

Обработка прерываний

Лекция 5

Понятие прерывания

Прерывания – преднамеренное завершение текущей задачи и переход к следующей. Выполнение текущей программы прерывается и управление передаётся обработчику прерываний.

Последовательность действий при обработке прерываний

Обобщенно последовательность действий аппаратных и программных средств по обработке прерывания можно описать следующим образом:

- 1) При возникновении сигнала (для аппаратных прерываний) или условия (для внутренних прерываний) прерывания происходит первичное аппаратное распознавание типа прерывания. Если прерывания данного типа в настоящий момент запрещены, то процессор продолжает поддерживать естественный ход выполнения команд. В противном случае в зависимости от поступившей в процессор информации происходит автоматический вызов процедуры обработки прерывания, адрес которой находится в специальной таблице операционной системы, размещаемой либо в регистрах процессора, либо в определенном месте оперативной памяти

Последовательность действий при обработке прерываний

- 2) Автоматически сохраняется некоторая часть контекста прерванного потока, которая позволит ядру возобновить исполнение потока процесса после обработки прерывания. В это подмножество обычно включаются значения счетчика команд, слова состояния машины, хранящего признаки основных режимов работы процессора (пример такого слова — регистр EFLA6S в Intel Pentium), а также нескольких регистров общего назначения, которые требуются программе обработки прерывания.

Последовательность действий при обработке прерываний

- 3) Одновременно с загрузкой адреса процедуры обработки прерываний в счетчик команд может автоматически выполняться загрузка нового значения слова состояния машины (или другой системной структуры, например селектора кодового сегмента в процессоре Pentium), которое определяет режимы работы процессора при обработке прерывания, в том числе работу в привилегированном режиме

Последовательность действий при обработке прерываний

- 4) Временно запрещаются прерывания данного типа, чтобы не образовалась очередь вложенных друг в друга потоков одной и той же процедуры. Детали выполнения этой операции зависят от особенностей аппаратной платформы, например может использоваться механизм маскирования прерываний. Многие процессоры автоматически устанавливают признак запрета прерываний в начале цикла обработки прерывания, в противном случае это делает программа обработки прерываний.

Последовательность действий при обработке прерываний

- 5) После того как прерывание обработано ядром операционной системы, прерванный контекст восстанавливается и работа потока возобновляется с прерванного места. Часть контекста восстанавливается аппаратно по команде возврата из прерываний (например, адрес следующей команды и слово состояния машины), а часть — программным способом, с помощью явных команд извлечения данных из стека. При возврате из прерывания блокировка повторных прерываний данного типа снимается.

Классы прерываний

В зависимости от источника, прерывания делятся на три больших класса:

- внешние;
- внутренние;
- программные.

Классы прерываний

Внешние прерывания могут возникать в результате действий пользователя или оператора за терминалом, или же в результате поступления сигналов от аппаратных устройств — сигналов завершения операций ввода-вывода, вырабатываемых контроллерами внешних устройств компьютера, такими как принтер или накопитель на жестких дисках, или же сигналов от датчиков управляемых компьютером технических объектов. Внешние прерывания называют также аппаратными, отражая тот факт, что прерывание возникает вследствие подачи некоторой аппаратурой (например, контроллером принтера) электрического сигнала, который передается (возможно, проходя через другие блоки компьютера, например контроллер прерываний) на специальный вход прерывания процессора. Данный класс прерываний является асинхронным по отношению к потоку инструкций прерываемой программы. Аппаратура процессора работает так, что асинхронные прерывания возникают между выполнением двух соседних инструкций, при этом система после обработки прерывания продолжает выполнение процесса, уже начиная со следующей инструкции

Классы прерываний

Внутренние прерывания, называемые также *исключениями* (exception), происходят синхронно выполнению программы при появлении аварийной ситуации в ходе исполнения некоторой инструкции программы. Примерами исключений являются деление на ноль, ошибки защиты памяти, обращения по несуществующему адресу, попытка выполнить привилегированную инструкцию в пользовательском режиме и т. п. Исключения возникают непосредственно в ходе выполнения тактов команды («внутри» выполнения).

Классы прерываний

Программные прерывания отличаются от предыдущих двух классов тем, что они по своей сути не являются «истинными» прерываниями. Программное прерывание возникает при выполнении особой команды процессора, выполнение которой имитирует прерывание, то есть переход на новую последовательность инструкций. Причины использования программных прерываний вместо обычных инструкций вызова процедур будут изложены ниже, после рассмотрения механизма прерываний

Рабочая область прерываний

Вектор прерывания

Существуют два основных способа, с помощью которых шины выполняют прерывания:

1. векторный (vectored)
2. опрашиваемый (polled)

В обоих способах процессору предоставляется информация об уровне приоритета прерывания на шине подключения внешних устройств. В случае векторных прерываний в процессор передается также информация о начальном адресе программы обработки возникшего прерывания — обработчика прерываний.

Вектор прерывания

Устройствам, которые используют векторные прерывания, назначается **вектор прерываний**. Он представляет собой электрический сигнал, выставляемый на соответствующие шины процессора и несущий в себе информацию об определенном, закрепленном за данным устройством номере, который идентифицирует соответствующий обработчик прерываний. Этот вектор может быть фиксированным, конфигурируемым (например, с использованием переключателей) или программируемым. Операционная система может предусматривать процедуру регистрации вектора обработки прерываний для определенного устройства, которая связывает некоторую подпрограмму обработки прерываний с определенным вектором. При получении сигнала запроса прерывания процессор выполняет специальный цикл подтверждения прерывания, в котором устройство должно идентифицировать себя. В течение этого цикла устройство отвечает, выставляя на шину вектор прерываний. Затем процессор использует этот вектор для нахождения обработчика данного прерывания.

Вектор прерывания

Механизм прерываний некоторой аппаратной платформы может сочетать *векторный* и *опрашиваемый* типы прерываний. Типичным примером такой реализации является платформа персональных компьютеров на основе процессоров Intel Pentium. Шины PCI, ISA, EISA или MCA, используемые в этой платформе в качестве шин подключения внешних устройств, поддерживают механизм опрашиваемых прерываний. Контроллеры периферийных устройств выставляют на шину не вектор, а сигнал запроса прерывания определенного уровня IRQ. Однако в процессоре Pentium система прерываний является векторной. Вектор прерываний в процессор Pentium поставляет контроллер прерываний, который отображает поступающий от шины сигнал IRQ на определенный номер вектора.

Вектор прерывания

Вектор прерываний, передаваемый в процессор, представляет собой целое число в диапазоне от 0 до 255, указывающее на одну из 256 программ обработки прерываний, адреса которых хранятся в таблице обработчиков прерываний. В том случае, когда к каждой линии IRQ подключается только одно устройство, процедура обработки прерываний работает так, как если бы система прерываний была чисто векторной, то есть процедура не выполняет никаких дополнительных опросов для выяснения того, какое именно устройство запросило прерывание. Однако при совместном использовании одного уровня IRQ несколькими устройствами программа обработки прерываний должна работать в соответствии со схемой опрашиваемых прерываний, то есть дополнительно выполнить опрос всех устройств, подключенных к данному уровню IRQ.

Стандартные программы обработки прерываний

Приоритеты прерываний

Прерываниям приписывается приоритет, с помощью которого они ранжируются по степени важности и срочности. О прерываниях, имеющих одинаковое значение приоритета, говорят, что они относятся к одному уровню приоритета прерываний.

Прерывания обычно обрабатываются модулями операционной системы, так как действия, выполняемые по прерыванию, относятся к управлению разделяемыми ресурсами вычислительной системы — принтером, диском, таймером, процессором и т. п. Процедуры, вызываемые по прерываниям, обычно называют обработчиками прерываний, или процедурами обслуживания прерываний (Interrupt Service Routine, /57?). Аппаратные прерывания обрабатываются драйверами соответствующих внешних устройств, исключения — специальными модулями ядра, а программные прерывания — процедурами ОС, обслуживающими системные вызовы. Кроме этих модулей в операционной системе может находиться так называемый диспетчер прерываний, который координирует работу отдельных обработчиков прерываний.

Приоритеты прерываний

Все источники прерываний обычно делятся на несколько классов, причем каждому классу присваивается приоритет. В операционной системе выделяется программный модуль, который занимается диспетчеризацией обработчиков прерываний. Этот модуль в разных ОС называется по-разному, но для определенности будем его называть **диспетчером прерываний**.

При возникновении прерывания диспетчер прерываний вызывается первым. Он запрещает ненадолго все прерывания, а затем выясняет причину прерывания. После этого диспетчер сравнивает назначенный данному источнику прерывания приоритет и сравнивает его с текущим приоритетом потока команд, выполняемого процессором. В этот момент времени процессор уже может выполнять инструкции другого обработчика прерываний, также имеющего некоторый приоритет. Если приоритет нового запроса выше текущего, то выполнение текущего обработчика приостанавливается и он помещается в соответствующую очередь обработчиков прерываний. В противном случае в очередь помещается обработчик нового запроса.

Вложенные прерывания

Прерывания, обслуживаемые до завершения обработки предыдущего, называются **вложенными**. Вложенные прерывания могут создавать опасность переполнения стека, поскольку каждое «вложение» будет использовать его для своих целей.