

Московский физико-технический институт  
(государственный университет)

Факультет радиотехники и кибернетики

Кафедра информатики и вычислительной техники

Разработка генератора тестов для  
верификации механизма «байпас» в  
конвейере микропроцессора МЦСТ R2000  
Выпускная квалификационная работа  
(бакалаврская работа)

Черепанов С. П., 213 группа МФТИ  
Научный руководитель: Рыжов М. П.



# Особенности МП МЦСТ R2000

- Внеочередное исполнение команд (Out-of-order execution)
- 4 исполняющих устройства (IU0, IU1, FPU, СТ)
- Конвейер поддерживает механизм «байпас» - передача результата исполнения команды на вход команде-потребителю в обход регистрового файла
- I1d cache емкостью 32 Кб, 4-х колоночной организацией и размером блока 64 байта

# Предпосылки

В микропроцессоре МЦСТ R2000 разработана новая версия механизма «байпас». Требуется провести ее системную верификацию. Эта задача осложняется тремя факторами:

- Прозрачностью механизма для программного обеспечения
- Использованием в конвейере механизма внеочередного исполнения команд
- Динамичностью конвейера — использование «байпаса» зависит от порядка завершения команд

# Постановка задачи

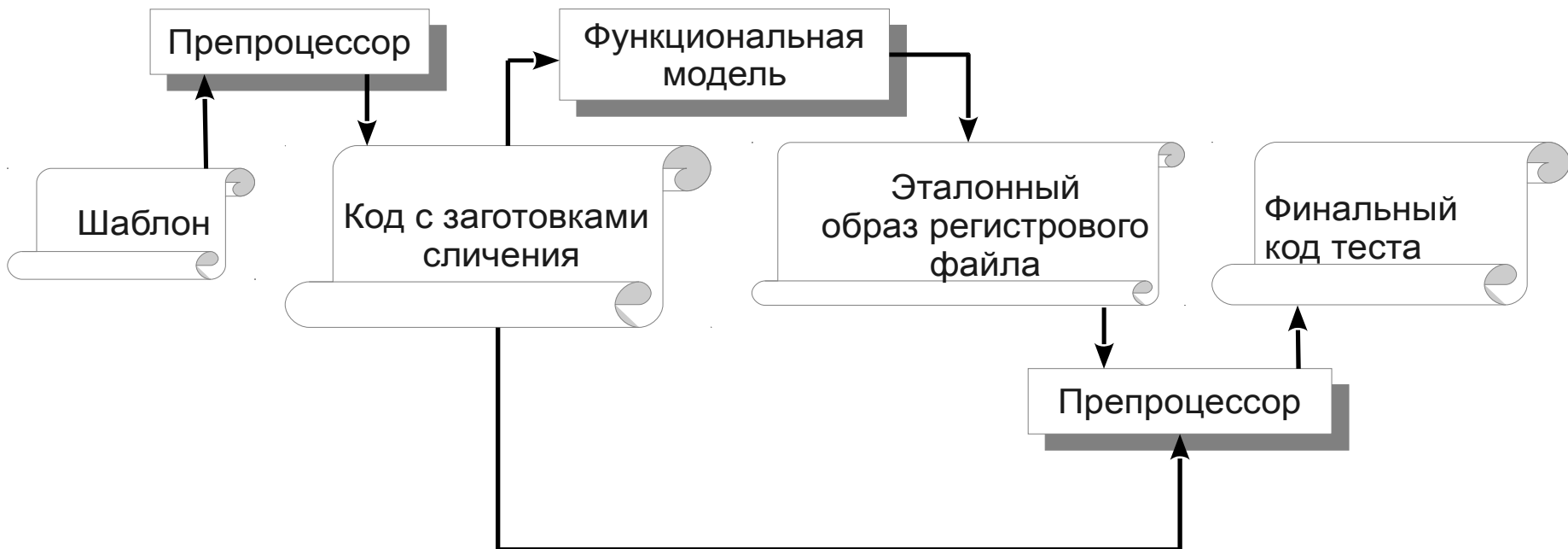
Разработать генератор системных тестов для верификации механизма «байпас»

Требования к реализации:

- Использование инструмента tgen
- Разработать средство оценки функционального покрытия
- Сгенерированные тесты должны содержать операции:
  - целочисленной арифметики
  - обращения в память
  - передачи управления

# Инструмент tgen

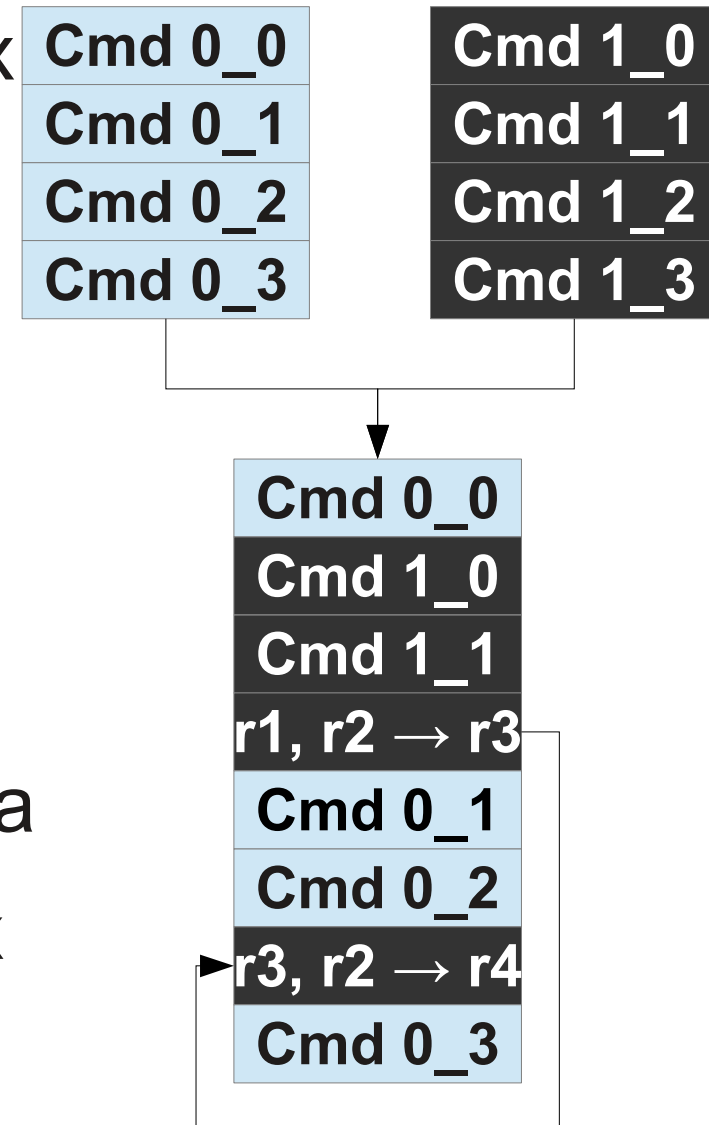
- В работе используется инструмент tgen, автоматизирующий генерацию кода самопроверки тестов
- На вход инструмента подается шаблон для препроцессора Genshi
- Результатом работы является исходный код теста



# Алгоритм работы генератора

## Генерация фрагментов

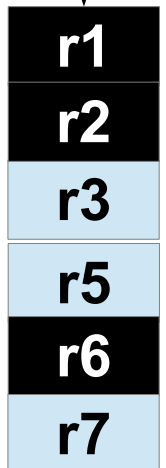
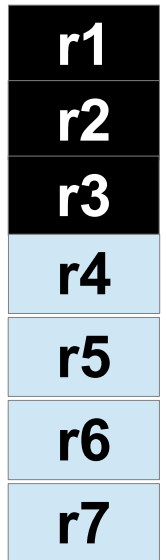
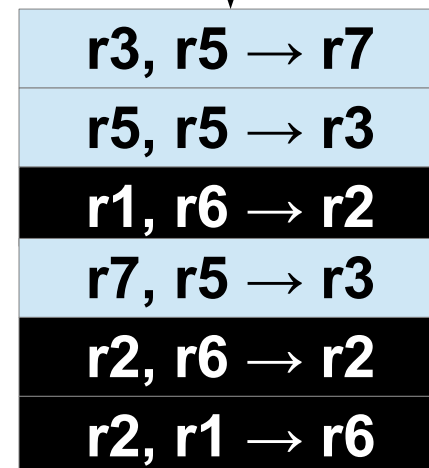
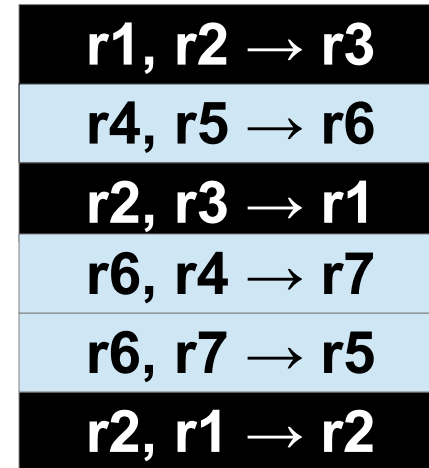
- Создать несколько независимых последовательностей команд с непересекающимися множествами входных и выходных регистров
- Получить фрагмент путем чередования команд последовательностей при сохранении внутреннего порядка
- Создать несколько аналогичных фрагментов кода



# Алгоритм работы генератора

## Перераспределение регистров

- Объединить фрагменты в цепочку
- Результат вычисления одного фрагмента передается на вход следующему
- При переходе к следующему фрагменту регистры перераспределяются между последовательностями



# Алгоритм работы генератора

## Воспроизведение промахов и переходы

- Для воспроизведения промахов мимо l1d нам достаточно обратиться в кэш по одному и тому же индексу хотя бы 5 раз
- Используем для этого цикл, одновременно решая задачу с переходами





# Подход к измерению функционального покрытия

- Архитектурная прозрачность байпаса приводит к необходимости измерения покрытия сторонними средствами
- Эту информацию можно получить из трассы RTL
- На стадиях декодирования и получения операндов команды любой команды для каждого из используемых ею операндов нужно проверить два бита, обозначающих источник входных данных

<...>D1<...>rs1 0 00 0 00 rs2 0 08 0 00 rd 12

<...>I<...>rd 12 rs1 0 00 0 00 rs2 0 08 0 00



Байпас

# Результаты

- Разработан генератор системных тестов с использованием инструмента tgen
- В генерируемых тестах используются арифметические команды, команды обращения в память и команды передачи управления
- Ведется работа над сбором покрытия

**Спасибо за  
внимание!**