

Московский физико-технический институт
(государственный университет)

Факультет радиотехники и кибернетики

Кафедра информатики и вычислительной техники

Выпускная квалификационная работа магистра

РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА ПРОГРАММИРУЕМОГО
КОНТРОЛЛЕРА ПРЕРЫВАНИЙ “ЭЛЬБРУС”
С ПОДДЕРЖКОЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ В ОС “ЭЛЬБРУС”

Студент: Рыбаков С.А.

Научный руководитель: д.т.н. Семенихин С.В.

Научный консультант: Фёдоров А.В.



ВВЕДЕНИЕ

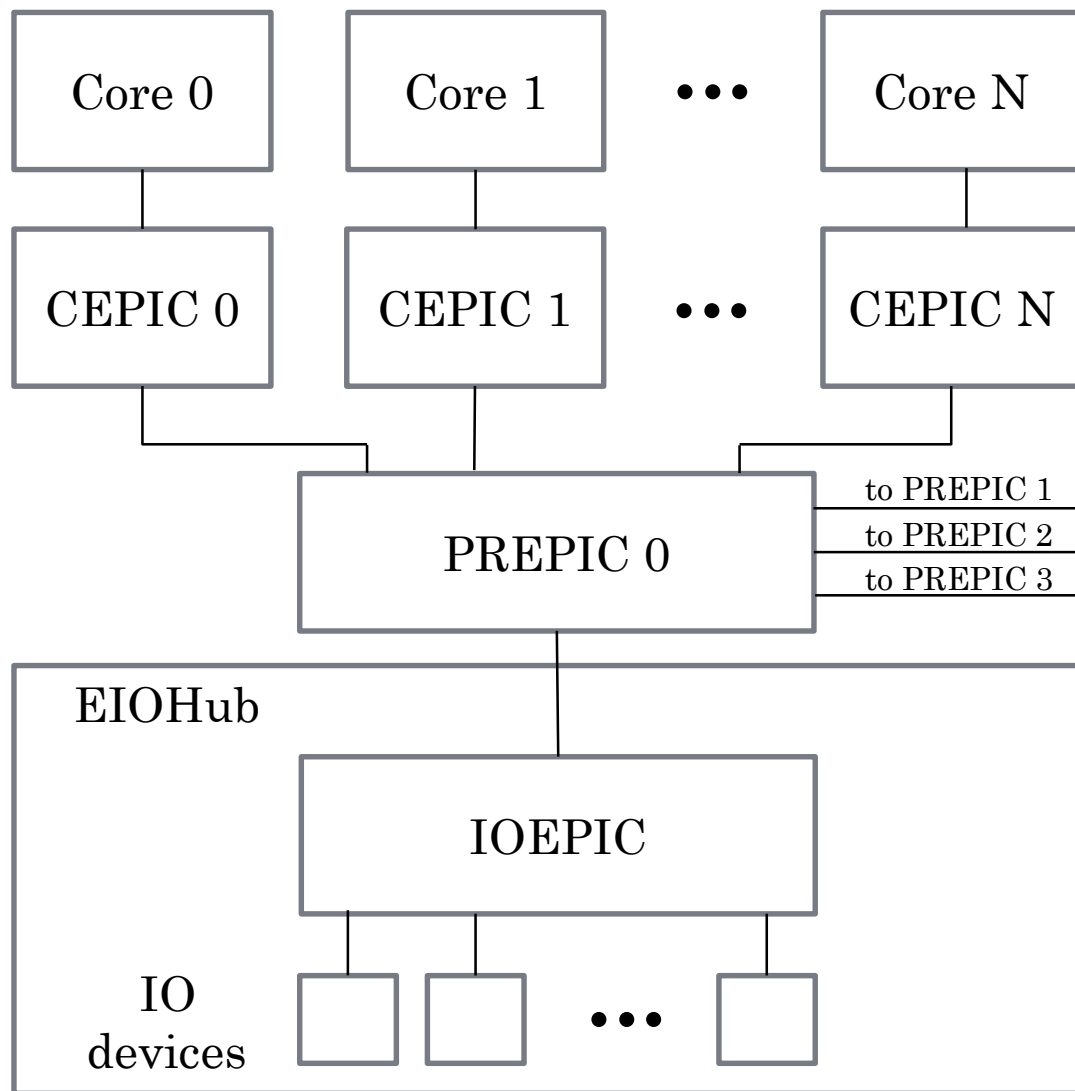
В предыдущих проектах процессоров (до “Эльбрус-8С2”) в качестве контроллера прерываний использовался Advanced Programmable Interrupt Controller (APIC).

Для нового проекта “Эльбрус-16С” был разработан новый контроллер Elbrus Programmable Interrupt Controller (EPIC).

	APIC	EPIC
Кол-во вычислительных ядер	256	1024
Кол-во векторов прерываний	256	1024
Аппаратная поддержка виртуализации	Нет	Есть



ПОДСИСТЕМА ПРЕРЫВАНИЙ МИКРОПРОЦЕССОРА “ЭЛЬБРУС-16С”



CEPIC – Core EPIC

PREPIC – Processor EPIC

IOEPIC – Input Output EPIC

EIOHub – Embedded Input
Output Hub



ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Поддержка подсистемы прерываний
микропроцессора “Эльбрус-16С”
в ядре ОС “Эльбрус”

ЗАДАЧИ

- Доработка интерфейса ядра с программой начального старта
- Разработка драйвера SERIC и PREPIC
- Разработка драйвера IOERIC
- Поддержка паравиртуализации SERIC



ДОРАБОТКА ИНТЕРФЕЙСА ЯДРА С ПРОГРАММОЙ НАЧАЛЬНОГО СТАРТА

MP-table – структура данных, передаваемая программой начального старта ядру ОС.

Содержит информацию о вычислительных ядрах системы и внешних прерываниях.

- Поддержана возможность передачи частоты таймера CEPIC в MP-table
 - Позволяет избежать калибровки по таймеру из IOHub, необходимой в предыдущих проектах (LAPIC)
- Добавлен новый тип структуры MP-table: MP_IOEPIC
 - Базовый адрес регистров IOEPIC
 - Идентификатор IOEPIC
 - Версия IOEPIC
- Введена трансляция физических идентификаторов EPIC в логические, используемые в ОС



РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА CEPIC И PREPIC

ТИПЫ ПРЕРЫВАНИЙ EPIC

Реализована поддержка драйвером всех типов прерываний EPIC.

○ Системные прерывания

- Прерывания от таймера CEPIC (периодический и однократный режимы)
- Межпроцессорные прерывания
- Прерывание об ошибке CEPIC
 - Анализ статусов ошибок и печать сообщений об ошибках в системный лог ядра
- Прерывания LINP (Аварийное прерывание, прерывание MMU)
 - В каждом узле назначается свое ядро-обработчик, настраивающее PREPIC своего узла

○ Внешние прерывания



РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА CEPIC И PREPIC

МЕЖПРОЦЕССОРНЫЕ ПРЕРЫВАНИЯ

В драйвере CEPIC поддерживаются следующие типы межпроцессорных прерываний:

- Reschedule – планирование задачи на бездействующем ядре
- SMP Call Function – исполнение кода на другом ядре
- Move Cleanup – освобождение вектора прерывания после миграции на другое ядро
- IRQ Work – исполнение работы в контексте IRQ
- NMI – печать отладочных стеков в аварийной ситуации



РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА IOERIC

ОПИСАНИЕ IOERIC

IOERIC преобразует прерывания от внешних устройств в сообщения ERIC. Управление обработкой прерывания осуществляется с помощью набора регистров Redirection Table Entry:

Interrupt Control	Тип прерывания, маска, статус
Message Address	Ядро назначения
Message Data	Вектор прерывания

Задачей драйвера является назначение вектора и ядра-обработчика каждому внешнему прерыванию.

Для уровневых прерываний драйвер снимает бит статуса, блокирующий передачу следующего прерывания (команда End of Interrupt)



РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА IOERIC

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕКТОРОВ ПЕРЕРЫВАНИЙ



- На каждом ядре своя таблица соответствия векторов и прерываний
- 4 группы приоритетов векторов
 - 0 (1 – 0xff)
 - 1 (0x100 – 0x1ff)
 - 2 (0x200 – 0x2ff)
 - 3 (0x300 – 0x3ff)
- Векторы из области внешних прерываний последовательно выдаются драйвером IOERIC



РАЗРАБОТКА ДРАЙВЕРА IOERIC

МИГРАЦИЯ ПРЕРЫВАНИЙ

В драйвере IOERIC поддерживана возможность смены ядра назначения прерывания

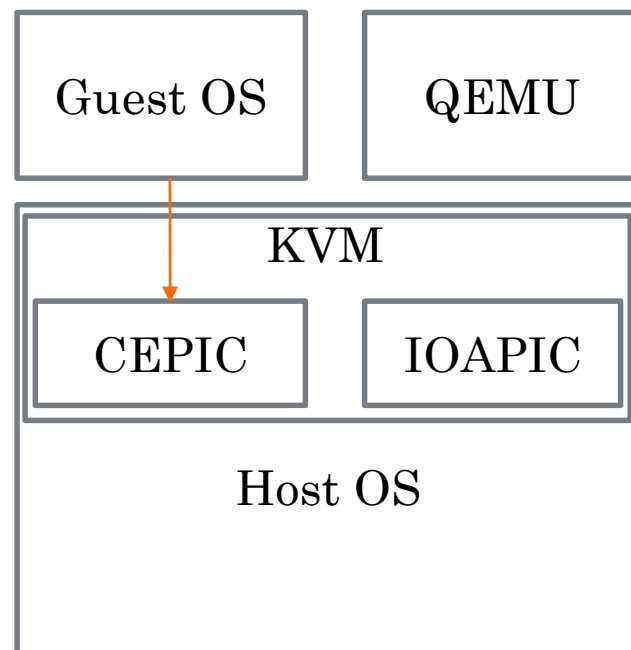
- Запись в /proc/irq/*/smp_affinity
- Поиск свободного вектора на новом ядре
- Запись нового ядра назначения и вектора прерывания в IOERIC
- Обработка следующего прерывания на новом ядре
- Посылка межпроцессорного прерывания Move Cleanup в старое ядро назначения
- Освобождение вектора на старом ядре



ПОДДЕРЖКА ПАРАВИРТУАЛИЗАЦИИ SERIC

ДОСТУП К РЕГИСТРАМ МОДЕЛИ SERIC

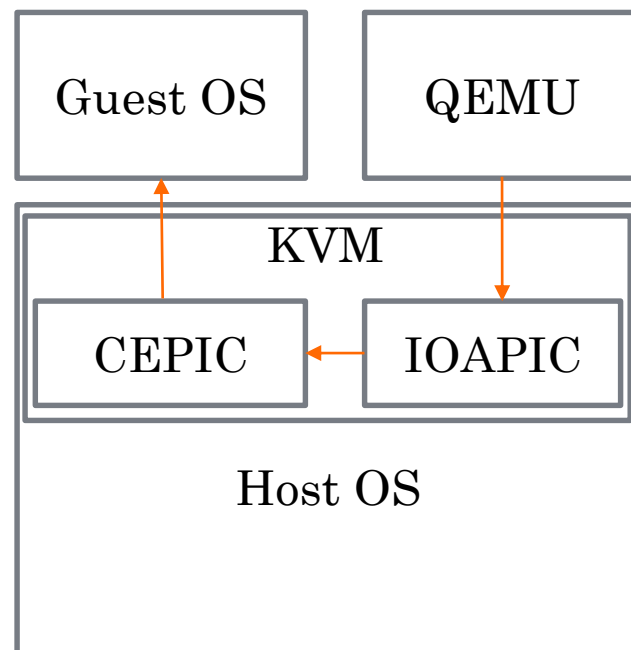
- Обращения к регистрам SERIC в гостевой ОС заменены гипервызовами
- Гипервызовы обрабатываются моделью SERIC в KVM
- Регистры модели расположены в оперативной памяти гипервизора
- При необходимости, выполняются дополнительные действия, эмулирующие работу аппаратуры SERIC



ПОДДЕРЖКА ПАРАВИРТУАЛИЗАЦИИ SERIC

ДОСТАВКА ВИРТУАЛЬНЫХ ПРЕРЫВАНИЙ В ГОСТЕВУЮ ОС

- Модель SERIC принимает виртуальные прерывания
 - Программного таймера
 - Межпроцессорные, от гостевой ОС
 - Модели IOAPIC
- Виртуальные прерывания инжектируются в гостевую ОС
 - Обработка всех прерываний начинается в гипервизоре
 - Гипервизором принимается решение о передаче прерывания гостевой ОС



РЕЗУЛЬТАТЫ

- Доработан интерфейс ядра с программой начального старта
- Разработан и отлажен драйвер СЕРІС и РРЕРІС в ядре ОС “Эльбрус”
- Разработан и отлажен драйвер ІОЕРІС в ядре ОС “Эльбрус”
- Поддержана паравиртуализация СЕРІС

Объем кода, потребовавшегося для реализации задачи: более 7000 строк на языке С

