

Московский физико-технический институт (государственный университет)  
Физтех-школа радиотехники и компьютерных технологий  
Кафедра информатики и вычислительной техники

# Разработка предсказателя адресов переходов для инструкций с косвенной адресацией для микропроцессоров архитектуры SPARC

Студент: Золотой Л.К., Б01-903а  
Научный руководитель: Грачик В.И.

Москва, 2023

# Введение

PC - program counter - программный счетчик

TA - target address - адрес перехода

Типы адресации:

- Прямая (PC + const)

Инструкции: call, branch

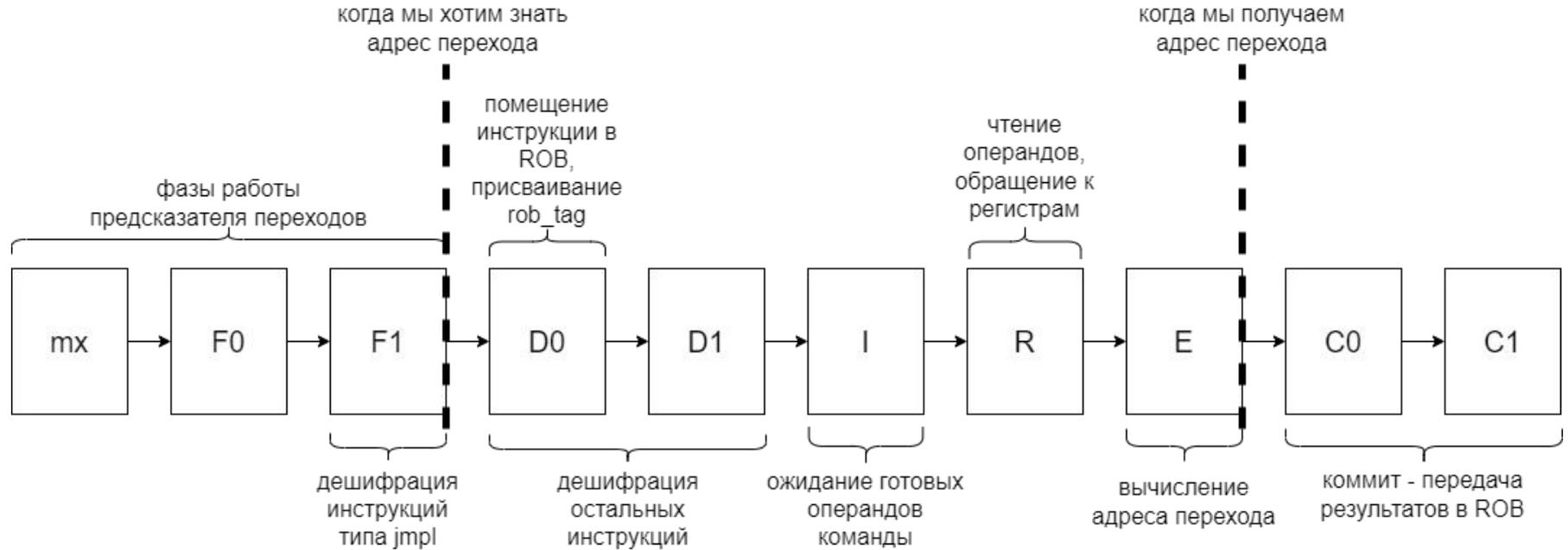
Вычисление адреса перехода возможно до стадии дешифрации

- Косвенная (reg + reg, reg + const)

Инструкции: jmp, return

Поскольку необходимо обращение к регистрам, вычисление адреса перехода до начала стадии дешифрации невозможно

# Введение



ROB - reorder buffer - буфер переупорядочивания

rob\_tag - номер инструкции в ROB

**Проблема:** вычисление адреса перехода для инструкций с косвенной адресацией занимает несколько стадий и ведет к простоя конвейера

**Решение:** использование предсказателя адреса перехода для инструкций с косвенной адресацией

# Цель работы

Разработать предсказатель адресов переходов для инструкций с косвенной адресацией для микропроцессоров архитектуры SPARC на основе микропроцессора МЦСТ-R2000+

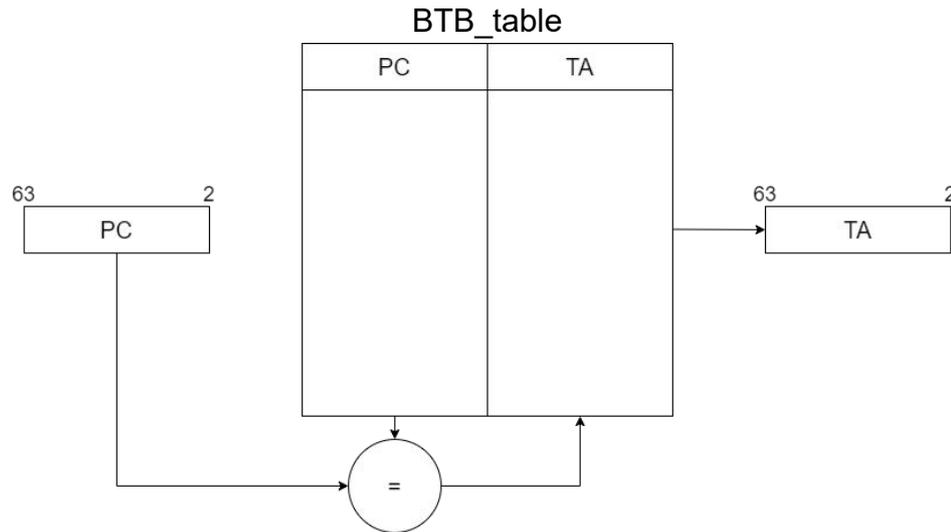
Задачи:

- Реализовать в RTL предсказатель адресов переходов на основе буфера адресов переходов
- Провести тестирование разработанного модуля автономно и на прототипе

# Буфер адресов переходов

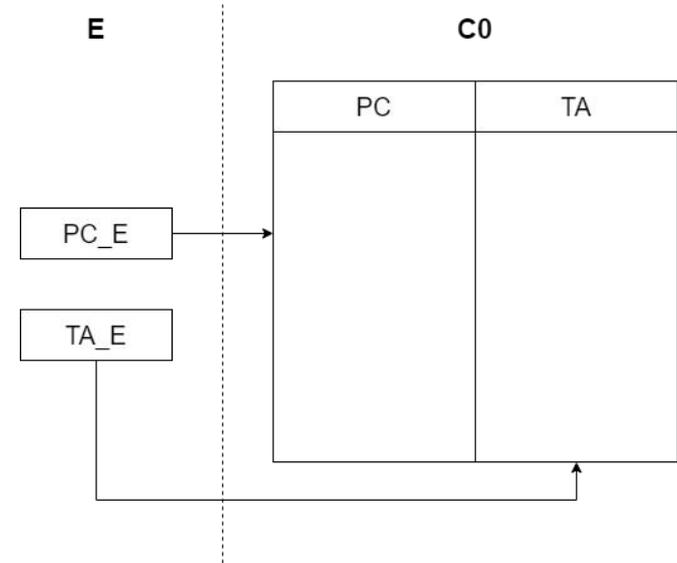
(BTB - Branch Target Buffer)

## BTB Read



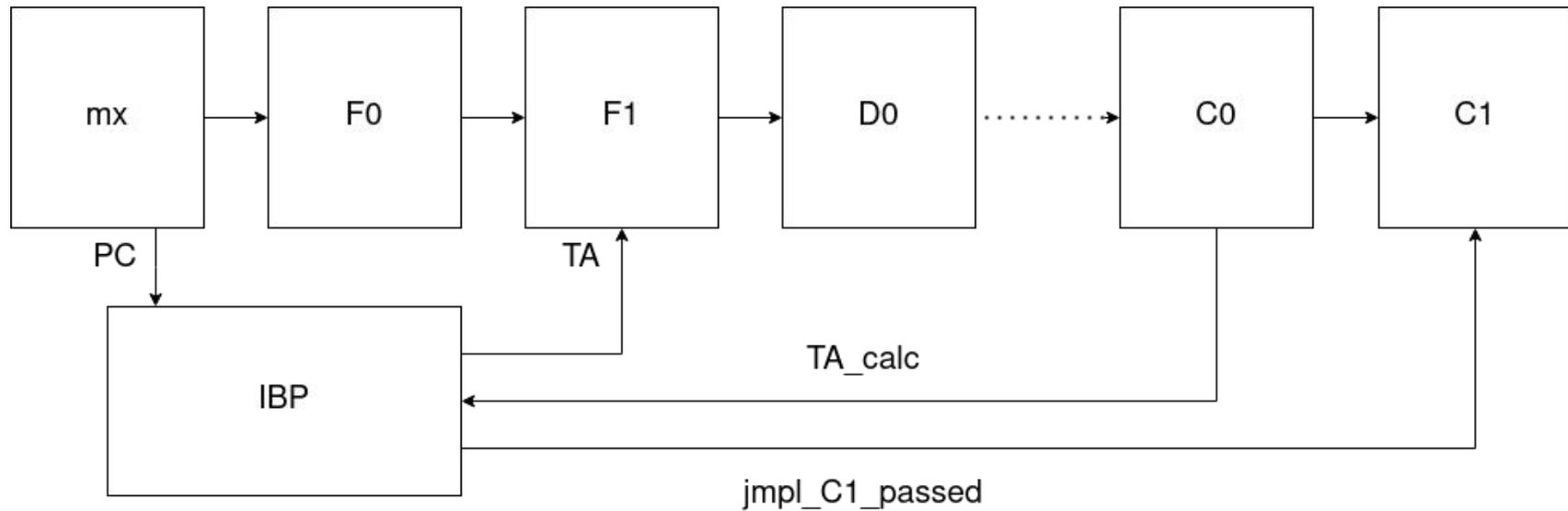
BTB\_table - таблица адресов

## BTB Update



- Простейший предсказатель для инструкций с косвенной адресацией
- Таблица хранит соответствия PC инструкции и TA для неё
- Поиском в таблице PC текущей инструкции находим адрес последнего совершенного для нее перехода

# Встраивание предсказателя в конвейер



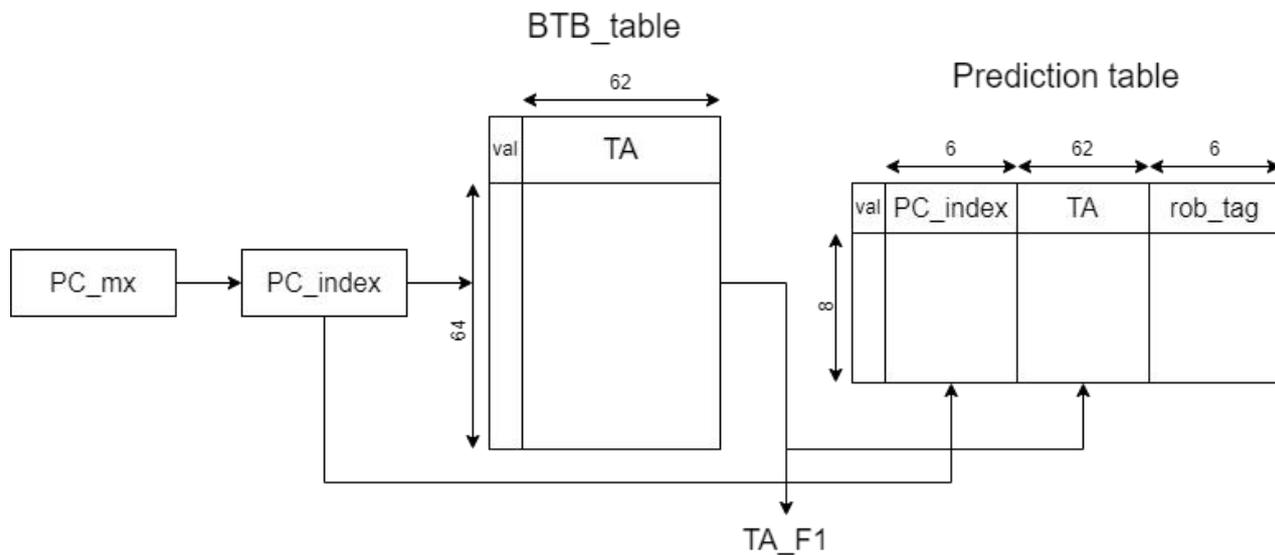
IBP - indirect branch predictor - предсказатель адресов переходов для инструкций с косвенной адресацией

- 1) На фазе mx предсказатель получает PC и вычисляет его индекс
- 2) По полученному индексу читаем таблицу адресов переходов и формируем предсказание
- 3) На фазе F1 возвращаем предсказанный адрес перехода TA
- 4) К фазе C1 принимается решение о правильности сделанного предсказания. В случае, если предсказание было ошибочным, происходит обновление записей в IBP и прочистка конвейера

# Таблица хранения предсказаний

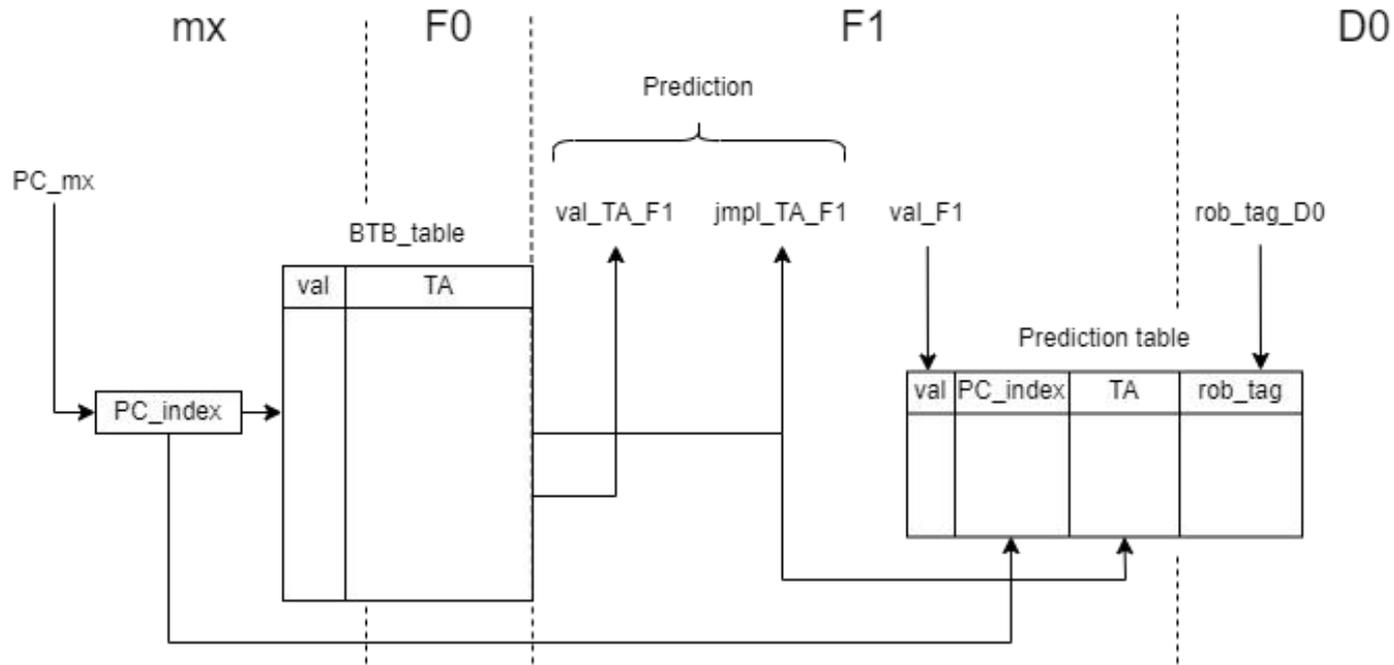
## Prediction table

- Необходимо обновление записей в BTB по коммиту  
Решение: добавлена таблица prediction table, которая хранит последние сделанные предсказания в соответствии PC\_index-TA



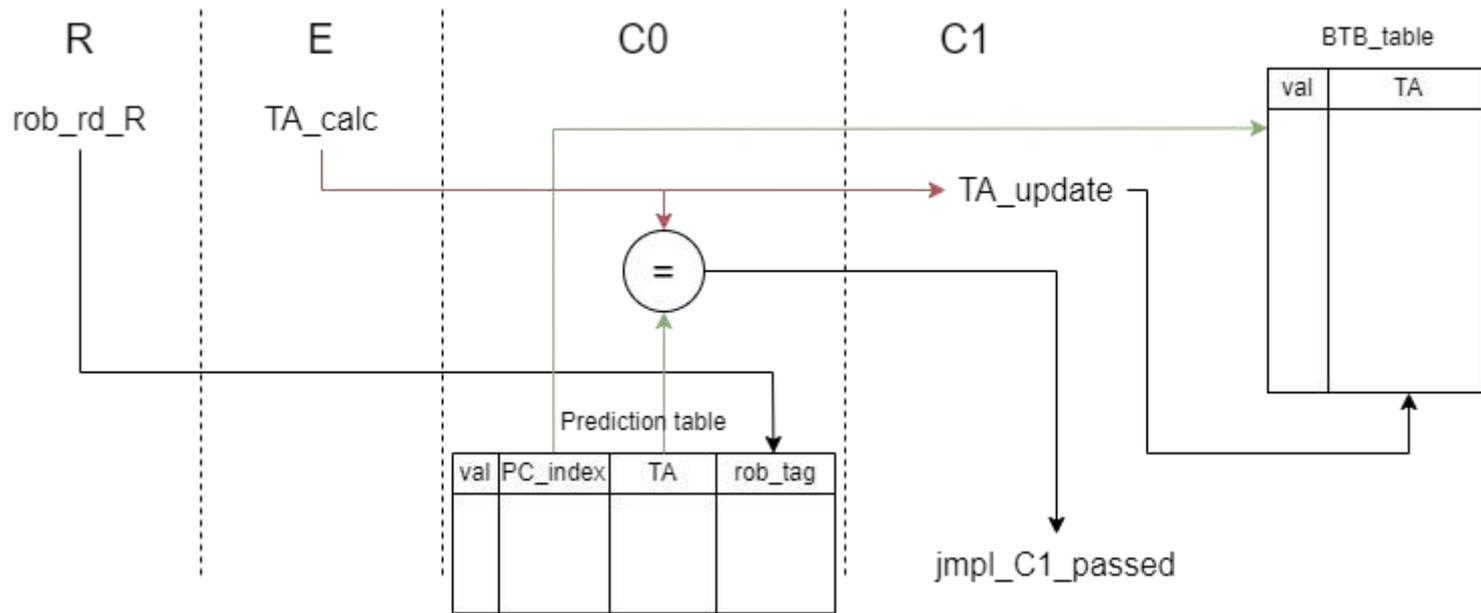
- На стадии C0 необходимо определить, для какого из предсказаний был вычислен TA  
Решение: ассоциативный поиск в таблице по rob\_tag

# Формирование предсказания



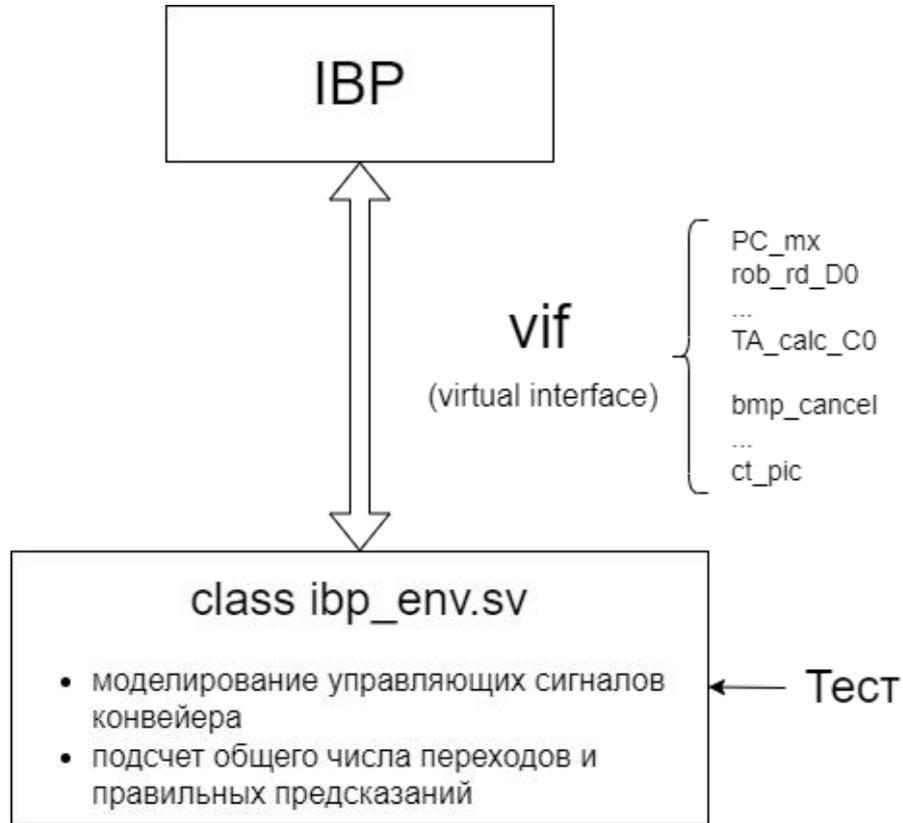
- 1) Обращение к таблице адресов по индексу PC<sub>mx</sub>
- 2) Формирование и возвращение предсказания из таблицы на фазе F1
- 3) Запись предсказания PC<sub>index</sub>-TA в prediction table вместе с rob<sub>tag</sub> инструкции

# Обновление записей в таблице адресов



- 1) Получение `rob_tag` инструкции перехода на фазе R
- 2) Вычисление точного адреса перехода на фазе E
- 3) Обращение к prediction table по `rob_tag` для получения TA и PC\_index предсказания
- 4) Сравнение вычисленного и предсказанного TA, вывод результата сравнения
- 5) В случае неправильного предсказания обновление записи в таблице переходов для полученного PC\_index

# Методика автономного тестирования



## 1) Простые тесты

PC: 0x... , TA: 0x...

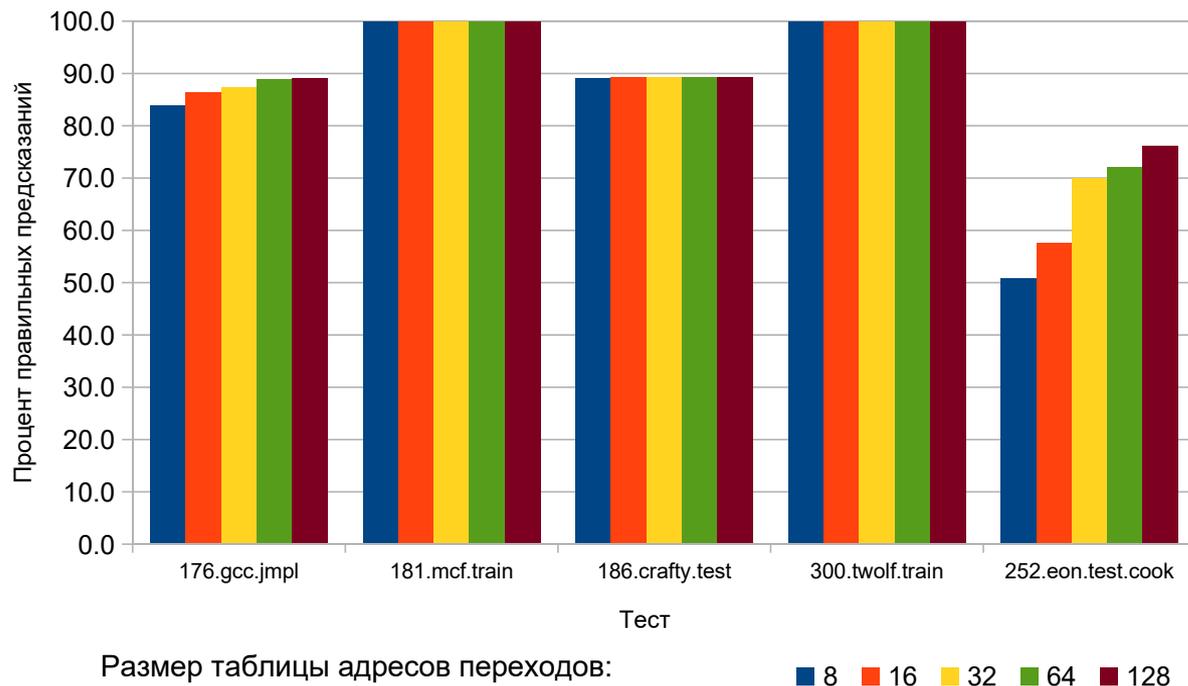
#15

...

## 2) Тесты из трасс, полученных при прогоне тестов SPEC 2000 на симуляторе

Тест	Данные	Общее число переходов
176.gcc	/ref/input/jump.i	38837
186.crafty	/test/input/crafty.in	3415
181.mcf	/train/input/inp.in	19382
252.eon	/test/input/cook	487648
300.twolf	/train/input/train	198895

# Результаты тестирования



- Средний процент правильных предсказаний - 90%
- Эффективный размер таблицы адресов BTB\_table - 64 записи
- Выбран размер Prediction table - 8 записей

# Результаты

- Разработан предсказатель адресов переходов для инструкций с косвенной адресацией для микропроцессора МЦСТ-R2000+ на основе буфера адресов переходов
- Предсказатель внедрен в общий проект
- Проведено автономное тестирование модуля
- Проводится тестирование на прототипе