

# Встроенные Системы

## Часть 3. Прерывания

Кафедра Информатики, мат-мех СПбГУ

Copyright © 2004 Victor Vengerov [vvv@oktetlabs.ru](mailto:vvv@oktetlabs.ru)

<http://www.oktetlabs.ru/~vvv/es-2004>

# Внешние события

- Окружение ВС, как и сама система, вызывают события, на которые надо реагировать:
  - Истек промежуток времени
  - Обнаружено нажатие клавиши
  - Произошло изменение состояния датчика
  - Внешнее устройство готово передать данные.
  - Многие другие.

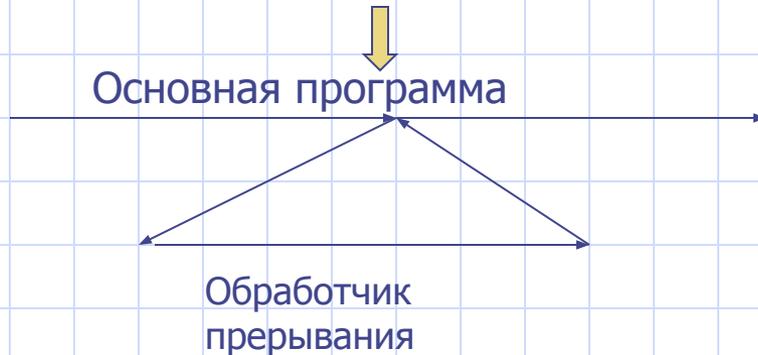
# Как обнаружить событие?

- **Опрос:** время от времени проверять, не наступило ли событие.
  - Хорошо: детерминизм
  - Плохо: большие накладные расходы и время реакции.
- **Прерывание:** при наступлении события процессор передает управление программе обработки.

# Прерывание

Прерывание (interrupt) – это асинхронное событие, приостанавливающее поток вычислений, производимых процессором, и передающее управление обработчику прерываний.

Обычно, обработчик прерывания обеспечивает восстановление контекста вычислений после обработки прерывания.



# Что делает процессор?

- Передача управления может произойти только если обработка прерываний разрешена.
- Процессор сохраняет минимально необходимый контекст (обычно, адрес возврата и регистр состояния процессора на момент прерывания).
- Процессор начинает выполнять команды обработчика прерываний.

# Что делает программа-обработчик?

- Обработчик (handler) полностью сохраняет контекст (регистры и состояние процессора) для последующего возобновления.
- Если надо, производится создание контекста для вызова кода на ЯВУ.
- После завершения обработки, сохраненный контекст восстанавливается, и продолжается выполнение прерванной программы.

# Зачем запрещают прерывания?

- Обработчик прерываний и программа могут разделять общие данные – необходимо поддерживать их целостность.
- Обработчик прерывания может привести к смене потока выполнения: необходимо поддерживать целостность данных, разделяемых такими потоками.

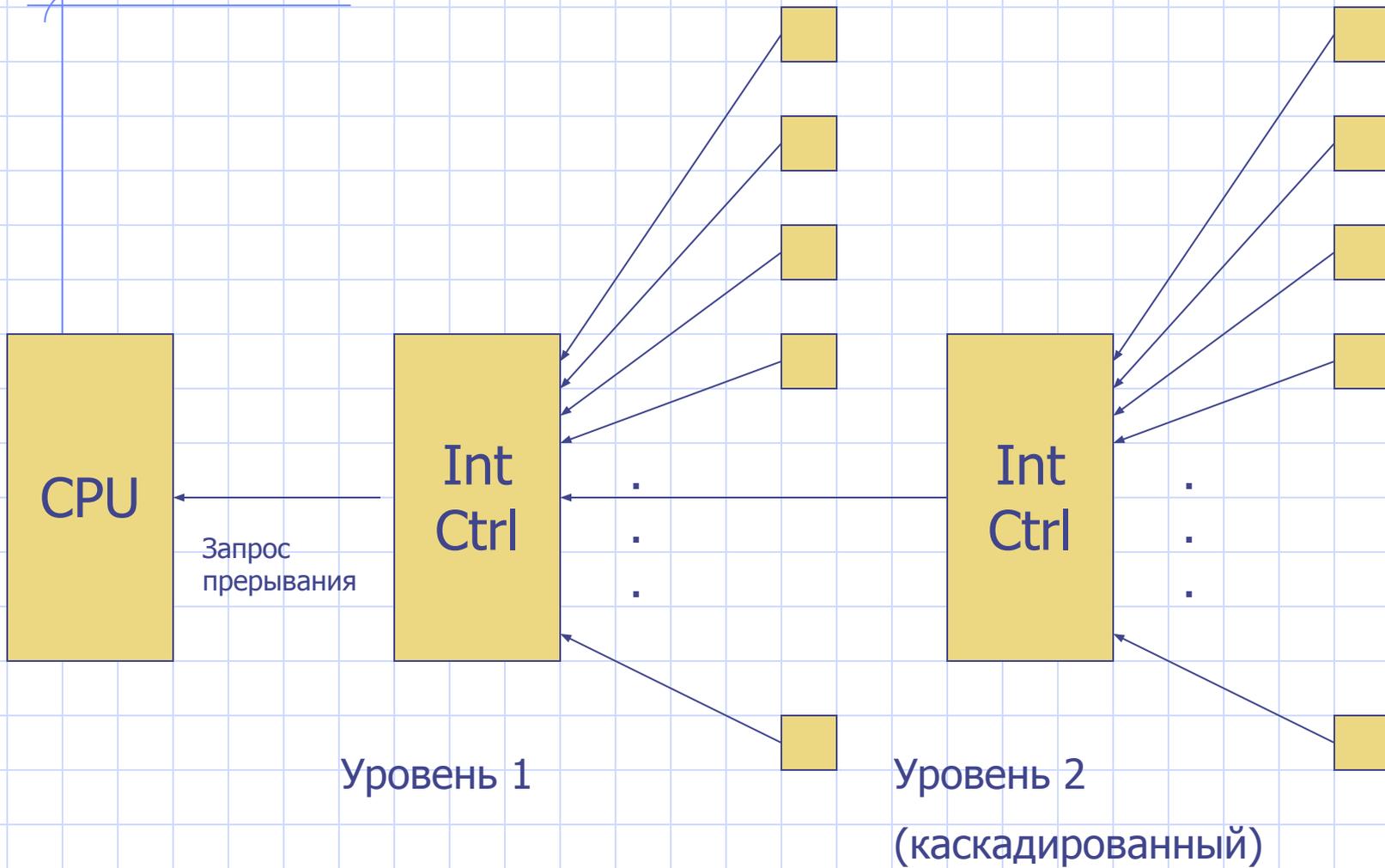
# Особенности архитектуры: куда передается управление?

- По адресу из таблицы – вектора прерываний
- По фиксированному адресу (по нескольким фиксированным адресам в зависимости от типа прерывания)
- По фиксированному смещению относительно значения регистра VBR

# Контроллер Прерываний

- Процессорное ядро обычно поддерживает от одного до семи запросов прерываний. Количество источников асинхронных событий – много больше.
- Контроллер прерываний (Interrupt Controller) – устройство, отслеживающее возникновение событий, определяющее порядок и время их обработки.

# Контроллер прерываний (прод.)



# Контроллер прерываний (прод.)

- Функции контроллера прерываний:
  - Маскирование каждого источника по отдельности
  - Вычисление номера источника прерывания, который должен быть обработан в данный момент с учетом приоритета источника.
  - Вычисление множества запросов, ожидающих обработки.

# Уровень прерывания

- Процессор (или контроллер прерываний) может определять текущий уровень прерываний процессора.
- Если в некоторый момент процессор имеет уровень  $N$ , то его работа может быть прерван запросом уровня выше  $N$ .
- Обычно, при возникновении прерывания уровня  $N$  уровень процессора устанавливается в  $N$ .

# Запрос прерывания

- Устройство сообщает контроллеру прерывания о наступлении события изменяя логический уровень сигнала запроса прерывания.
- Событие наступает, когда:
  - Уровень сигнала высокий (active high)
  - Уровень сигнала низкий (active low)
  - Уровень переходит с низкого на высокий (front edge)
  - Уровень переходит с высокого на низкий (rear edge)

# Латентность прерываний

- Латентность прерывания (interrupt latency) – время между наступлением события и моментом его обработки.
- Латентность складывается из:
  - Задержек контроллера прерывания и процессора
  - Временем, в течении которого программа выполняется с запрещением обработки прерываний
  - Временем работы обработчиков прерываний более высокого уровня.
  - Накладными расходами на обработку прерывания (сохранение/восстановление контекста)

# Исключительные ситуации и синхронные прерывания

- Во время выполнения программы могут возникнуть непредсказуемые ситуации, например:
  - Деление на 0, переполнение
  - Обращение по несуществующему адресу
  - Выполнение несуществующей команды
  - Недоступность страницы виртуальной памяти
- Такие ситуации называют «исключительными» (exceptions), их обработка осуществляется примерно так же, как и прерываний.