

# Политика регулирования частот центрального процессора в ядре Linux для приложений реального времени

Глаз Роман Сергеевич

Московский физико-технический институт  
Кафедра микропроцессорных технологий в интеллектуальных системах  
управления

Научный руководитель:  
Кринов Пётр Сергеевич, к. ф.-м. н.

Выпускная квалификационная работа бакалавра  
7 июня 2024 г.



# Содержание

Введение

Цели и задачи

Обзор существующих решений

Исследование и построение решения

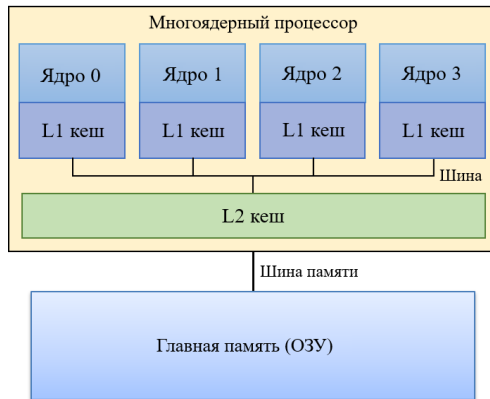
Практическая часть

Заключение

# Введение

1. Производительность современных ЦП ограничена скоростью системы памяти.
2. Память: несколько уровней кешей и ОЗУ.
3. Современные ОС (Linux, FreeBSD) не учитывают задержки памяти при регулировании частот процессора и планировании задач.
4. Производительность и энергопотребление ЦП в зависимости от политики регулирования частот для приложений реального времени.
5. Эмуляция поведения компьютерных архитектур с помощью Gem5 как средство создания моделей производительности ЦП.

# Введение: пример организации памяти



Пример организации памяти в многоядерном устройстве

## Цели работы

1. Разработать механизмы, позволяющие организовать сбор статистики микроархитектурных событий ядер ЦП (центрального процессора) при различных тактовых частотах.
2. Разработать модель производительности ядер ЦП с учётом поведения и характеристик устройств памяти (кеши, ОЗУ).
3. Реализовать политику регулирования частот ядер ЦП в ОС Linux в пространстве ядра, используя разработанную модель.

# Задачи

1. Реализовать в операционной системе Linux (версии 6.1):
  - 1.1 Набор драйверов, позволяющих изменять тактовые частоты ЦП в эмулируемой системе архитектурным симулятором Gem5.
  - 1.2 Возможность сбора статистики микроархитектурных событий ядер ЦП, связанных с работой кешей, для архитектуры ARM64.
2. Разработать модель производительности ядер ЦП:
  - 2.1 Спроектировать теоретическую модель производительности ЦП.
  - 2.2 Реализовать набор приложений, подходящих для построенной модели, и собрать для них статистику микроархитектурных событий при различных частотах ЦП.
  - 2.3 Найти коэффициенты модели на основе снятых данных.
3. Реализовать политику регулирования частот ядер ЦП в ОС Linux в пространстве ядра, используя разработанную модель.

# Обзор существующих решений

1. Что-нибудь про то, что в линукс (взять из тезиса).

# Исследование и построение решения

1. Сюда срі формулу с параллелизмом памяти.
2. Куча пунктов почему она мега-хороша (обобщённость).



# Практическая часть

1. Что-нибудь про драйверы clk, crufreq
2. Про бенчмарки, 3D график с данными => вывод про динамику.
3. Что-нибудь про места вставок permut tracking, scheduler tick, migrations, context switches.

# Результаты

1. Что-нибудь про выигрыш в перфе.

Благодарю за внимание!