

Построение и анализ методов потактового моделирования конвейера в рамках симулятора архитектуры Эльбрус

П.А. Порошин¹, А.Н. Мешков^{1,2}, С.В. Черных²

¹ПАО «ИНЭУМ им. И.С. Брука»

²АО «МЦСТ»

Симуляторы микропроцессоров являются неотъемлемой частью разработки как аппаратной, так и программной составляющих вычислительных систем. Они являются инструментом, значительно ускоряющим и упрощающим отладку различных аспектов разрабатываемых устройств и программ, что особенно актуально при отсутствии или ограниченной доступности находящихся в активной разработке микропроцессоров.

Для ряда задач от симулятора требуется не только корректность моделирования, что является основной целью функциональных симуляторов, но и возможность оценить временные характеристики исполнения, чего позволяют достичь потактовые симуляторы. Одной из ключевых составляющих потактового симулятора является программная модель конвейера.

В данной работе описываются три основных подхода к реализации модели конвейера, которые были опробованы и исследованы в ходе разработки потактового симулятора для микропроцессоров VLIW архитектуры «Эльбрус» [1]. Одним из наиболее востребованных свойств разрабатываемого потактового симулятора является повторное использование им аспектов реализации функционального симулятора, что позволило бы существенно сократить затрачиваемые усилия на поддержку двух разных симуляторов - функционального и потактового.

При первом подходе архитектурные стадии конвейера моделируемого микропроцессора напрямую представлены в его программной модели (похожий метод описан в [2]). В каждый такт моделирования поддерживается консистентное состояние конвейера и находящихся на нем команд. Функциональная модель получается путем «склеивания» реализаций конвейерных стадий для каждой из операций.

Второй подход в определенной степени опирается на спекулятивное моделирование операций. В отличие от предыдущего, в этом подходе команды исполняются симулятором одна за другой, и все эффекты, которые могли возникнуть в ходе выполнения операции, учитываются моделью целиком за один раз (аналогичный прием используется в [3]). При этом постоянно обновляются и корректируются различные структуры потактовой модели, описывающие с различной достоверностью текущее и возможные будущие состояния конвейера. При таком подходе функциональная модель получается отключением потактовых составляющих симулятора.

Третий подход комбинирует в себе аспекты первых двух. Конвейерная логика отделена от функциональной и опирается на результаты функционального моделирования. Потактовое моделирование операции разбито на участки, соответствующие нескольким последовательным конвейерным стадиям, которые всегда выполняются неразрывно - без задержек между ними. В модели конвейера симулятора, подобно первому подходу, одновременно находятся несколько команд, и при достижении командой начала своего следующего «участка», он, подобно второму подходу, полностью выполняется спекулятивным образом. При таком способе моделирования функциональная модель полностью самостоятельна.

На основе выявленных преимуществ и недостатков описанных подходов в качестве способа организации модели конвейера разрабатываемого симулятора был выбран третий подход как наиболее сбалансированный в отношении точности, быстродействия и сложности реализации.

Литература

1. *Ким А.К., Перекатов В.И., Ермаков С.Г.* Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства «Эльбрус». СПб.: Питер, 2013. 272 с.

2. *Cuppu V.* Cycle accurate simulator for TMS320C62x, 8 way VLIW DSP processor //University of Maryland, College Park. – 1999.
3. *Böhm I., Franke B., Topham N.* Cycle-accurate performance modelling in an ultra-fast just-in-time dynamic binary translation instruction set simulator //Embedded Computer Systems (SAMOS), 2010 International Conference on. – IEEE, 2010. – C. 1-10.