

Московский физико-технический институт (государственный университет)

Физтех-школа радиотехники и компьютерных технологий

Кафедра информатики и вычислительной техники

Развитие генератора тестов конвейера исполнения инструкций в микропроцессорах семейства Эльбрус

Выпускная квалификационная работа
(бакалаврская работа)

Студент: Колиев М. С.

Научный руководитель: Фролов П. В.

Москва, 2021

Генератор тестов конвейера исполнения инструкций

Генератор разработан в отделе моделирования и верификации.

Генератор формирует тестовые программы на языке ассемблер – случайные последовательности широких команд, в которых передача данных между отдельными инструкциями осуществляется через байпас.

Реализованы механизмы самопроверки времени исполнения тестовой последовательности и результатов исполнения.

Недостатки генератора:

- Перечень используемых операций ограничен целочисленными операциями
- Тесты подходят только для запуска в отсутствие операционной системы
- Проверка работы последовательности команд только на одном наборе входных данных

Цель работы

Развитие генератора тестов конвейера исполнения инструкций в микропроцессорах семейства Эльбрус

Задачи

- Добавить в перечень генерируемых инструкций операции над вещественными и упакованными целыми числами
- Обеспечить возможность запуска теста в пользовательском режиме
- Реализовать зацикливание тестовой последовательности широких команд для проверки на различных входных данных

Расширение перечня генерируемых инструкций

Для добавления инструкции в тестовую последовательность генератору требуется её описание в формате XML.

Описание инструкций содержит:

- мнемонику;
- формат операндов и результата (s, d, x, q, b);
- устройства, исполняющие операцию;
- каналы, поддерживающие операцию;
- время передачи и получение операндов через байпасы;

```
<Instruction device="IA" iset_item="C3"  
mnem="fmuls" modifying="out_4f"  
prc_ver="4c,1c+,8c,8c2,12c,2c3" reading="in_f">  
<Channels>  
    <CH0>true</CH0>  
    <CH1>true</CH1>  
    <CH2>true</CH2>  
    <CH3>true</CH3>  
    <CH4>true</CH4>  
    <CH5>true</CH5>  
</Channels>  
<Operands>  
<OP1 fs_type="fp32" kind="reg" s_type="src1" type="S"/>  
<OP1 fs_type="fp32" kind="reg" s_type="src1" type="S"/>  
</Operands>  
<DST fs_type="fp32" kind="reg" s_type="dst" type="S"/>  
</Instruction>
```

Расширение перечня генерируемых инструкций

Реализован парсер на языке Python3 с использованием регулярных выражений, который преобразует текстовое описание инструкций в формат XML

Добавленные группы инструкции:

1. Скалярные вещественные операции
(47 операций)
2. Вещественные операции расширенного формата
(57 операций)
3. Операции над упакованными целыми числами
(171 операция)

Генератор тестов конвейера исполнения инструкций

Механизмы самопроверки

1. По времени исполнения

Во время генерации последовательности широких команд в тест добавляется операция сброса счетчика тактов(%clkr) и сохранение времени исполнения. В конце теста происходит сравнение этих значений с эталонными, полученными при подсчете тактов между операциями сохранения.

Для корректной работы самопроверки инструкции должны находиться в буфере команд – тестовая последовательность исполняется два раза и во время второго происходят измерения

2. По результирующим значениям в регистрах

Код самопроверки, формируемый сторонним генератором, осуществляет сравнение данных в регистрах с эталонными и исполняется один раз. Формируется сторонним генератором, получающим эталонные результаты с помощью функциональной модели

Запуск тестов в пользовательском режиме

Проблемы

Проблемы	Запуск без ОС	Пользовательский режим
Работа с памятью	Тест использует запись промежуточных измерений времени исполнения в область кода	Запрет на запись и чтение в область кода
Доступ к регистру %clkr	Сброс значения регистра в начале тестовой последовательности	Доступ по записи в регистр запрещен
Точка входа в тест и формат теста	Метка user_test_start Объектный файл для запуска в тестовом окружении	Функция main Объектный файл для запуска из операционной системы
Регистровое окно	Тест запускается инженерным бутом, осуществляющим инициализацию регистрового окна	Регистровое окно при старте закрыто

Запуск тестов в пользовательском режиме

Решения

Проблемы	Пользовательский режим
Работа с памятью	Для сохранения данных самопроверок использованы статические переменные
Использование <code>%clk</code>	Осуществлено сохранение начального значения счетчика. Время исполнения тестовой последовательности определяется разностью между текущим и сохранённым значением счетчика
Точка входа в тест и формат теста	Тестовая последовательность оформлена в виде функции, вызываемой функцией <code>main</code> на языке C. Объектный файл теста формируется при компоновке тестовой функции и функции <code>main</code>
Регистровое окно	Осуществлена инициализация регистрового окна с учётом количества регистров, используемых в тестовой последовательности

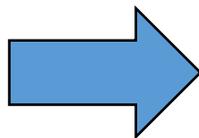
Зацикливание тестовой последовательности широких команд

Реализовать режим генерации зацикленных случайных последовательностей, преобразующих массив исходных данных **A** в массив результатов **B**.

Каждая итерация цикла преобразует кадр массива **A** в кадр массива **B**. Размер кадра – **reg_count**

Реализовано изменение алгоритма

1. Инициализация начальных значений
2. Сохранения значения %clk
3. Тестовая последовательность (исполняется 2 раза)
4. Проверка времени исполнения
5. Самопроверка результатов исполнения инструкций
6. Завершение теста



1. Цикл
 1. Загрузка данных кадра из **A**
 2. Ожидание окончания загрузки
 3. Сохранения значения %clk
 4. Тестовая последовательность
 5. Сохранение кадра результатов в **B**
 6. Проверка времени исполнения (кроме 1 итерации)
 7. Смещение указателя кадра на **reg_count**
2. Самопроверка результатов исполнения инструкций для всего массива **B**. Последовательная загрузка кадров из **B** и их сравнение с эталонными значениями.
3. Завершение теста

Результаты работы

- Расширен перечень генерируемых операций
 - Сформировано описание для 275 операций в входном формате генератора
- Обеспечена возможность запуска тестов в пользовательском режиме
- Реализовано зацикливание тестовой последовательности команд для проверки на различных входных данных
- При запусках тестов была обнаружена ошибка в реализации потактового симулятора конвейера