

Режим опроса и система прерываний

Если к микропроцессорной системе подключено несколько устройств ввода-вывода, любое из них в произвольный момент времени может потребовать обслуживания. Микропроцессор может обслужить эти устройства одним из двух способов. Первый заключается в использовании *подпрограммы опроса*. Второй способ реализуется в виде *системы прерываний*.

Способ обслуживания устройств, при котором используется программа опроса:

Микропроцессор, работая по программе опроса, выполняет периодически проверку, или опрос, всех устройств ввода-вывода. Целью такого опроса является выявление устройств, нуждающихся в обслуживании. Программу опроса микропроцессор вызывает, например, после завершения этапа основных вычислений. На рис. 12.23 представлен возможный вариант блок-схемы программы опроса.

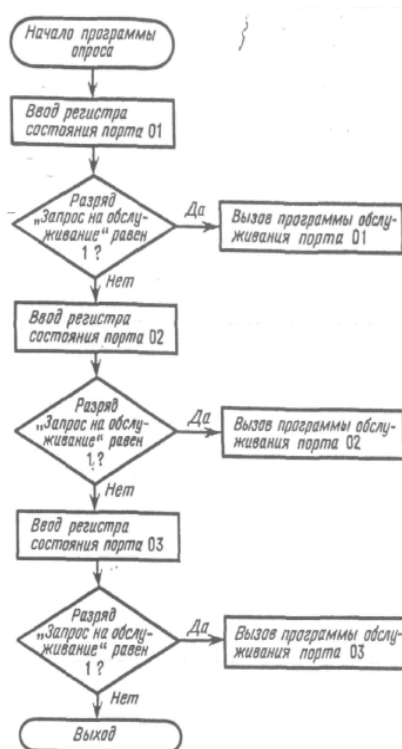


Рис. 1123. Блок-схема программы опроса.

Блок-схема программы опроса имеет следующую структуру. После входа в программу опроса производится пересылка в аккумулятор содержимого регистра состояния порта ввода-вывода с адресом 01. Далее выполняется проверка значения разряда «Запрос на обслуживание». Если этот разряд в регистре состояния порта ввода-вывода имеет значение 1, то вызывается программа обслуживания, соответствующая порту ввода-вывода с адресом 01. После выполнения программы обслуживания осуществляется возврат в программу опроса. Проанализировав значение разряда «Запрос на обслуживание» в регистре состояния порта 01 и, если необходимо, выполнив программу обслуживания, микропроцессор загружает в аккумулятор содержимое регистра состояния порта 02 и проверяет разряд «Запрос на обслуживание».

Описанные действия (анализ значения разряда «Запрос на обслуживание»; если запрос обнаруживается, то выполнение программы обслуживания) производятся для всех портов ввода-вывода, имеющих регистры состояния.

Программа опроса назначает приоритет различным устройствам ввода-вывода. В программе опроса, блок-схема которой представлена на рис. 12.23, сначала всегда проверяется содержимое регистра состояния порта ввода-вывода 01. Затем осуществляется проверка регистров состояния портов 02 и 03. Однако порядок проверки регистров состояния портов можно изменить путем несложной модификации программы. Достаточно лишь изменить номера портов ввода-вывода в командах пересылки содержимого регистра состояния в аккумулятор и скорректировать команды вызова программ обслуживания.

Отметим, что начало работы программы опроса определяется программным путем, т.е. запуск этой программы производится без использования устройств ввода-вывода. Микропроцессор начнет работать по программе опроса тогда, когда при выполнении некоторой управляющей программы ему встретится команда вызова программы опроса. Программы опроса могут быть использованы только для тех устройств ввода-вывода, которые могут находиться в состоянии ожидания обслуживания.

Другой способ запуска программы обслуживания устройства ввода-вывода состоит в подаче и обработке так называемых *запросов на прерывание*, подаваемых устройствами ввода-вывода. Микропроцессоры имеют специальные входы, на которые могут подаваться запросы на прерывание. Существуют некоторые отличия в системах прерываний различных микропроцессоров, однако все они предназначены для достижения единой цели.

Действия микропроцессора после появления запроса на прерывание напоминают аппаратно-реализованный вызов подпрограммы. Появление на входе прерывания запроса на прерывание обуславливает выполнение микропроцессором определенной последовательности действий. Во-первых, микропроцессор завершает выполнение текущей команды. Во-вторых, производится запись в стек содержимого счетчика команд. В-третьих, в счетчик команд загружается содержимое двух определенных областей памяти. Следующая команда выбирается из области памяти, адрес которой определяется содержимым этих областей.

Реакцией на прерывание является последовательность действий, представленных в виде блок-схемы на рис. 12.24. В рассматриваемом примере счетчик команд загружается содержимым областей с адресами FFFB и FFFA. Напомним, что в этой книге мы имеем дело с гипотетическим микропроцессором. В разных микропроцессорах адреса областей памяти, содержимое которых при возникновении прерывания передается в счетчик команд, могут быть различными.

Для выхода из программы обработки прерывания используется, как показано на рис. 12.24, команда возврата. При выполнении команды возврата из стека извлекается старое значение счетчика команд. Благодаря этому может быть продолжено выполнение прерванной программы, начиная с команды, перед реализацией которой произошло прерывание.

Обычно в микропроцессорных системах требуется обеспечивать обработку запросов на прерывание, которые могут поступать от нескольких устройств. При этом микропроцессор должен определять, какому устройству соответствует поступивший запрос на прерывание. Эта задача может быть решена двумя способами. Первый способ реализован в микропроцессорах, имеющих несколько входов для подачи запросов на прерывание. При поступлении запроса на прерывание на определенный вход микропроцессора в счетчик команд загружается содержимое соответствующей этому входу области памяти. В таком случае говорят, что каждое прерывание имеет свой *вектор*. По вектору микропроцессор определяет начальный адрес программы обработки прерывания.

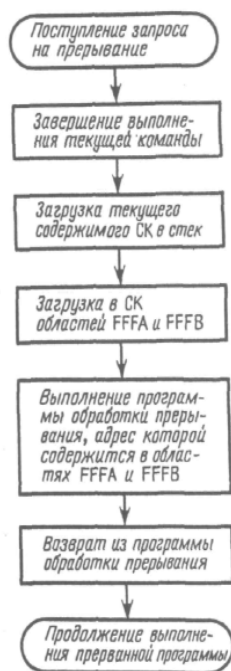


Рис. 12.24. Блок-схема последовательности действий, выполняемых микропроцессором от момента поступления запроса на прерывание до возврата в прерванную программу.

В некоторых микропроцессорных системах используются внешние аппаратные средства, обеспечивающие ввод различных векторов в микропроцессор, имеющий один вход запросов на прерывание. Логический блок, выполняющий подачу векторов, связывается с шиной микропроцессора. На рис. 12.25 изображена схема системы, предназначенной для приема восьми запросов на прерывание с учетом приоритета и ввода в микропроцессор соответствующих векторов. Такая логическая схема приема запросов на прерывание имеет восемь входов (с 10-го по 17-й).

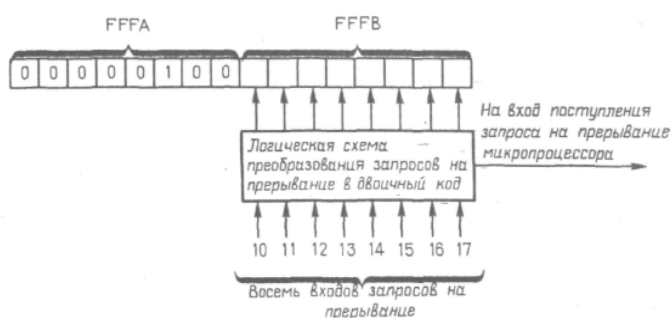


Рис. 12.25. Схема системы приоритетных прерываний с учетом приоритета.

Сигнал «Запрос на прерывание», поступивший на любой из восьми входов рассматриваемой схемы, вызывает выполнение двух действий. Во-первых, логическая схема подает сигнал на вход запроса на прерывание микропроцессора. Во-вторых, в адресуемый регистр микропроцессора будет записано определенное двоичное число. Чтобы прочитать содержимое этого регистра, микропроцессору требуется лишь произвести выборку содержимого области с адресом FFFB.

Когда начинается обработка прерывания, микропроцессор выбирает старший байт вектора из области памяти с адресом FFFA. На рис. 12.25 показано, что первая команда программы обработки прерывания имеет адрес 04XX. Значение XX равно числу, записанному в регистр, к которому микропроцессор может обратиться, как к

области с адресом FFFB. Таким образом, для каждого из восьми входов запроса на прерывание будет формироваться определенный вектор.

На рис. 12.26 представлена таблица векторов (указателей областей памяти), которые могли бы быть сформированы с помощью системы прерываний с учетом приоритета, схема которой представлена на рис. 12.25. Значения соседних векторов (адресов областей памяти) в таблице прерываний, отличаются на 8 байт. Области памяти, указываемые векторами, могут содержать либо короткие 8-байтовые программы обработки прерывания, либо 3-байтовые команды безусловного перехода к некоторой программе обработки прерывания.

Еще один довольно простой способ организации обслуживания прерываний - использование программы опроса, блок-схема которой представлена на рис. 12.23. При возникновении запроса на прерывание запускается программа опроса; запуск программы опроса осуществляется так же, как выполняется команда вызова подпрограммы. Единственное отличие между этим способом использования программы опроса и способом, описанным выше, заключается в том, что запуск программы опроса в данном случае происходит тогда, когда устройство, нуждающееся в обслуживании, подаст сигнал запроса на прерывание. При таком способе запуска программы опроса устройство, подавшее запрос на прерывание, будет обслужено быстрее, чем при обычном способе программного обращения к программе опроса.

FFFA	FFFB	Шестнадцатеричный код	Прерывание
0000 0100	0000 1000	0408	10
0000 0100	0001 0000	0410	11
0000 0100	0001 1000	0418	12
0000 0100	0010 0000	0420	13
0000 0100	0010 1000	0428	14
0000 0100	0011 0000	0430	15
0000 0100	0011 1000	0438	16
0000 0100	0100 0000	0440	17

Рис. 12.26. Таблица векторов, генерируемых системой, представленной на рис. 12.25.

Рассматриваемый здесь гипотетический микропроцессор имеет три входа для подачи запросов на прерывание. Эти входы показаны на схеме, представленной на рис. 12.27.

Запросу на прерывание, подаваемому на вход «Начальная установка», соответствует вектор, расположенный в области памяти с адресами FFFE и FFFF. Прерывание, обусловленное подачей сигнала на вход «Начальная установка», имеет наивысший приоритет. Сигнал начальной установки, или сброса, микропроцессора подается в тех случаях, когда в силу каких-либо причин, например после сбоя, требуется возобновить работу микропроцессора с некоторого начального состояния. Большинство микропроцессоров после включения питания начинают свою работу с выполнения команды «Сброс». Часто при выполнении этой команды управление передается некоторой вспомогательной программе, которая производит пересылку главной программы из внешней памяти в ОЗУ микропроцессора.

Следующий уровень приоритета в микропроцессоре имеет немаскируемое прерывание. Такому прерыванию соответствует вектор, содержащийся в областях памяти с адресами FFFC и FFFD. На третий вход подаются запросы на прерывание, которые могут быть маскированы. Маскируемому прерыванию соответствует вектор,

содержащийся в областях памяти с адресами FFFA и FFFB. Единственное отличие маскируемого прерывания от немаскируемого состоит в том, что в первом случае программист может разрешить или запретить микропроцессору реагировать на маскируемое прерывание. Чтобы маскировать прерывание, программист должен предусмотреть запись значения 1 в разряд «Прерывание» регистра состояния микропроцессора.

Для установки и сброса маски прерывания предусмотрены следующие специальные команды:

СБРОС МАСКИ ПРЕРЫВАНИЯ
CLI 0 → Разряд «Прерывание»

CLI

1 байт, два цикла

УСТАНОВИТЬ МАСКУ ПРЕРЫВАНИЯ
В 1

STI 1 → Разряд «Прерывание»

STI

1 байт, два цикла

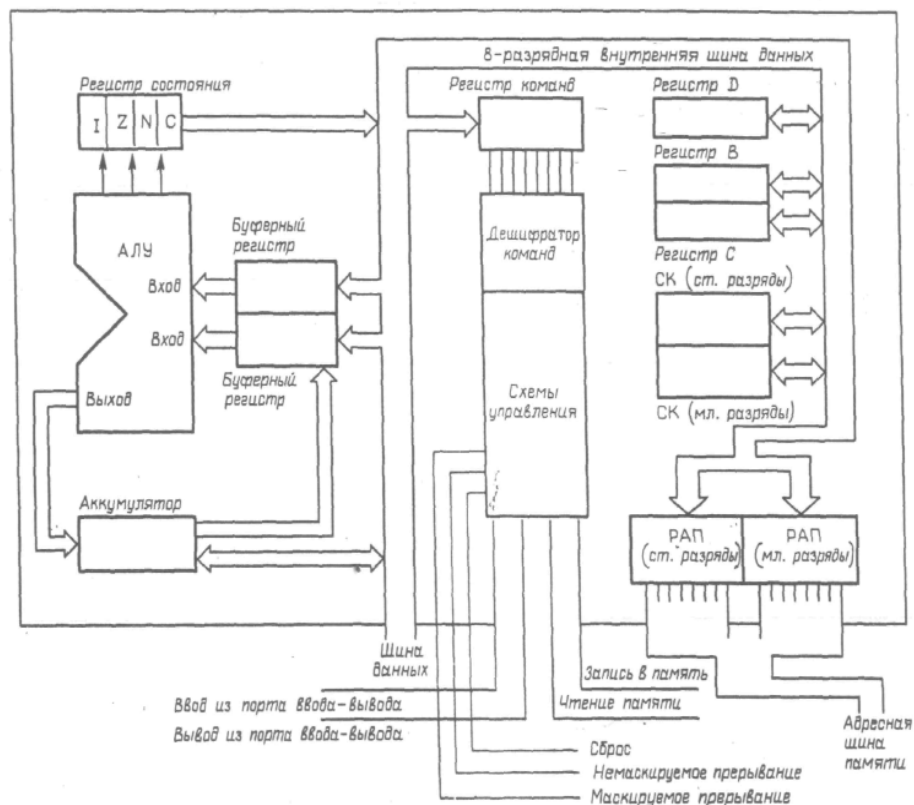


Рис. 12.27. Схема микропроцессора, имеющего три входа для подачи запросов на прерывание.

Если маска прерывания не установлена, т. е. разряд «Прерывание» в регистре состояния микропроцессора имеет значение 0, то при поступлении запросов на прерывание микропроцессор будет реагировать на эти запросы и выполнять обработку прерываний. Если же маска прерывания установлена в 1, т.е. разряд «Прерывание» имеет значение 1, микропроцессор не будет реагировать на сигналы, поступающие на вход маскируемого прерывания.

Часто маску прерывания устанавливает в самом начале своего выполнения программа обработки прерывания. Тем самым предотвращается возможность других прерываний до тех пор, пока не завершится выполнение программы обработки текущего прерывания. Маска прерывания снимается на том этапе выполнения программы обработки прерывания, когда уже могут быть разрешены другие прерывания.

Значение разряда «Прерывание» регистра состояния не оказывает никакого влияния на прием запросов на немаскируемые прерывания и их обработку. При поступлении запроса на немаскируемое прерывание микропроцессор выбирает вектор прерывания непосредственно из областей с адресами FFFC и FFFD.