

Институт Транспорта и Связи
Заочное отделение

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА №1

по дисциплине
«Микропроцессоры в системах управления»

«Система прерываний в микроконтроллерах PIC16C84, MCS-51 и MCS-196»

Выполнил: ст. Козлов С.А.
5 января 2001 г.
Проверил: доц. Поздняков А.

Рига 2001

1. Введение

Системы обработки прерываний микроконтроллеров предоставляют возможности контроля за событиями в реальном времени. При возникновении прерывания исполнение текущей инструкции приостанавливается, производятся действия, предусмотренные для данной ситуации. По окончании обработки прерывания выполнение программы продолжается с того места, на котором произошла ее остановка.

Источниками *запроса на прерывание (IRQ)* могут быть внутренние и периферийные устройства, программные процессы и инструкции. Простейшая схема обработки прерывания выглядит следующим образом:

- прием запроса на прерывание;
- сохранение состояния текущего процесса;
- выполнение инструкций по обработке прерывания;
- восстановление состояния процесса и возврат к его выполнению.

С помощью данного механизма можно решать чрезвычайно широкий круг задач контроля, управления, обеспечения надежности и т.п. Но успех решения той или иной задачи, а также его эффективность, сильно зависят от конкретной реализации системы обработки прерываний. В данной работе будут рассмотрены системы, реализованные в микроконтроллерах семейства PIC16C84 фирмы Microchip, MCS-51 и MCS-196 фирмы Intel.

2. Однокристалльные микроконтроллеры семейства PIC16C84 фирмы Microchip

PIC16C84 относится к семейству КМОП микроконтроллеров. PIC16C84 имеет прерывание, срабатывающее от четырех источников, и восьмиуровневый аппаратный стек.

Серия PIC16C84 подходит для широкого спектра приложений от схем высокоскоростного управления автомобильными и электрическими двигателями до экономичных удаленных приемопередатчиков, индикаторных приборов и связанных процессоров. Наличие ПЗУ позволяет подстраивать параметры в прикладных программах (коды передатчика, скорости двигателя, частоты приемника и т.д.).

Прерывания в PIC16C84 могут быть от четырех источников:

- внешнее прерывание с ножки RB0/INT;
- прерывание от переполнения счетчика/таймера RTCC;
- прерывание по окончании записи данных в EEPROM;
- прерывание от изменения сигналов на ножках порта RB<7:4>.

Все прерывания имеют один и тот же вектор/адрес – 0004h. Однако, в управляющем регистре прерываний INTCON записывается от какого именно источника поступил запрос прерывания. Записывается соответствующим битом-флагом. Такое прерывание может быть замаскировано индивидуально или общим битом. Единственным исключением является прерывание по концу записи в EEPROM. Этот флаг находится в другом регистре EECON1.

Бит общего разрешения/запрещения прерывания GIE (INTCON <7>) разрешает (если=1) все индивидуально немаскированные прерывания или запрещает (если=0) их. Каждое прерывание в отдельности может быть дополнительно разрешено/запрещено установкой/сбросом соответствующего бита в регистре INTCON.

Бит GIE обнуляется при сбросе. Когда начинает обрабатываться прерывание, бит GIE обнуляется, чтобы запретить дальнейшие прерывания, адрес возврата посылается в стек, а в программный счетчик загружается адрес 0004h. Время реакции на прерывание для внешних событий, таких как прерывание от ножки INT или порта В, составляет приблизительно пять циклов. Это на один цикл меньше, чем для внутренних событий, таких как прерывание по переполнению от таймера RTCC. Время реакции всегда одинаковое.

В подпрограмме обработки прерывания источник прерывания может быть определен по соответствующему биту в регистре флагов. Этот флаг-бит должен быть программно сброшен внутри подпрограммы. Флаги запросов прерываний не зависят от соответствующих маскирующих битов и бита общего маскирования GIE.

Команда возврата из прерывания RETFIE завершает прерывающую подпрограмму и устанавливает бит GIE, чтобы опять разрешить прерывания.

Регистр запросов и масок

Управляющий регистр прерываний и его биты

GIE	EEIE	RTIE	INTE	RBIE	RTIF	INTF	RBIF
-----	------	------	------	------	------	------	------

Адрес: 0Bh

Значение при reset= 0000 000?

RBIF - флаг прерывания от изменения на порту RB.

Флаг устанавливается, когда сигнал на входе RB<7:4> изменяется.
Флаг сбрасывается программным способом.

INTF - флаг прерывания INT.

Флаг устанавливается, когда на ножке INT появляется сигнал от внешнего источника прерывания. Сбрасывается программным способом.

RTIF - флаг прерывания от переполнения RTCC.

Флаг устанавливается, когда RTCC переполняется.
Флаг сбрасывается программным способом.

RBIE - Бит разрешения/запрещения RBIF прерывания.

RBIE = 0 : запрещает RBIE прерывание

RBIE = 1 : разрешает RBIE прерывание

INTE - Бит разрешения/запрещения INT прерывания.

INTE = 0 : запрещает INT прерывание

INTE = 1 : разрешает INT прерывание

RTIE Бит разрешения/запрещения RTIF прерывания.

RTIE = 0 : запрещает RTIE прерывание

RTIE = 1 : разрешает RTIE прерывание

EEIE - Бит разрешения/запрещения прерывания EEPROM записи.

EEIE = 0 : запрещает EEIF прерывание

EEIE = 1 : разрешает EEIF прерывание

GIE Бит разрешения/запрещения всех прерываний.

GIE = 0 : запрещает прерывания

GIE = 1 : разрешает прерывания

Он сбрасывается автоматически при следующих обстоятельствах:

- по включению питания;
- по внешнему сигналу /MCLR при нормальной работе;
- по внешнему сигналу /MCLR в режиме SLEEP;
- по окончанию задержки таймера WDT при нормальной работе;
- по окончанию задержки таймера WDT в режиме SLEEP.

Внешнее прерывание

Внешнее прерывание на ножке RB0/INT осуществляется по фронту: либо по нарастающему (если $INTEDG<6>=1$ в регистре OPTION), либо по спадающему фронту (если $INTEDG<6>=0$). Когда фронт обнаруживается на ножке INT, то бит запроса INTF устанавливается (INTCON <1>). Это прерывание может быть замаскировано установкой управляющего бита INTE в ноль (INTCON <4>). Бит запроса INTF должен быть очищен прерывающей программой перед тем, как опять разрешить это прерывание. Прерывание INT может вывести процессор из режима SLEEP, если перед входом в этот режим бит INTE был установлен в единицу.

Состояние бита GIE также определяет: будет ли процессор переходить на подпрограмму прерывания после просыпания из режима SLEEP.

Прерывание от RTCC

Переполнение счетчика RTCC (FFh->00h) установит бит запроса RTIF (INTCON<2>). Это прерывание может быть разрешено/запрещено установкой/сбросом бита маски RTIE (INTCON<5>).

Сброс запроса RTIF - дело программы обработки.

Прерывание от порта RB

Любое изменение сигналов на четырех входах порта RB<7:4> установит бит RBIF (INTCON<0>). Это прерывание может быть разрешено/запрещено установкой/сбросом бита маски RBIE (INTCON<3>).

Сброс запроса RBIF - дело программы обработки.

Прерывание от EEPROM

Флаг запроса прерывания по окончании записи в EEPROM, EEIF (EECON1<4>) устанавливается по окончании автоматической записи данных в EEPROM. Это прерывание может быть замаскировано сбросом бита EEIE (INTCON<6>).

Сброс запроса EEIF - дело программы обработки.

3. Однокристальные микроконтроллеры семейства MCS-51 фирмы Intel

Для MCS-51 базовой микросхемой является 8XC51FX - 7 источников прерываний, 5 уровней приоритетов:

- Внешнее прерывание 0;
- Прерывание таймера 0;
- Внешнее прерывание 1;
- Прерывание таймера 1;
- Прерывание последовательного порта;
- Прерывание таймера 2;
- Прерывание PCA.

Микроконтроллеры данного семейства уже сняты с производства фирмой Intel, на рынке данное семейство микроконтроллеров представлено многочисленными аналогами данной серии от фирм Atmel, Philips и Winbond.

4. Однокристальные микроконтроллеры семейства MCS-196 фирмы Intel

В семейство MCS-196 фирмы Intel (80C196) входит более 30 разновидностей микроконтроллеров. Это 16-разрядные, быстродействующие ИС высокой

степени интеграции, ориентированные на решение задач управления процессами в реальном масштабе времени. Типичные области применения для этих микроконтроллеров - управление двигателями, модемы, безюзовые тормозные системы, контроллеры жестких дисков, медицинское оборудование. Далее будут рассмотрены серий Intel 8XC196Kx, Jx, SA.

Система обработки прерываний контроллеров Intel 8XC196Kx, Jx, SA состоит из двух основных компонент, обеспечивающих ей необходимую гибкость:

- программируемый контроллер прерываний;
- сервер внешних транзакций (Peripheral Transaction Server).

Программируемый контроллер прерываний имеет аппаратно реализованную схему приоритетов прерываний с возможностью программной модификации. Определение процедур обработки прерываний производится с помощью задания векторов прерываний, содержащих адреса этих процедур. Вектора прерываний размещаются в памяти специального назначения (special purpose memory).

Адрес	Содержание ячеек
2000h-2013h	"Нижние" векторы прерываний
2030h-203Fh	"Верхние" векторы прерываний
2040h-205Dh	Векторы PTS

Сервер внешних транзакций реализован как аппаратный процессор прерываний, функционирующий на микропрограммном уровне. Он обеспечивает высокоскоростную обработку прерываний с низкими накладными расходами; при этом операции не затрагивают стек или PSW. Большинство прерываний может быть настроено для обработки PT-сервером вместо контроллера прерываний; исключения составляют немаскируемое прерывание (NMI), программная ловушка (software trap) и прерывание нереализованного опкода (unimplemented opcode). PT-сервер поддерживает пять специальных микропрограммных процедур, обеспечивающих более быстрое решение специфических задач, чем при использовании стандартных процедур контроллера прерываний. Прерывания PTS имеют более высокий приоритет, чем стандартные прерывания и могут приостанавливать их обработку. Для хранения информации о каждой процедуре PTS предусмотрен специальный контрольный блок PTS (PTSCB).

Источники и приоритеты прерываний

Имеется 15 стандартных источников прерываний (прерывание внешнего источника EXTINT, прерывания получения/посылки по стандартному интерфейсу ввода-вывода RI/TI и др.), обработка которых может назначена PTS вместо использования стандартных векторов контроллера прерываний. Также имеется 3 специальных типа прерываний, обработка которых производится только контроллером прерываний:

- **Нереализованный опкод.** Прерывание возникает при попытке центрального процессора запустить на выполнение фрагмента невыполнимого кода. Это позволяет избежать запуска случайных

программных фрагментов в результате каких-либо ошибок. Этому прерыванию соответствует вектор 2012h;

- **"Программная ловушка"**. Инструкция TRAP (F7h) вызывает прерывание по адресу 2010h. Этот механизм позволяет предотвратить вмешательство других прерываний в исполнение следующей инструкции (полезно при отладке и генерации программных прерываний);
- **Немаскируемое прерывание (NMI)**. Прерывание служит для запуска процедуры обработки критических ситуаций. Оно имеет наивысший приоритет; ему соответствует вектор 203Eh. В микроконтроллере 196Jx не реализовано.

Приоритеты	Тип прерываний	Адреса векторов
30	Немаскируемое прерывание	203Eh
29 - 15	Прерывания PTS	2040h - 205Dh
14 - 00	Прерывания контроллера	2000h - 200Eh и 2030h - 203Ah
нет	Прерывания "unimplemented opcode" и "software trap"	2012h и 2010h

Режимы работы PTS

Для ускорения и оптимизации исполнения некоторых операций в PTS на микропрограммном уровне введено пять специальных процедур, использование которых позволяет сократить время выполнения и накладные расходы по сравнению с применением стандартных аналогов, реализованных в контроллере прерываний. Таким образом, PTS поддерживает следующие 5 режимов работы:

- **Режим одиночной передачи (Single Transfer Mode)**. Применяется для пересылки байтов или слов между заданными позициями;
- **Режим блочной передачи (Block Transfer Mode)**. Используется для пересылки блоков данных между заданными позициями. Указатели на источник и приемник могут изменяться как по ходу пересылки, так и между пересылками;
- **Режим аналого-цифрового сканирования (A/D Scan Mode)**. Используется для проведения сложных аналого-цифровых преобразований;
- **Режимы PWM Toggle Mode и PWM Remap Mode**. Используются для генерации широтноимпульсно модулированных (ШИМ, pulse-width modulated) выходных сигналов.

Время обработки запроса (Interrupt Latency)

Время обработки запроса определяется полным временем запаздывания начала обработки прерывания стандартными процедурами контроллера либо процедурами PTS по отношению к генерации запроса на прерывание. Часть времени составляет время между обнаружением запроса и началом подготовки его обработки.

Обработка запроса на прерывание начинается по окончании выполнения текущей инструкции. Однако, если запрос послан в течении последних четырех тактов инструкции, его подтверждение и обработка могут быть отложены до завершения следующей инструкции. Такая дополнительная задержка объясняется тем, что инструкции извлекаются и подготавливаются для исполнения за несколько тактов до начала исполнения. Таким образом, максимальное время между обнаружением запроса на прерывание и началом подготовки его обработки составляет время завершения текущей инструкции плюс время выполнения следующей инструкции.

При подтверждении запроса на стандартное прерывание аппаратно сбрасывается бит ожидания прерывания и выполняется переход на адрес, содержащийся в соответствующем векторе, после завершения текущей инструкции. Процедура получения вектора и вызова нужного адреса занимает 11 тактов. При размещении стека в оперативной памяти вызов требует дополнительных двух тактов. Подтверждение прерывания PTS состоит в немедленном получении PTSCB и начале выполнения необходимой обработки.

Обработка запроса на прерывание откладывается до окончания следующей инструкции также в следующих случаях:

- исполнение префикса FE для двухбайтного операнда, либо умножения и деления со знаком;
- исполнение защищенных инструкций DI, EI, DPTS, EPTS, POPA, POPF, PUSHA, PUSHF;
- исполнение инструкций чтения-записи-изменения AND, ANDB, OR, ORB, XOR, XORB;
- обработка прерываний Software Trap и Unimplemented Opcode.

Также не может прерываться обработка PTS единичного прерывания, что дает в худшем случае задержку в 500 циклов при пересылке блока из 32 слов во внешней памяти.

Заключение

Пожалуй, именно выбор микроконтроллера является одним из самых важных решений, от которых зависит успех или провал задуманного проекта. При выборе микроконтроллера необходимо учесть и оценить большое количество факторов. Одним из главных факторов принимаемых во внимание является система прерывания микроконтроллера. Проверка структуры прерываний необходима всегда, когда создается система реального времени. Сколько линий или уровней прерывания имеется и сколько их требуется для разрабатываемой системы? Имеется ли маска уровней прерывания? Когда уровень прерывания подтвержден, есть ли индивидуальные векторы для программы обработчика прерывания, или должны опрашиваться все возможные источники прерывания, чтобы определить источник? В критических по скорости применениях, таких как управление принтером, критерием выбора подходящего микроконтроллера может быть время реакции на прерывание, т.е. время от начала прерывания (в худшем случае, фазированного относительно тактового генератора микроконтроллера) до выполнения первой команды соответствующего обработчика прерывания.

Из рассмотренных контроллеров серии PIC16C84 и MCS-196 являются «крайними» решениями: минимальная система прерываний в контроллерах от фирмы Microchip и богатый набор аппаратных решений фирмы Intel наглядно демонстрируют широкий диапазон для инженерных решений: от елочных гирлянд до систем контроля производственными процессами.

Решения предлагаемые в серии PIC16C84 минимальны, но позволяют решать простейшие задачи, не требующие высокого быстродействия при минимальных финансовых и энергетических затратах.

В тоже время аппаратные схемы обработки прерываний микроконтроллеров фирмы Intel ориентированы на более критические задачи когда финансовые и энергетические критерии второстепенны.

Литература

1. Microchip Databook, Microchip, 1994.
2. Microchip Databook, Microchip, CD-ROM, 2000.
3. Intel, Схемотехника микроэлектроника 13, CD-ROM (Order number 27280001-001, 272322-003).
4. Системы обработки прерываний однокристальных микроЭВМ, Штумпф С. гр. 339, http://d1.ifmo.ru/ETC/REFERAT/1998_1/INT2/int2.htm
5. Однокристальные микроконтроллеры семейства MCS-96 фирмы Intel, <http://www.gaw.ru/html.cgi/publ/micros/phuton6.htm>.
6. Конспект лекций по курсу «Микропроцессоры в системах управления».

1. ВВЕДЕНИЕ.....	2
2. ОДНОКРИСТАЛЬНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА PIC16C84 ФИРМЫ MICROCHIP.....	2
3. ОДНОКРИСТАЛЬНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА MCS-51 ФИРМЫ INTEL.....	5
4. ОДНОКРИСТАЛЬНЫЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕМЕЙСТВА MCS-196 ФИРМЫ INTEL.....	5
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	9
ЛИТЕРАТУРА	10

5 января 2001 г.

/Козлов С.А./