

**АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ ПРЕДВЫБОРКИ ДАННЫХ  
ДЛЯ КЭШ-ПАМЯТИ ПЕРВОГО УРОВНЯ ДЛЯ RISC-V МИКРОПРОЦЕССОРОВ**  
**Тищук Б.Ю.** (Национальный исследовательский университет ИТМО)  
**Научный руководитель – к.т.н., доцент Быковский С.В.**  
(Национальный исследовательский университет ИТМО)

Одним из актуальных вопросов, возникающих при разработке алгоритмов предвыборки является возможность создания алгоритма, эффективно работающего на регулярных и нерегулярных шаблонах доступа к памяти. Существующие на данный момент решения, как правило, оптимизированы под конкретный шаблон доступа к памяти. В данной работе предлагается адаптивный алгоритм предвыборки, который имеет покрытие 95% в среднем для набора бенчмарков Tacle и 37% для запуска Linux.

**Введение.** Блоки предвыборки команд и данных являются важными модулями современных вычислительных систем, так как кэш - промахи значительно снижают производительность вычислительной системы. Предвыборка команд и данных в кэш до запроса значительно сокращает количество кэш - промахов. Современные микропроцессоры, как правило, используют несколько блоков предвыборки на разных уровнях кэш - памяти. Простейшим алгоритмом предвыборки является предвыборка следующих  $N$  кэш - линий. Блок предвыборки помещает в кэш память  $N$  линий, следующих за той, к которой осуществлялся доступ.

Эффективным алгоритмом предвыборки для регулярных шаблонов доступа к памяти является RPT алгоритм. Ключевым элементом здесь является RPT - таблица на кристалле, в которой хранится информация о цепочке доступов к памяти, связанной с конкретным значением счетчика команд. Элемент таблицы содержит поля: тэг счётчика команд, предыдущий адрес доступа, шаг, счетчик доверия. Основными недостатками алгоритма RPT является фиксированная глубина предвыборки и подверженность алгоритма ситуации поздней предвыборки, когда запрос на данные начинается раньше, чем эти данные будут предвыбраны. Также данный алгоритм мало эффективен на нерегулярных и смешанных шаблонах доступа. С другой стороны, алгоритмы, использующие временные корреляции доступов к памяти, такие как MISB, STMS, AMPM, эффективно работающие с нерегулярными шаблонами доступа к памяти, как правило, имеют высокую аппаратную сложность и не всегда эффективно работают на регулярных шаблонах доступа к памяти

**Основная часть.** Для кэш - памяти данных первого уровня было решено модифицировать RPT алгоритм добавлением регулирования глубины предвыборки и масштабирования шага, а так же адаптивной логики таблицы метаданных, которая на регулярных шаблонах доступа в память работает как модифицированная таблица RPT, а на нерегулярных шаблонах – как таблица истории кэш - промахов. Так же модифицировано обновление поля предыдущего адреса доступа: вместо обновления данного поля у всех вхождений таблицы метаданных при чтении из памяти, как это предполагается в классическом алгоритме RPT, поле обновляется только у конкретного вхождения, привязанного к текущему счетчику команд. Это уменьшит энергопотребление за счет сокращения числа переключений триггеров.

Проблема поздней предвыборки решается отслеживанием ситуаций поздней предвыборки, и в ее случае повторения некоторое количество раз, блок предвыборки инкрементирует поле масштаба шага.

Шаг определяется как разность текущего и предыдущего адресов. Поле сдвиг показывает позицию в векторе предвыборки, если глубина предвыборки больше 1. Далее если шаг повторяется - счетчик доверия увеличивается. Глубина предвыборки рассчитывается как разность счетчика доверия и эталонного значения.

Когда текущий адрес становится равен сумме предыдущего адреса предвыборки и глубины предвыборки, поле предыдущего адреса заменяется на текущий адрес и осуществляется новая предвыборка. Если шаг меняется - поля масштаб и счетчик опозданий сбрасываются, счетчик доверия сбрасывается или декрементируется. При поздней предвыборке инкрементируется счетчик опозданий, и когда он переполняется, инкрементируется масштаб.

При обнаружении того, что шаблон доступа является нерегулярным, это можно отследить по изменению шага случайным образом для конкретного значения счетчика команд, таблица метаданных начинает использоваться как таблица истории кэш – промахов, каждое вхождение которой содержит тэг предыдущего адреса кэш – промаха и адрес предсказания следующего кэш – промаха.

**Выводы.** В данной работе был представлен анализ наиболее распространенных алгоритмов предвыборки данных и представлен адаптивный алгоритм предвыборки данных в кэш – память первого уровня, адаптирующийся под регулярные и нерегулярные шаблоны доступа к памяти, отслеживающий и предотвращающий позднюю предвыборку. Так же вследствие регулируемой глубины предвыборки снижается расход пропускной способности шины памяти.

Тишук Б.Ю. (автор)

Быковский С.В. (научный руководитель)