

## Архитектура конвейерного суперскалярного процессора. Статическое и динамическое предсказание переходов

**Суперскалярная архитектура** предполагает способность выполнения сразу нескольких машинных инструкций за один такт процессора за счет увеличения числа исполнительных устройств. Это позволяет ускорить выполнение программ, однако существует предел роста числа исполнительных устройств, когда ускорения больше не происходит, а некоторые из этих устройств уже не используются

**Предсказание переходов** создано как способ борьбы с конфликтами по управлению и ускорения программы. Оно используется, если в программе есть условный переход. Тогда как только команда условного перехода поступает в конвейер, тот делает заранее (то есть до выполнения самой команды) предположение о том, какой будет результат - переход произойдет или не произойдет, и в соответствии с этим предсказанием далее загружает адреса и данные для команд, которые, как он посчитал, более вероятны. Это и позволяет программе выполняться быстрее – данные и команды подгружаются заранее

Однако при ошибочном предсказании необходимо осуществить сброс конвейера, а потом загрузить те данные и команды, которые будут действительно выполнены. То есть была проделана работа в пустую, плюс необходимо убрать следы неверного предсказания, и только потом перейти к обработке нужных команд. Таким образом, ошибка в предсказании сильно ухудшает время работы программы.

Стратегии предсказания обычно делят на статическую и динамическую.

**Статическое предсказание** осуществляется на основе заранее составленной или полученной информации о программе. Эта информация получается в результате профилирования программы или при анализе самого кода. Предсказание делается уже при компиляции программы и в процессе вычислений не меняется.

Стратегии статического предсказания делят по принципу обработки составленной информации на следующие: переход происходит всегда, переход не происходит никогда, предсказание определяется по результатам профилирования, предсказание определяется кодом операции команды перехода, предсказание зависит от направления перехода, при первом выполнении команды переход имеет место всегда (суть понятна из названий)

**В динамических стратегиях** предсказание делается уже в ходе вычислений за счет информации о предыдущих переходах. История переходов записывается в таблицу, где каждый элемент указывается с помощью двоичной комбинации — шаблона. Этот подход обычно дает меньшее количество ошибок предсказаний.

Динамический предсказатель можно представить в виде автомата Мура, где в качестве состояния автомата используется таблица истории переходов.

Есть различные варианты подобных автоматов:

- А1 - Одноразрядный (был в прошлый раз переход или нет). Очередное предсказание совпадает с итогом предыдущего выполнения команды.
- А2 - Двухразрядный (исходы двух последних выполненных команд, со сдвигом влево при каждом следующем выполнении команды перехода) Если в элементе таблицы присутствует хотя бы одна единица, то при очередном выполнении команды делается предсказание, что переход будет.
- А3 – используются реверсивные счетчики, работающие в режиме с насыщением. После того, как исход выполнения известен, содержимое счетчика увеличивается на единицу, если команда завершилась переходом, или уменьшается на единицу, если перехода не было. Если счетчик переполнится, или перейдет в минус, то его изменения не происходит. Предсказание делается по старшему разряду счетчика: если он содержит единицу, то предсказывается переход, а иначе – его отсутствие