распределены по входным шинам. Независимо от этого на выходных шинах формируется

симплициальный комплекс, соответствующий сигналу суммы. На первом этапе движения происходит перемещение симплексов к нижнему краю схемы. На последнем этапе, когда происходит соприкосновение симплексов, начинается сортировка симплексов, в результате которой более короткие симплексы располагаются выше более длинных.

Если в обычном сумматоре сложение выполняется путем арифметического суммирования мгновенных значений амплитуд, то здесь - путем укладывания (складирования) симплексов. Пример на рис. 3 показывает эту же процедуру на простом примере сложения двух последовательностей импульсов и показывает также, какими аналитическими средствами и как можно ее описать. На рисунке 3б\ (правая часть рисунка) импульсы, как обычно, представлены линиями, сумма здесь равна  $(a + b)$ . На рисунке 3а\ (левая часть рисунка) те же импульсы представлены областями. Подходящей аналитической записью для такого импульса является следующее логическое выражение  $(1 \# X \# 0)$ . В этом выражении текущий симплекс  $X$  записан вместе с двумя сопровождающими его симплексами, один из которых располагается непосредственно выше (равен тождественно нулю), а другой непосредственно ниже текущего (равен тождественно единице), где знак  $\#$  обозначает следование на соседних уровнях. Между симплексами двух сигналов сперва выполняются логические операции «И»



и «ИЛИ» (знаки  $\&$  и  $v$ ), а затем результаты размещаются один над другим строго в той же последовательности, в которой перечислены эти логические операции (нижняя часть рисунка 3, п. а). Логическое выражение для суммы здесь такое  $(1 \# XvY \# X\&Y \# 0)$ . Как видно из примера, результат сложения один и тот же, хотя применены были разные способы.

В обычном сумматоре действуют законы математики, требующие развертывание процесса выполнения во времени. Поэтому после каждого такта поступления входных сигналов следует такт удержания входных сигналов на время действия цепей переноса. Связь между источниками входных сигналов и сумматором на это время прерывается. В потоковом сумматоре связь между входами, выходами и источниками сигналов поддерживается постоянно, поэтому быстродействие здесь значительно выше.

Современная аппаратура, в том числе те же самые процессоры, совмещает и измерительные и потоковые задачи, но решаются они единым способом, что и вызывает трудности при увеличении сложности. Можно, конечно, пытаться синхронную реализацию заменять на асинхронную и наоборот. В некоторых случаях это может привести к улучшению, но не более того. Мы же говорим о другом: в аппаратуре необходимо разделить все задачи на задачи вычисления и задачи взаимодействия, применяя к ним адекватные схемотехнические решения, и тогда откроются практически неограниченные возможности по созданию высокопроизводительной и сверхсложной аппаратуры.

Правда и об этом сейчас говорить еще рано, поскольку до этого должна быть создана схемотехника потоковых систем, которая находится в зачаточном состоянии. Потребуется определенное время, чтобы понять до конца ее возможности и в еще большей степени возможности при объединении двух направлений. Для этого нужны совершенно новые проекты, которые смогут их объединить и гармонизировать относительно друг друга. Но это можно делать не на пустом месте, ориентиром здесь является сама природа.

### Заключение

Потоковые системы, решающие задачи обеспечения взаимодействия, должны быть выделены в самостоятельное направление. Их применение открывает новые горизонты в освоении реальности, открывает путь к системам, применяемым в природе, сложность и совершенство которых поразительны.

#### Список литературы:

1. Черняк Л. Вторая жизнь асинхронных процессоров, ж.: Открытые системы, май 2002г.
2. Бергсон А. Творческая эволюция, М.: 2000г.
3. Ханджян О. Начала и основы теории представления, М.:2000 г.
4. Ханджян О. Патент РФ № 1109888