

## **Драйвер программируемого контроллера прерываний «Эльбрус» в ОС «Эльбрус»**

***С.А. Рыбаков***

**АО «МЦСТ»**

Целью представляемой работы является поддержка подсистемы прерываний микропроцессоров «Эльбрус-12С», «Эльбрус-16С» и «Эльбрус-2С3» в ОС «Эльбрус».

Elbrus Programmable Interrupt Controller (EPIC) — это программируемое устройство, предназначенное для фиксирования, хранения и доставки прерываний вычислительным ядрам системы [1]. Контроллер может использоваться в многопроцессорных системах, содержащих до 1024 ядер, поддерживает 10-разрядные вектора для маскируемых прерываний, а также реализует аппаратную поддержку виртуализации системы прерываний. Контроллер состоит из следующих элементов: CEPIC (Core EPIC), PREPIC (Processor EPIC) и IOEPIC (Input/Output EPIC). При этом, CEPIC присутствует в каждом вычислительном ядре многопроцессорной системы, PREPIC — в каждом процессоре, а IOEPIC является частью встроенного контроллера периферийных интерфейсов.

В едином драйвере контроллеров CEPIC и PREPIC была реализована поддержка всех типов прерываний EPIC: системных (прерывания от таймера CEPIC, межпроцессорные прерывания, а также различные прерывания об ошибках) и внешних (поступающих от устройств ввода-вывода, через IOEPIC). Поддержанные в драйвере межпроцессорные прерывания можно разбить на следующие типы, по цели их использования в ОС: планирование задачи на бездействующем ядре, исполнение кода на другом ядре, освобождение вектора прерывания при миграции на другое ядро, исполнение работы в контексте IRQ. Для печати отладочных стеков в аварийной ситуации, были также поддержаны и немаскируемые межпроцессорные прерывания.

Контроллер IOEPIC преобразует прерывания от внешних устройств в сообщения формата EPIC. Задачей драйвера IOEPIC является назначение вектора и ядра-обработчика каждому внешнему прерыванию. Для уровневых прерываний драйвер также посылает в IOEPIC команду «End of interrupt»: эта команда разблокирует доставку следующего прерывания в контроллере. В драйвере также поддержана возможность переназначения прерывания на другое вычислительное ядро с помощью стандартного интерфейса файловой системы proc: SMP affinity.

Для полной поддержки подсистемы прерываний также потребовалось доработать интерфейс между программой начального старта и ядром ОС. Драйверы контроллеров прерываний получают от программы начального старта информацию о базовых адресах регистров контроллеров, идентификаторах вычислительных ядер системы и прерываниях от внешних устройств ввода-вывода.

### **Литература**

1. *Деменко Р.В., Трофимов В.Б.* Аппаратная поддержка виртуализации системы прерываний в микропроцессорах семейства «Эльбрус» // Вопросы радиоэлектроники. 2018. № 2. С. 40–44.