

Государственный комитет Российской Федерации
по высшему образованию

НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Программируемый контроллер приоритетных прерываний

Методические указания к лабораторной работе №4
по дисциплинам

“Микропроцессоры и микроЭВМ”,

“Цифровые устройства и микропроцессоры” (часть 2)

для студентов специальностей 190300, 200700, 200800, 200900
всех форм обучения

Составил А.Д. Плужников

converted to pdf by Danir
<http://nntu-02-tr1.narod.ru>

Нижний Новгород
1995

ЦЕЛЬ РАБОТЫ И ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ

Целью работы является изучение режимов работы контроллера КР580ВН59, приобретение навыков его программирования и контроля функционирования.

С инструкцией, содержащей требования охраны труда, студенты знакомятся в лаборатории.

Подготовка к работе осуществляется до прихода в лабораторию и включает в себя изучение данных методических указаний и (если студенту этого недостаточно для прояснения изучаемого материала) рекомендованной в них литературы, подготовку ответов на приводимые вопросы для самопроверки, пробное составление программ в соответствии с вариантами заданий.

При составлении программ целесообразно воспользоваться таблицей ассемблерных кодов команд и таблицей их перевода в машинные коды, содержащимися в методических указаниях к лабораторной работе №1.

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНТРОЛЛЕРЕ КР580ВН59

Варианты ввода/вывода данных и назначение изучаемой микросхемы. Известны три основных варианта ввода/вывода (ВВ), т.е. обмена данными между внешними (периферийными) устройствами (ВУ) и микропроцессорной системой, а точнее, такими ее компонентами, как центральный процессор (ЦП) и основная память: 1) программный ВВ; 2) ВВ по прерываниям; 3) прямой доступ к памяти. Последний вариант не рассматриваем, так как он не имеет отношения к изучаемой микросхеме КР580ВН59 (краткое название - ВН59). Она в основном предназначена для ВВ по прерываниям в микропроцессорных системах на базе микропроцессора (МП) КР580ВМ80 (или короче ВМ80), хотя может использоваться и для программного ВВ.

В случае программного ВВ периферийным устройствам отводится пассивная роль сигнализации о своей готовности к обмену данными, т.е. установки битов готовности в так называемых регистрах состояния. Каждый из битов этих регистров устанавливается сигналом от интерфейсного модуля определенного ВУ (модуля, связывающего ВУ с системной магистралью). Все действия по обмену данными осуществляются согласно составляемой программе. При этом ЦП постоянно занят ее выполнением. Указанная программа должна предусматривать следующие основные операции.

1. Инициализация: начальный сброс битов готовности и запись приказов (управляющих слов или, как еще говорят, управляющих данных) в регистры режимов микросхем, обеспечивающих ВВ.

2. Ожидание готовности, т.е. циклически повторяющаяся проверка одного или нескольких регистров состояния. Если содержимое регистра (регистров) ненулевое, т.е. хотя бы одно из ВУ готово к обмену и вызвало установку бита готовности, организуется выход из цикла и переход к указанным ниже операциям.

3. Запись слова (слов) состояния, т.е. содержимого регистра (регистров) состояния во внутренние регистры МП и поочередная проверка битов готовности. Если очередной проверяемый бит готовности оказывается установленным, необходимо вызвать подпрограмму обслуживания соответствующего периферийного устройства.

4. После проверки последнего бита готовности и, если потребуется, обслуживания соответствующего ВУ осуществляется безусловный переход к ожиданию готовности.

Подпрограмма обслуживания ВУ должна заканчиваться сбросом соответствующего бита готовности и командой возврата. Поочередная проверка готовности устройств называется последовательным опросом или полингом. При этом обслуживание ВУ называется обслуживанием по результатам опроса. Очередность

проверки готовности устройств должна соответствовать их приоритетам: готовность устройств с более высоким приоритетом должна проверяться раньше (для более раннего обслуживания устройства). Приоритеты устройств определяются важностью и срочностью их обслуживания.

Преимуществом программного ВВ является простая аппаратная реализация, а недостатком - непроизводительные затраты процессорного времени на ожидание. Во время ожидания ЦП следовало бы загрузить полезными действиями, например, обработкой данных, уже находящихся в основной памяти.

Указанная задача решается при ВВ по прерываниям. Сигналы готовности к обмену данными, формируемые в интерфейсных модулях, в данном случае называются также сигналами запросов прерывания (запросов на обслуживание). Эти сигналы поступают на модуль контроллера прерываний. При появлении хотя бы одного запроса такой модуль формирует управляющий сигнал прерывания, который действует на ЦП и МП. В случае МП ВМ80 это сигнал INT. По указанному сигналу должно произойти следующее: приостановка выполнения так называемой основной программы (уже начатое выполнение какой-либо команды доводится до конца); запоминание состояния МП (запись в стек содержимого используемых внутренних регистров, как минимум программного счетчика); обмен данными с ВУ, обусловившим сигнал запроса, по соответствующей подпрограмме обслуживания (обработки прерывания); возврат к выполнению основной программы.

Вызов подпрограммы обработки прерывания может быть организован по-разному. При использовании микросхемы ВН59 это обеспечивается с помощью трехбайтной команды CALL addr. Она состоит из байта кода операции и двух байтов адреса перехода (addr), т.е. начального адреса вызываемой подпрограммы. При выполнении данной команды текущее содержимое программного счетчика МП (оно при этом называется адресом возврата) запоминается в стеке, а в качестве нового содержимого в счетчик заносится упомянутый адрес перехода. Вызываемая подпрограмма должна заканчиваться командой RET, которая передает адрес возврата из верхушки стека в программный счетчик МП и таким образом обеспечивает продолжение выполнения прерванной основной программы. Команду CALL addr можно использовать в текстах программ и, в частности, подпрограмм. Тогда машинный код команды записывается в основную память и оттуда поступает в ЦП и МП для выполнения. Но для вызова подпрограмм обработки прерываний машинный код этой команды при поступлении запроса от периферийных устройств формируется аппаратно (контроллером прерываний) и по системной шине данных (ШД) передается в ЦП. Поэтому прерывания иногда называют внешними (аппаратными) вызовами подпрограмм.

Такой аппаратный вызов в случае МП ВМ80 и микросхемы ВН59 реализуется за 5 машинных циклов: 3 обращения ЦП к подсистеме ВВ (ПсВВ), а точнее, к контроллеру прерываний для считывания трех байтов команды CALL addr и 2 обращения к основной памяти для передачи в ее область (стек) двух байтов адреса возврата. Первый из этих пяти циклов начинается после поступления на МП сигнала INT от контроллера прерываний и завершения текущей команды (см. выше), причем лишь при условии, что прерывания разрешены (установлен флаг INTE=1). Тогда в первом машинном цикле сбрасывается флаг INTE (последующие прерывания будут запрещены, пока флаг не будет установлен вновь командой EI) и из байта состояния в ЦП формируется L-активный сигнал (импульс) подтверждения прерывания INTA. Действуя на соответствующий вход контроллера прерываний, этот сигнал приводит к передаче по ШД от контроллера к ЦП машинного кода операции CALL. Код поступает в МП и после его дешифрации следуют два машинных цикла для считывания из контроллера в ЦП и МП по шине данных двух байтов адреса перехода (addr). Для этого каждый раз ЦП генерирует сигнал INTA. Далее за два машинных цикла передаются из программного

счетчика в стек два байта адреса возврата, а в программный счетчик из внутренних буферных регистров МП заносится адрес перехода (addr). Последний в дальнейшем выдается на шину адреса (ША), что обеспечивает обращение к той ячейке основной памяти, где записана первая команда определенной подпрограммы обработки прерывания.

Некоторые основные понятия. Начальный адрес (addr) подпрограммы обслуживания ВУ, указанный в аппаратно формируемой команде (CALL addr) вызова подпрограммы, называют вектором. При взаимно однозначном соответствии между векторами и обслуживаемыми ВУ прерывания называют векторными. В этом случае каждому вектору соответствует также определенный вход контроллера прерываний, на который подается сигнал запроса от интерфейсного модуля некоторого ВУ. Причем номер входа определяется приоритетом обслуживаемого с его помощью устройства (хотя приоритетами входов ВН59 можно управлять программно). Если допускается прерывание подпрограммы обслуживания некоторого ВУ на время обслуживания ВУ с более высоким приоритетом, то говорят о вложенных прерываниях. Исключение некоторых ВУ (запросов) из списка обслуживаемых называют маскированием.

Контакты, внутренняя структура и варианты включения микросхемы. Условное обозначение микросхемы ВН59 контроллера приоритетных прерываний (КПП) показано на рис. 1, а сведения о контактах микросхемы сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Контакты микросхемы КР580ВН59

Контакт	Обозначение	Тип	Функциональное назначение
1	\overline{CS}	Вход	Выбор микросхемы
2	\overline{WR}	Вход	Запись информации (вывод из ЦП в ПсВВ; линия $\overline{I/O\overline{W}}$ системной магистрали)
3	\overline{RD}	Вход	Чтение информации (ввод в ЦП из ПсВВ; линия $\overline{I/O\overline{R}}$ системной магистрали)
4 — 11	DB7 — DB0	Входы/Выходы	ШД
12, 13, 15	CAS0 — CAS2	Входы/Выходы	Шина каскадирования
14	GND	—	Общий (корпус)
16	\overline{SP}	Вход	Выбор ведущей микросхемы
17	INT	Выход	Прерывание
18 — 25	IRQ0 — IRQ7	Входы	Запрос прерывания
26	\overline{INTA}	Вход	Подтверждение прерывания от ЦП
27	A0	Вход	Адресный вход выбора внутренних регистров КПП
28	Vcc	—	Напряжение питания +5В

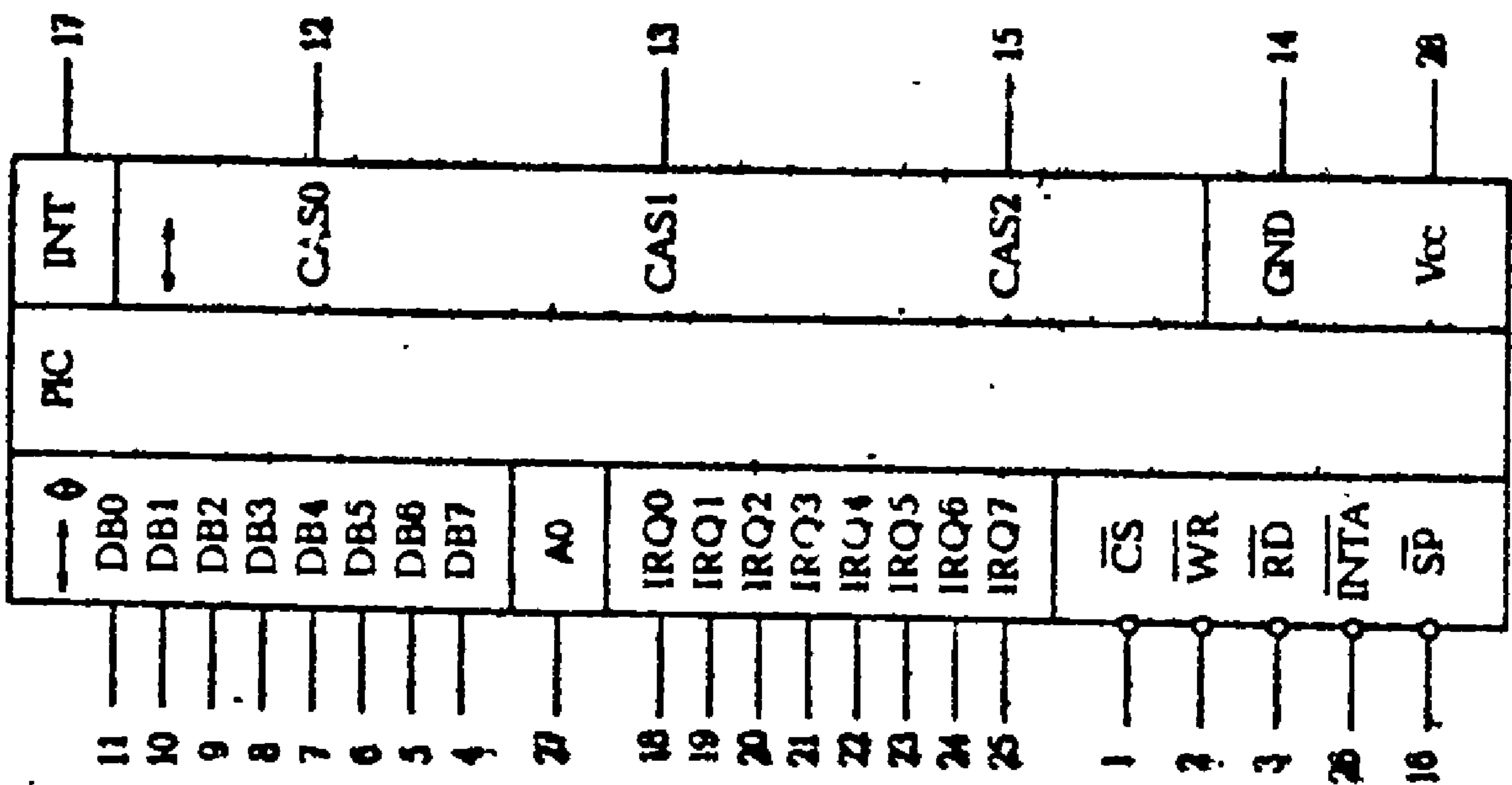


Рис. 1

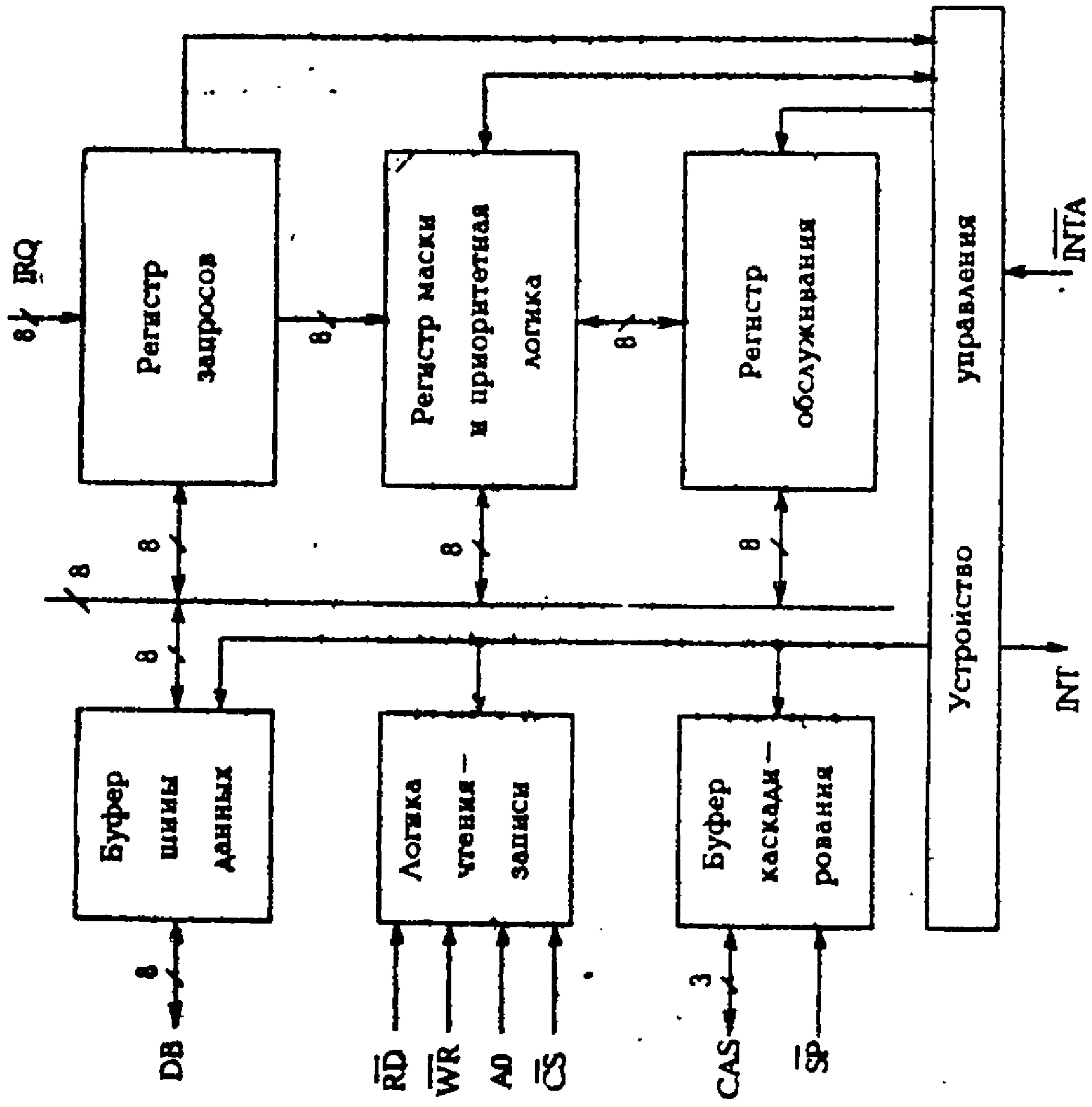


Рис. 2

Внутреннюю структуру рассматриваемой микросхемы иллюстрирует рис. 2. По линиям IRQ_0-IRQ_7 поступают Н-активные сигналы запросов (готовности) от интерфейсных модулей 8-ми периферийных устройств, устанавливая соответствующие биты регистра запросов. Установленный бит регистра сбрасывается, если соответствующий сигнал запроса снимается до поступления от ЦП первого из трех импульсов $INTA$ (см. выше), либо при поступлении второго импульса $INTA$. Этот второй импульс одновременно со сбросом бита регистра запросов приводит к установке соответствующего бита регистра обслуживания. Бит регистра обслуживания в дальнейшем сбрасывается программно одним из вариантов приказа "конец прерывания" (см. ниже), выполняемого в конце подпрограммы обслуживания.

Указанные процессы могут происходить в КПП, если поступает сигнал такого запроса, который не маскирован (установкой соответствующего бита в регистре маски). Кроме того, они возможны лишь в двух случаях: поступающий сигнал запроса либо действует первым при условии разрешения прерывания, либо действует во время обслуживания уже поступившего запроса с более низким приоритетом при условии разрешения вложенных прерываний. Лишь в указанных случаях сигнал запроса, установив бит готовности в регистре запросов, способен пройти через регистр маски и приоритетную логику, связанную с регистром обслуживания, в устройство управления для генерации сигнала INT , в ответ на который из ЦП будут поступать импульсы $INTA$.

С учетом изложенных сведений можно сделать следующие замечания.

1. В регистре запросов установлены биты, соответствующие тем ВУ, которые запросили обслуживание, но пока не обслуживаются.
2. В регистре маски установлены биты, соответствующие маскируемым запросам.
3. В регистре обслуживания устанавливается один (при запрете вложенных прерываний) или несколько (при разрешении вложенных прерываний) битов, соответствующих запросам, которые находятся в процессе обслуживания. Первым в данном регистре будет сбрасываться бит, соответствующий устройству с наиболее высоким приоритетом, так как оно будет обслужено раньше других.
4. После завершения обслуживания некоторого ВУ в его интерфейсном модуле должен сбрасываться сигнал запроса (например, по команде в конце подпрограммы обслуживания). Иначе при фиксированных приоритетах запросов может произойти закливание КПП на обслуживании однажды поступившего запроса с наибольшим приоритетом.

На рис. 1, 2 ШД DB_0-DB_7 или DB , как уже говорилось, служит для передачи в ЦП формируемого контроллером машинного кода команды $CALL\ addr$ с адресом перехода ($addr$), соответствующим устройству, которое должно обслуживаться. Но не только для этого. По ШД при $WR=1/OR=0$ могут поступать от ЦП в КПП различные приказы, предварительно записываемые в аккумулятор МП. При $RD=1/OR=0$ по ней может считываться в аккумулятор МП содержимое регистров КПП (регистра запросов, регистра маски, регистра обслуживания). Для этого соответственно используются команды $OUT\ rop$ и $IN\ rop$, в которых младший из 8-ми битов адреса (rop) определяет сигнал на входе A_0 КПП, а семь старших битов должны сформировать на выходе некоторого дешифратора адреса сигнал $CS=0$ выбора микросхемы. Упомянутый адресный сигнал A_0 совместно с некоторыми битами приказов обеспечивает выбор внутренних регистров КПП для записи и считывания данных.

Модуль контроллера прерываний может содержать как один, так и несколько КПП ВН59. В первом случае сигнал $SP=1$ и входы/выходы CAS не используются. Во втором случае одна из микросхем КПП является так называемой ведущей. Ее контакты CAS используются как выходы и соединяются (как со входами) с контактами CAS остальных (ведомых) КПП. Выход INT ведомого КПП соединяется с соответствующим входом IRQ_i ведущего ($i=0-7$). Т.е. число ведомых

ных КПП не может превышать восьми. Выход INT ведущего КПП (как и при единственном КПП) соединяется с линией INT системной магистрали (с контактом INT МП). Таким образом, использование ведомых КПП приводит к увеличению в модуле контроллера числа входов (может достигать 64), способных принимать сигналы запросов от ВУ. Причем для ведущего КПП $\overline{SP}=1$, а для ведомых $\overline{SP}=0$.

На рис. 3 показаны временные диаграммы, которые иллюстрируют приведенные выше пояснения. Причем нижняя из них соответствует тому случаю, когда $IR(Q_i)$ - сигнал на одном из входов ведущего КПП. Если этот вход не соединен с ведомым КПП (соединен с интерфейсным модулем какого-то ВУ), то младший и старший байты адреса (addr) выдаются на ШД DB ведущим КПП. В противном случае формирование ведущим КПП сигналов на шине каскадирования CAS обеспечит выдачу этих двух байтов соответствующим ведомым КПП.

Возможности использования изучаемого контроллера. Как отмечалось, с помощью КПП ВН59 можно организовать программный ввод/вывод. Реализуемые при этом операции перечислены выше. Укажем только, что в качестве регистров состояния в данном случае могут быть использованы программно доступные регистры запросов микросхем ВН59.

При вводе/выводе по прерываниям командам основной программы, образующим некоторый главный алгоритм, могут предшествовать, например, следующие операции.

1. Запрет прерываний (командой DI), который требуется, так как микропроцессорная система пока не готова к правильной реакции на запросы периферийных устройств.

2. Начальная установка верхушки стека (командой LXI SP,addr), так как он будет использоваться при обслуживании запросов (см. выше).

3. Сброс битов готовности в интерфейсных модулях периферийных устройств, так как при включении напряжения питания эти биты могут принять заранее неизвестные значения.

4. Программирование каждой микросхемы КПП (запись в них рассматриваемых ниже приказов) для выбора режима работы.

5. Дополнительные операции в соответствии с особенностями микропроцессорной системы и решаемой задачи.

6. Разрешение прерываний (командой EI).

Аппаратно вызываемые подпрограммы обработки прерываний могут содержать следующие операции.

1. Передача в стек содержимого внутренних регистров МП, так как они могут использоваться и при выполнении прерванной основной программы и при выполнении подпрограмм обработки.

2. Основная часть подпрограммы (обслуживание определенного ВУ).

3. Сброс соответствующего бита готовности для предотвращения закливания на обслуживании данного ВУ.

4. Извлечение из стека содержимого внутренних регистров МП.

5. Рабочие приказы окончания обслуживания для ведущей микросхемы КПП и для той ведомой, которая приняла сигнал запроса (выше уже упоминался приказ "конец прерывания"; может потребоваться и смена приоритетов ВУ).

6. Возврат в основную программу (командой RET).

Отметим, что для аппаратно вызываемых подпрограмм обслуживания прерываний обычно отводится ограниченная и довольно малая область основной памяти. В случае КПП ВН59 это 4 или 8 байт для каждой подпрограммы. В таких областях, как правило, не удастся разместить разные подпрограммы обслуживания.

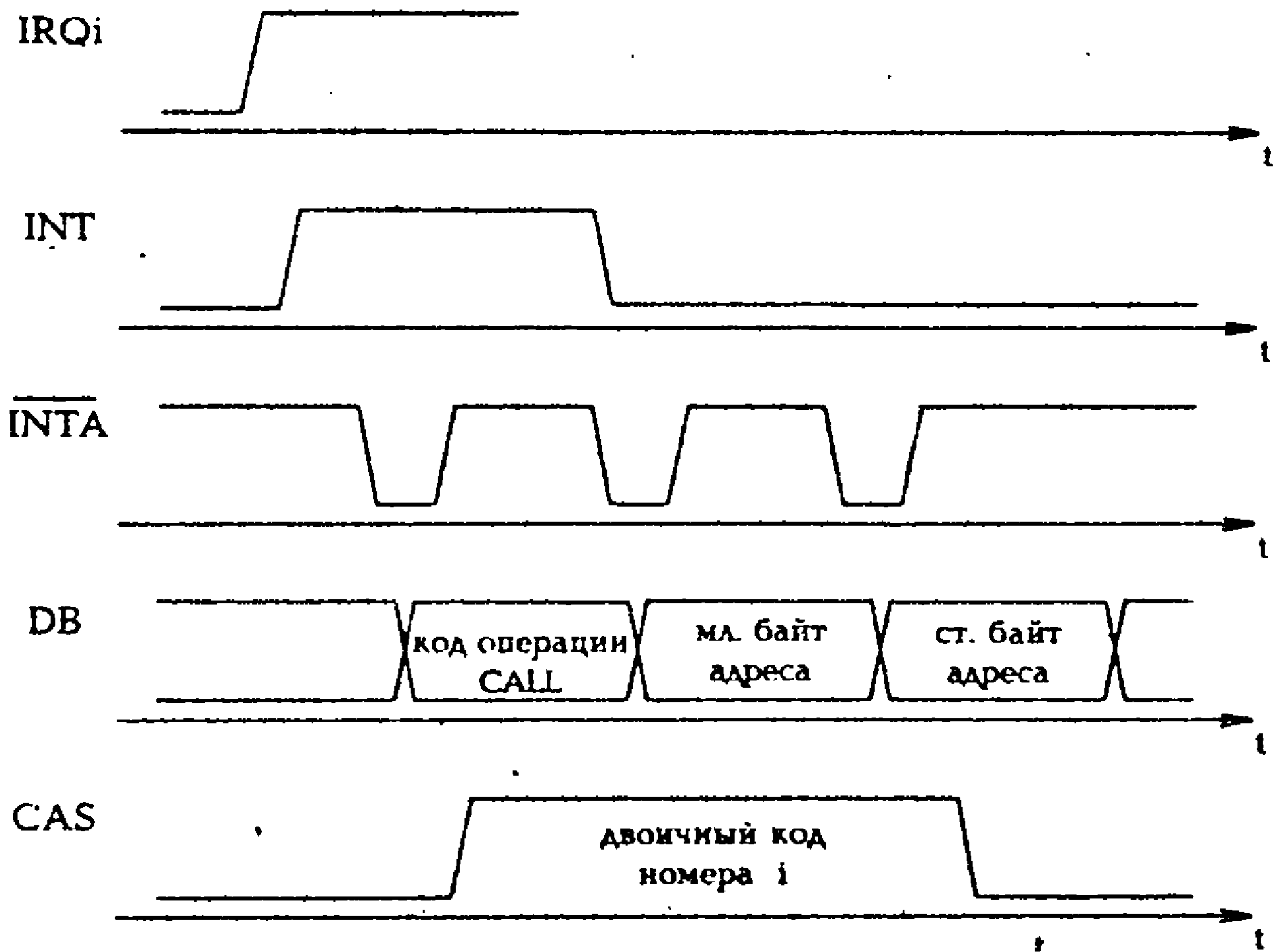


Рис. 3

С учетом этого каждую из подпрограмм целесообразно составить в виде:

CALL ADN

RET

Такая аппаратно вызываемая подпрограмма занимает лишь 4 байта (4 ячейки основной памяти). В ней 3-байтная команда CALL осуществляет программный вызов дополнительной подпрограммы с начальным адресом ADN для обслуживания некоторого (N-го) периферийного устройства. В подпрограмме с таким начальным адресом должны осуществляться перечисленные только что операции, но последняя из них (возврат в основную программу) заменяется возвратом в аппаратно вызываемую подпрограмму, что также реализуется командой RET.

Как говорилось, обслуживание какого-либо ВУ по прерыванию начинается с генерации контроллером сигнала INT, по которому в МП сбрасывается флаг разрешения прерываний INTE. Поэтому подпрограмма обработки прерывания, например, ее основная часть должна содержать команду EI разрешения прерываний, которая внесь установит упомянутый флаг. Если данную команду выполнять где-то в начале подпрограммы, то окажутся разрешенными вложенные прерывания. Если ее выполнять в конце подпрограммы, то вложенные прерывания будут запрещены.

Ввод/вывод по прерываниям с помощью КПП ВН59 допускает также использование полинга (последовательного опроса). При этом могут решаться две задачи:

- произвольная программная установка приоритетов периферийных устройств.
- обслуживание периферийных устройств, количество которых превышает количество входов контроллера прерываний, принимающих сигналы запросов (готовности).

Используемое лабораторное оборудование (см. ниже) позволяет решать лишь первую из указанных задач. При этом в результате запроса обслуживания любого периферийного устройства аппаратно вызывается одна и та же подпрограмма выполнения следующих операций.

1. Передача в стек содержимого внутренних регистров МП.
2. Рабочие приказы для последующего считывания содержимого программно доступных регистров запросов микросхем КПП.
3. Поочередная проверка битов регистров запросов. Если очередной бит оказывается установленным, то необходимо вызвать дополнительную подпрограмму для обслуживания соответствующего периферийного устройства.
4. После проверки последнего бита и возможного обслуживания соответствующего периферийного устройства извлекается из стека содержимое внутренних регистров МП.
5. Разрешение прерываний (командой EI).
6. Возврат в основную программу (командой RET).

Очередность проверки битов устанавливается в соответствии с требуемыми приоритетами обслуживания устройств. Вложенные прерывания при этом невозможны. Упомянутые дополнительные подпрограммы будут содержать следующие операции.

1. Основная часть подпрограммы обслуживания определенного ВУ.
2. Сброс соответствующего бита готовности.
3. Рабочие приказы окончания обслуживания для ведущей микросхемы КПП и для той ведомой, которая приняла сигнал запроса.
4. Возврат в аппаратно вызванную подпрограмму (RET).

В итоге следует обратить внимание на то, что составлению основной программы и подпрограмм должно предшествовать распределение адресного простран-

ства микропроцессорной системы между областями основной памяти, которые должны быть выделены для размещения в них:

- основной программы;
- аппаратно вызываемых подпрограмм;
- дополнительных подпрограмм;
- стека.

Программирование КПП необходимо провести до появления первого запроса на обслуживание ВУ. В противном случае КПП окажется неспособным правильно реагировать на запрос. Программирование осуществляется с помощью записи в каждую микросхему КПП так называемых приказов. Для КПП ВН59 они подразделяются на приказы инициализации ICW1-ICW3 и рабочие приказы OCW1-OCW3. Форматы приказов ICW1-ICW3 и соответствующие значения адресного бита A0 при их записи в КПП представлены на рис. 4 (здесь и далее X - любое двоичное значение). Приказы ICW1, ICW2 и таблица 2 позволяют указать начальные адреса аппаратно вызываемых подпрограмм обслуживания всех запросов, поступающих на данную микросхему КПП. Заметим также, что во время инициализации КПП приказами ICW1-ICW3 сбрасываются схемы фиксации сигналов IRQi (i=0-7), регистры запросов и обслуживания, триггеры специальной маски и считывания состояний регистров (см. ниже), устанавливаются так называемые фиксированные приоритеты запросов: для входа IRQ7 - низший приоритет, а для IRQ0 - высший (для остальных - соответственно промежуточные приоритеты).

Таблица 2. Младший байт начального адреса подпрограмм обслуживания

Запрос (вход)	Объем подпрограммы															
	4 байта							8 байт								
IRQ7	A7	A6	A5	1	1	1	0	0	A7	A6	1	1	1	0	0	0
IRQ6	A7	A6	A5	1	1	0	0	0	A7	A6	1	1	0	0	0	0
IRQ5	A7	A6	A5	1	0	1	0	0	A7	A6	1	0	1	0	0	0
IRQ4	A7	A6	A5	1	0	0	0	0	A7	A6	1	0	0	0	0	0
IRQ3	A7	A6	A5	0	1	1	0	0	A7	A6	0	1	1	0	0	0
IRQ2	A7	A6	A5	0	1	0	0	0	A7	A6	0	1	0	0	0	0
IRQ1	A7	A6	A5	0	0	1	0	0	A7	A6	0	0	1	0	0	0
IRQ0	A7	A6	A5	0	0	0	0	0	A7	A6	0	0	0	0	0	0

На рис. 5 показан формат рабочего приказа OCW1 и соответствующее значение адресного бита A0. Этим приказом устанавливается (при DBi=1) или сбрасывается (при DBi=0) i-й бит регистра маски, соответственно запрещая или разрешая обслуживание запроса IRQi.

Рабочий приказ OCW2 ("конец прерывания"), выполняемый в конце подпрограмм обслуживания, выводится (из аккумулятора МП) по адресу (port) с битом A0=0 и имеет 5 вариантов:

0 0 1 0 0 0 0 0 ("неадресуемый конец прерывания") используется обязательно при вложенных прерываниях и, сохраняя фиксированными приоритеты запросов, сбрасывает в регистре обслуживания тот из установленных битов, который соответствует наиболее высокому приоритету, т.е. обслуженному запросу;

0 1 1 0 0 L2 L1 L0 ("адресуемый конец прерывания") сбрасывает в регистре

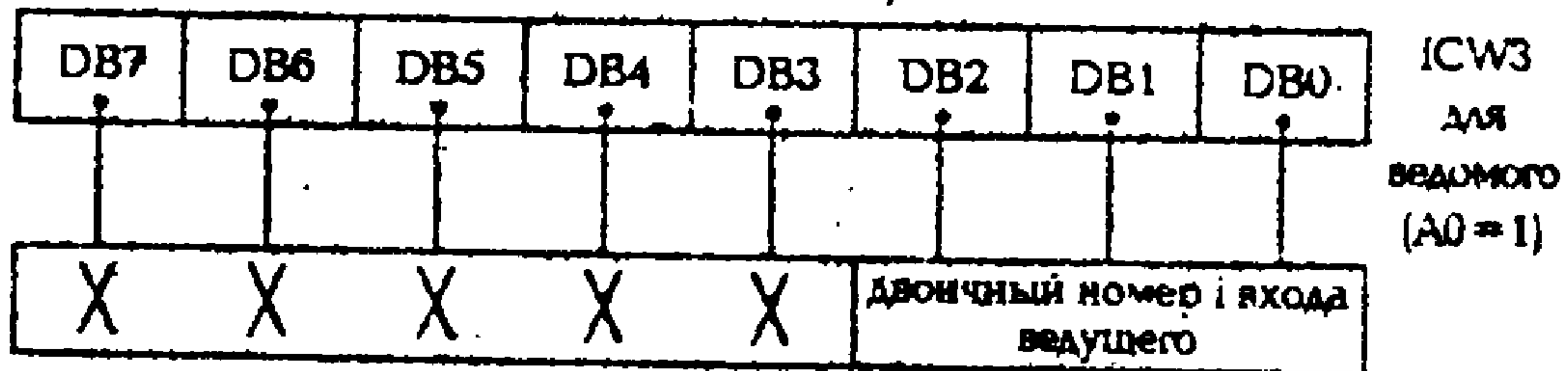
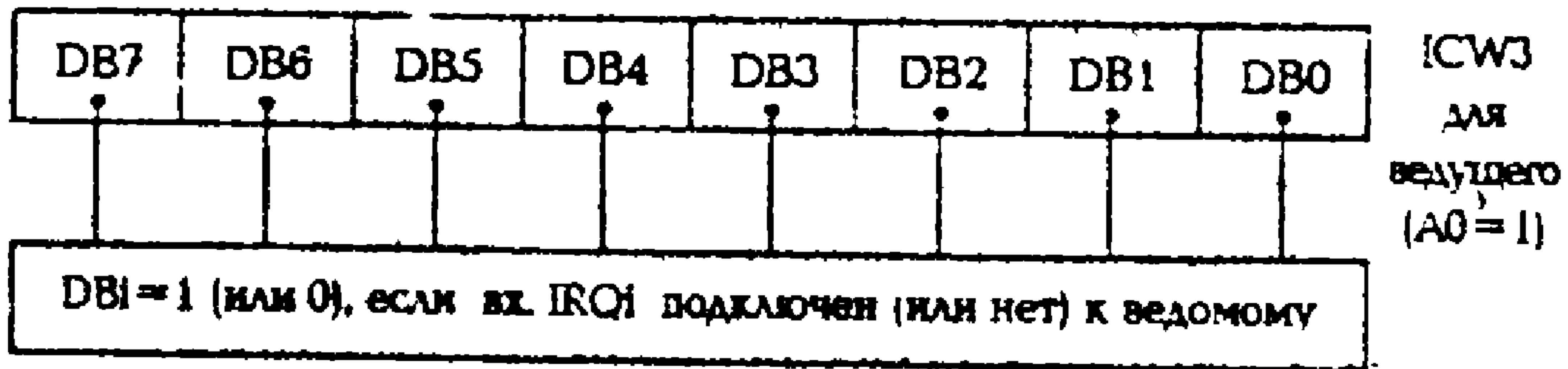
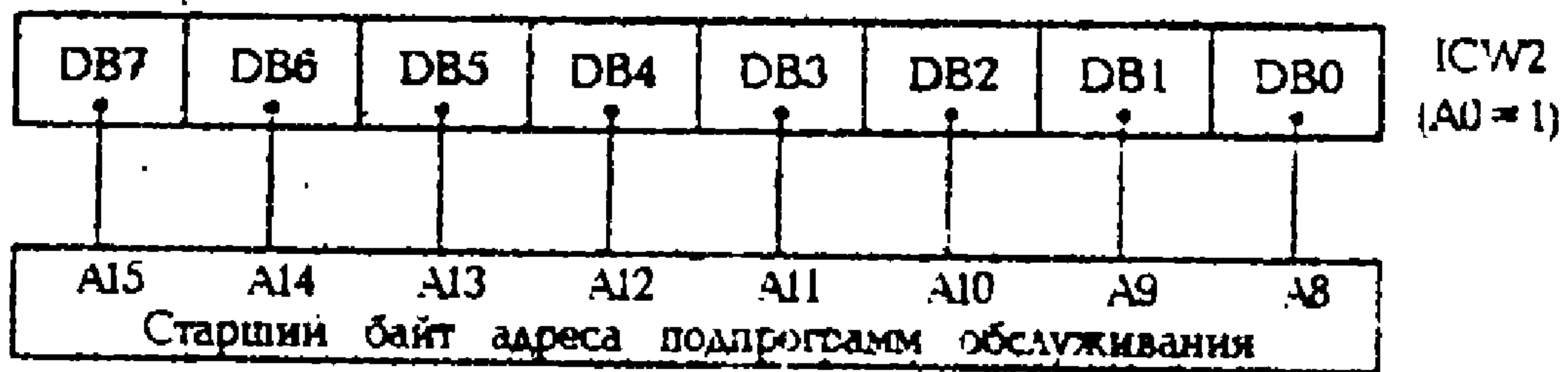
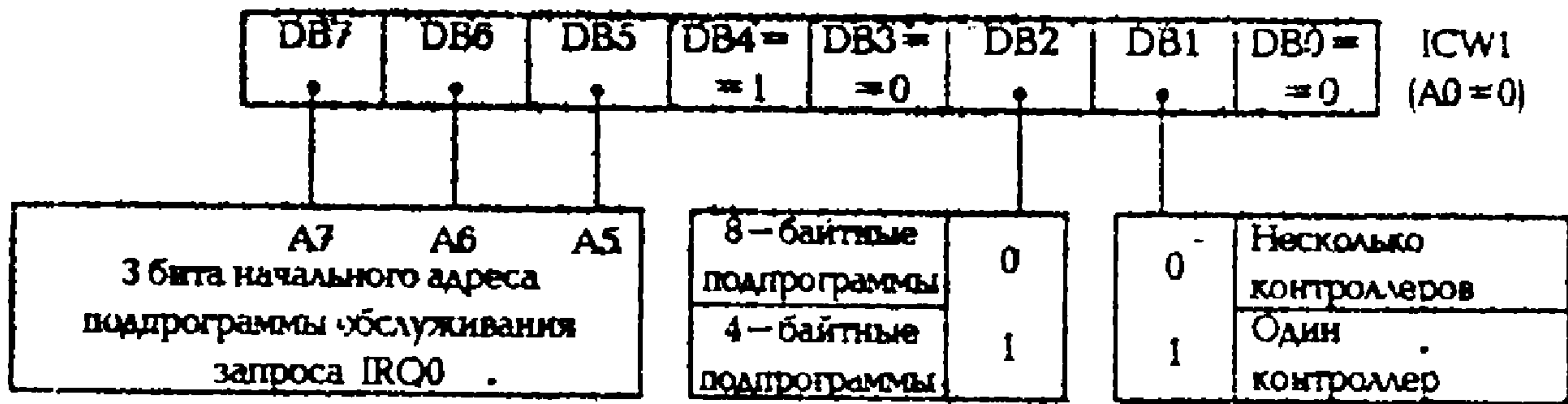


Рис. 4

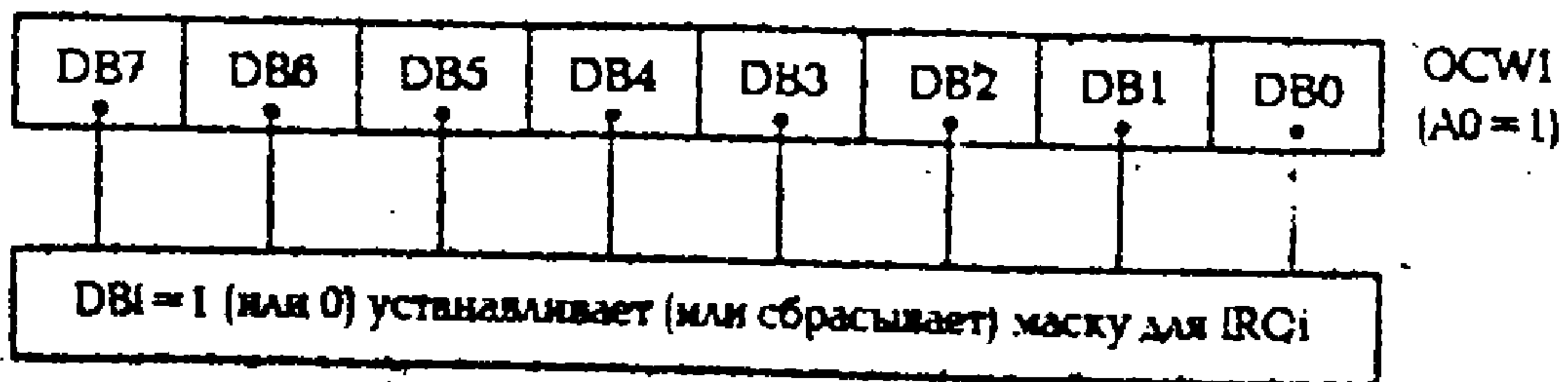


Рис. 5

обслуживания бит с номером, имеющим двоичный код $L2 L1 L0$, сохраняя фиксированными приоритеты запросов;

1 1 0 0 0 $L2 L1 L0$ ("установка приоритетов") назначает низший приоритет запросу RQ_i с номером i , имеющим двоичный код $L2 L1 L0$, и в круговом (циклическом) порядке определяет приоритеты других запросов;

1 0 1 0 0 0 0 0 ("автоцикл") сбрасывает в регистре обслуживания тот из установленных битов, который соответствует наиболее высокому приоритету, и назначает низший приоритет установившему этот бит запросу, определяя в круговом порядке приоритеты других запросов;

1 1 1 0 0 $L2 L1 L0$ ("адресуемый цикл") сбрасывает в регистре обслуживания бит с номером, имеющим двоичный код $L2 L1 L0$, и назначает соответствующему запросу низший приоритет, определяя приоритеты других запросов в круговом порядке.

Рабочий приказ $OCW3$ выводится по адресу ($port$) с битом $A0=0$ и имеет 5 вариантов:

X 1 1 0 1 0 0 0 ("установка режима специальной маски") приостанавливает влияние содержимого регистра маски и назначенных запросам приоритетов так, что все запросы становятся равноправными (тогда не должно быть вложенных прерываний; режим специальной маски автоматически аннулируется при использовании приказов инициализации);

X 1 0 0 1 0 0 0 ("сброс режима специальной маски") восстанавливается влияние содержимого регистра маски и приоритетной логики;

X 0 0 0 1 1 0 0 ("режим опроса") разрешает чтение, т.е. ввод в аккумулятор МП по ШД слова состояния микросхемы, в котором бит $DB7=1$ при ненулевом содержимом регистра запросов (есть хотя бы один запрос), а биты $C32 DB1 DB0$ образуют двоичный код запроса с наибольшим приоритетом (при отсутствии запросов $DB7=0, DB2=1, DB1=1, DB0=1$);

X 0 0 0 1 0 1 1 ("чтение регистра обслуживания") разрешает чтение содержимого регистра обслуживания;

X 0 0 0 1 0 1 0 ("чтение регистра запросов") разрешает чтение содержимого регистра запросов.

После разрешения чтения одним из трех последних приказов (напомним, что они реализуются командой $OUT port$) сама разрешенная операция чтения осуществляется командой $IN port$, в которой 8-битный адрес ($port$) должен иметь младший бит $A0=0$.

Содержимое регистра маски считывается без предварительных приказов при обращении к микросхеме КПП командой $IN port$ с адресом ($port$), содержащим младший бит $A0=1$.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Лабораторный стенд содержит плату УМПК-80/ВМ и модуль контроллера прерываний. Внешний вид модуля показан на рис. 6, а его функциональная схема - на рис. 7. Подключение модуля к системным шинам данных (ШД), адреса (ША) и управления (ШУ) платы УМПК-80/ВМ позволяет программировать содержащиеся в модуле ведущую микросхему КПП1 и ведомую КПП2 с помощью размещенных на указанной плате клавиатуры и дисплея. Кроме того, в процессе выполнения лабораторной работы используются органы управления и светодиодные индикаторы, размещенные на плате и в модуле.

Сигналы запросов в модуле (рис. 7) могут формироваться аппаратно и программно. Для аппаратного формирования запросов служит схема формирования СФ. Она позволяет сформировать запросы либо с помощью кнопки SA1 (обеспечивает действие сигнала запроса лишь в течение времени нажатия кнопки) либо

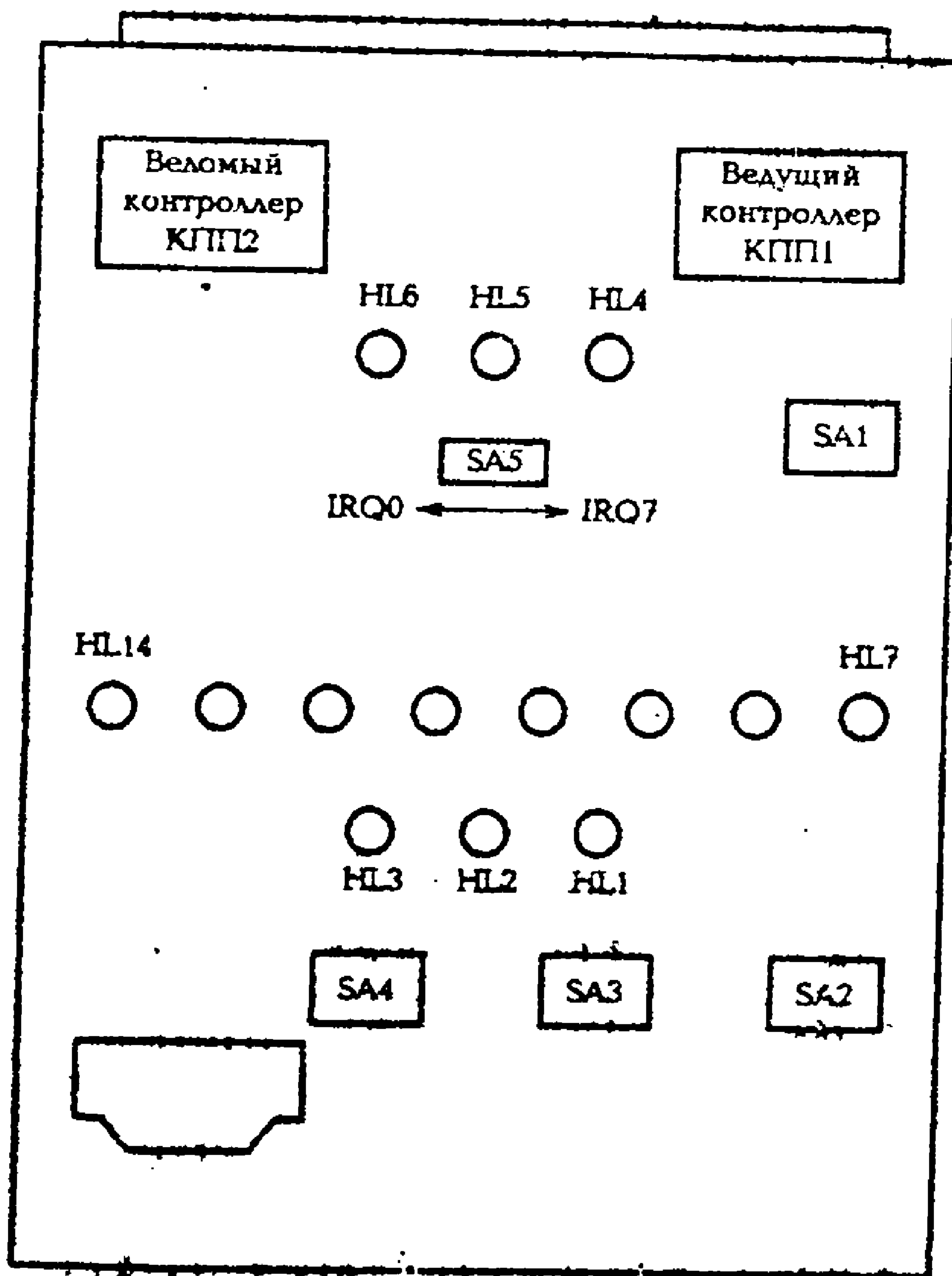


Рис. 6

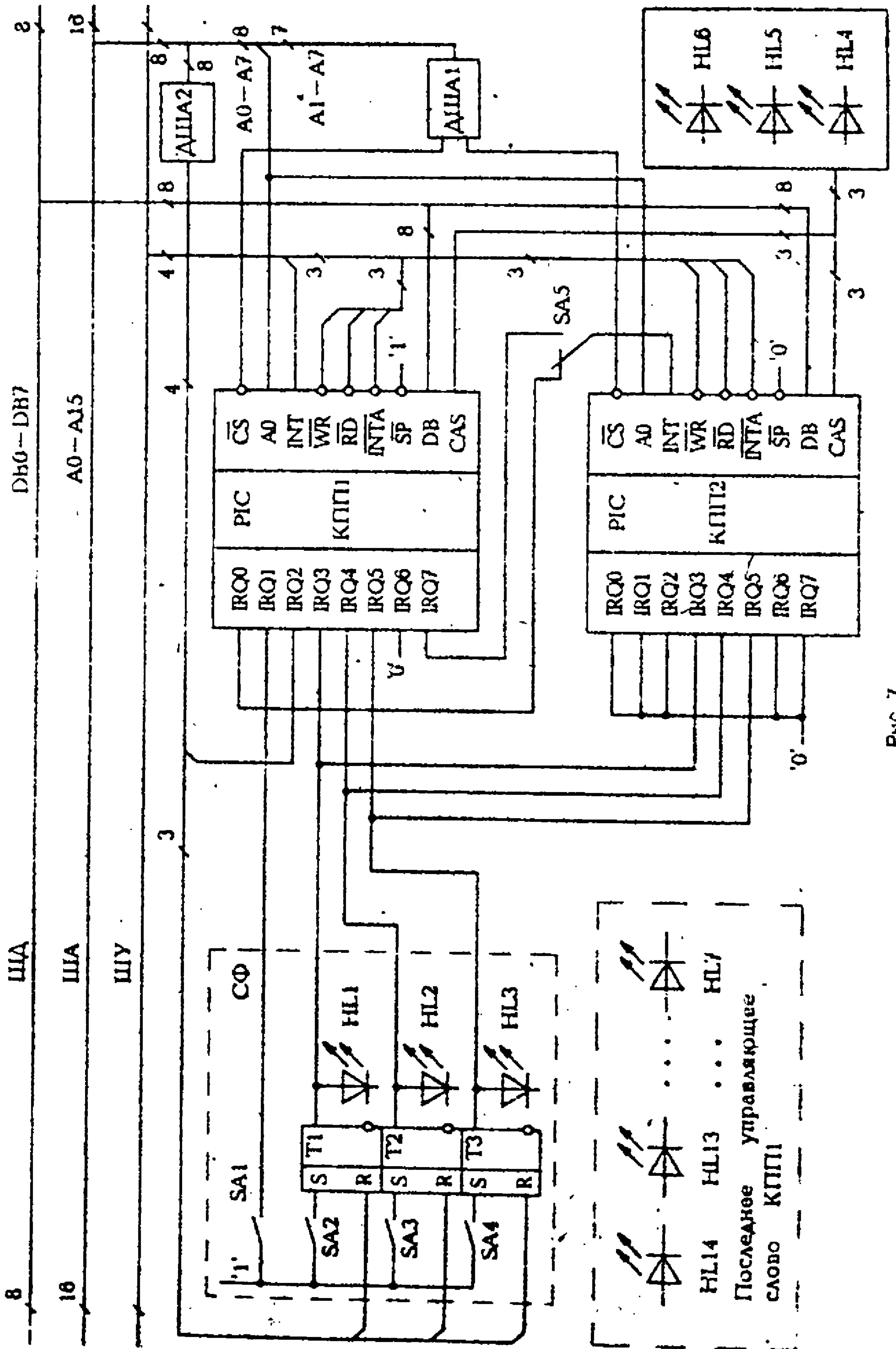


Рис. 7

с помощью триггеров T1, T2, T3 (они имитируют интерфейсные модули ВУ и формируют сигналы запросов, действующие после однократного нажатия кнопок SA2, SA3, SA4 соответственно). Сброс этих триггеров (битов готовности) обеспечивается тремя из четырех выходных сигналов дешифратора адреса ДША2, которые появляются при выполнении команды OUT port: при (port)=B1H сбрасывается T1, при (port)=B2H сбрасывается T2, при (port)=B3H сбрасывается T3.

Программное формирование запроса осуществляется командой OUT addr при (addr)=B0H, когда на четвертом из упомянутых выходов ДША2 появляется сигнал, поступающий на вход IRQ2 КПП1.

ДША1 (рис. 7) обеспечивает выбор микросхемы КПП1 или КПП2:

- чтение/запись из/в КПП1 осуществляется командами IN port/OUT port при (port)=98H или 99H (необходимые в разных случаях значения бита A0 указаны выше);

- чтение/запись из/в КПП2 осуществляется командами IN port/OUT port при (port)=9CH или 9DH.

Светоизлучающие диоды HL14 - HL7 образуют аппаратно управляемый индикатор последнего управляющего слова (приказа), записанного в КПП1 по адресу 99H (т.е. при A0=1).

ЗАДАНИЯ К РАБОТЕ И ПОРЯДОК ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЯ

Варианты заданий:

1. Составить и отладить на лабораторном стенде программу с обслуживанием вложенных прерываний. Запрос IRQ3 КПП1 должен приводить к индикации номера запроса (двоичного кода десятичного числа 3) в выходном регистре на плате УМПК-80/ВМ, программному формированию запроса IRQ2 КПП1 и его индикации, возврату в прерванную подпрограмму обработки запроса IRQ3, повторной индикации номера запроса IRQ3 и возврату в основную программу. Разрешенными запросами считать IRQ1, IRQ2, IRQ3 для КПП1. Приоритеты фиксированные. Проверить влияние IRQ1 на IRQ2, IRQ3 и необходимость достаточно долгого удерживания кнопки SA1.

2. Составить и отладить на лабораторном стенде программу с обработкой прерываний по запросам IRQ4, IRQ5 КПП2. Подпрограммы обработки должны индицировать номер прерывания в выходном регистре на плате УМПК-80/ВМ. Обслуживание запросов должно заканчиваться только после ввода во входной регистр с имитатора на той же плате номера запроса. Характер приоритетов по указанию преподавателя. Проверить, будут ли прерывания вложенными.

3. Составить и отладить на лабораторном стенде программу обслуживания по результатам опроса запросов в следующем порядке: IRQ5 КПП2, IRQ4 КПП1, IRQ5 КПП1, IRQ3 КПП2. Обслуживание должно заключаться в индикации номера запроса и номера соответствующего КПП в выходном регистре на плате УМПК-80/ВМ. Организовать обслуживание по принципу программного ввода/вывода.

4. Выполнить задание по варианту 3, но при организации обслуживания не по принципу программного ввода/вывода, а по принципу использования полинга при вводе-выводе по прерываниям (программной установки приоритетов обслуживания прерываний).

5. Составить и отладить на лабораторном стенде программу с обработкой прерываний по запросам IRQ3 и IRQ5 обоих контроллеров (КПП1 и КПП2) при использовании приказа OCW2 "адресуемый цикл" для сброса того бита в регистре обслуживания, который соответствует обслуженному запросу. При обслуживании запроса индицировать его номер и номер соответствующего КПП в выходном регистре платы УМПК-80/ВМ. Составить зависимость изменения при-

оритетов запросов в процессе их обслуживания.

Рекомендации по составлению и отладке программ. Составлению программ должно предшествовать распределение адресного пространства микропроцессорной системы. Напомним, что ячейки оперативного запоминающего устройства имеют адреса от 0800H до 0FFFH. В связи с особенностями лабораторного стенда, выполняя любой вариант задания (даже тот, который предполагает обслуживание только запросов КПП1), следует запрограммировать обе микросхемы: КПП1 (как ведущий) и КПП2 (как ведомый). Целесообразно маскировать те запросы, обслуживание которых (по прерываниям) не предусмотрено заданием. Главный алгоритм основной программы для простоты можно смоделировать заикливанием выполнения какой-либо несложной команды (например, NOP). При выполнении задания, предполагающего обслуживание программно формируемого сигнала запроса IRQ2 КПП1, нужно иметь в виду отсутствие возможностей непосредственного программного сброса этого сигнала и предусмотреть команды, предотвращающие заикливание программы на обслуживании указанного запроса.

ВНИМАНИЕ! Перед началом работы с лабораторным стендом необходимо осмотреть группу из четырех переключателей над правым краем дисплея на плате УМПК-80/ВМ. Здесь второй переключатель справа должен быть в нижнем положении (лишь в этом случае на вход INT МП могут поступать управляющие сигналы).

Для отладки программ следует выполнять их либо по шагам циклов либо в автономном режиме (в реальном времени), так как лабораторный стенд не допускает выполнение программ по шагам команд при обработке прерываний.

Формирование сигналов запросов кнопками SA1-SA4 можно осуществлять после начала выполнения команд главного алгоритма. При упомянутом выше моделировании этого алгоритма выполнение его команд можно обнаружить, регистрируя циклическое повторение состояния индикаторов ШЛ на плате УМПК-80/ВМ. На той же плате индикатор INTA ШУ позволит заметить реакцию системы на запрос прерывания. Лишь после этого кнопку SA1 можно отпустить, не срывая обслуживание запроса IRQ1 КПП1.

В связи с содержанием вариантов заданий отметим, что входной и выходной регистры на плате УМПК-80/ВМ имеют адрес 05H.

В качестве примера составим основную программу и подпрограммы с обслуживанием запросов IRQ1, IRQ4 и IRQ5 КПП1, а также запроса IRQ3 КПП2 при вложенных прерываниях, фиксированных приоритетах и индикации в выходном регистре номера обслуживаемого запроса, а также номера соответствующего КПП.

Принято: переключатель SA5 соединяет выход INT КПП2 со входом IRQ7 КПП1.

Распределение адресного пространства: ячейки с адресами 0800-08FF для основной программы; 0900-0AEF для аппаратно вызываемых подпрограмм; 0AF0-0EEF для дополнительных подпрограмм обслуживания; 0EF0-0FFE для стека.

Адрес	Машинный код	Ассемблерный код	Комментарий
0800	F3	DI	; Запрет прерываний программы
0801	31	LXI SP,0FFFH	; рования КПП1, КПП2 и системы.
0802	FE		; Начальная установка
0803	0F		; верхушки
0804	D3	OUT BIN	; стека.
0805	B1		; Сброс
			; триггеров

0806	D3	OUT B2H	; схемы
0807	B2		; формирования
0808	D3	OUT B3H	; сигналов
0809	B3		; запросов.
080A	3E	MVI A,14H	; ICW1
080B	14		; (00010100)
080C	D3	OUT 98H	; в I
080D	98		; КПП1.
080E	3E	MVI A,09H	; ICW2
080F	09		; (00001001) •
0810	D3	OUT 99H	; в
0811	99		; КПП1.
0812	3E	MVI A,80H	; ICW3
0813	80		; (10000000)
0814	D3	OUT 99H	; в
0815	99		; КПП1.
0816	3E	MVI A,14H	; ICW1
0817	14		; (00010100)
0818	D3	OUT 9CH	; в
0819	9C		; КПП2.
081A	3E	MVI A,0AH	; ICW2
081B	0A		; (00001010)
081C	D3	OUT 9DH	; в
081D	9D		; КПП2.
081E	3E	MVI A,07H	; ICW3
081F	07		; (00000111)
0820	D3	OUT 9DH	; в
0821	9D		; КПП2.
0822	3E	MVI A,4DH	; OCW1 — маска
0823	4D		; (01001101)
0824	D3	OUT 99H	; в
0825	99		; КПП1.
0826	3E	MVI A,F7H	; OCW1 — маска
0827	F7		; (11110111)
0828	D3	OUT 9DH	; в
0829	9D		; КПП2.
082A	FB	EI	; Разрешение прерываний
			; главного алгоритма.
082B	00	MI: NOP	; Модель
082C	C3	JMP MI	; главного
082D	2B		; algo-
082E	08		; ритма.

; Аппаратно вызываемые подпрограммы

0904	CD	CALL 0AF0H	; По
0905	F0		; запросу
0906	0A		; IRQ1
0907	C9	RET	; КПП1.
0910	CD	CALL 0B10H	; По
0911	10		; запросу

0912	0B		; IRQ4
0913	C9	RET	; КПП1.
0914	CD	CALL 0B30H	; По
0915	30		; запросу
0916	0B		; IRQ5
0917	C9	RET	; КПП1.
0A0C	CD	CALL 0B50H	; По
0A0D	50		; запросу
0A0E	0B		; IRQ3
0A0F	C9	RET	; КПП2.

; Обслуживание IRQ1 КПП1

0AF0	FB	EI	; Разрешение вложенных ; прерываний.
0AF1	3E	MVI A,11H	; Номер запроса 0001
0AF2	11		; и номер КПП 0001
0AF3	D3	OUT 05H	; в выходной
0AF4	05		; регистр.
0AF5	3E	MVI A,20H	; OSW2 "неадресуемый
0AF6	20		; конец прерывания"
0AF7	D3	OUT 98H	; в
0AF8	98		; КПП1.
0AF9	C9	RET	; Возврат по адресу 0907H.

; Обслуживание IRQ4 КПП1

0B10	FB	EI	; Разрешение вложенных ; прерываний.
0B11	3E	MVI A,41H	; Номер запроса 0100.
0B12	41		; и номер КПП 0001
0B13	D3	OUT 05H	; в выходной
0B14	05		; регистр.
0B15	D3	OUT B2H	; Сброс
0B16	B2		; триггера T2.
0B17	3E	MVI A,20H	; OSW2 "неадресуемый
0B18	20		; конец прерывания"
0B19	D3	OUT 98H	; в
0B1A	98		; КПП1.
0B1B	C9	RET	; Возврат по адресу 0913H.

; Обслуживание IRQ5 КПП1

0B30	FB	EI	; Разрешение вложенных ; прерываний.
0B31	3E	MVI A,51H	; Номер запроса 0101
0B32	51		; и номер КПП 0001
0B33	D3	OUT 05H	; в выходной
0B34	05		; регистр.
0B35	D3	OUT B3H	; Сброс
0B36	B3		; триггера T3.
0B37	3E	MVI A,20H	; OSW2 "неадресуемый
0B38	20		; конец прерывания"

0B39	D3	OUT 98H	; в
0B3A	98		; КПП1.
0B3B	C9	RET	; Возврат по адресу 0917H.
: Обслуживание IRQ3 КПП2			
0B50	FB	EI	; Разрешение вложенных ; прерываний.
0B51	3E	MVI A,32H	; Номер запроса 0011
0B52	32		; и номер КПП 0010
0B53	D3	OUT 05H	; в выходной
0B54	05		; регистр.
0B55	D3	OUT B1H	; Сброс
0B56	B1		; триггера T1.
0B57	3E	MVI A,20H	; OCW2 "неадресуемый
0B58	20		; конец прерывания"
0B59	D3	OUT 98H	; в
0B5A	98		; КПП1
0B5B	D3	OUT 9CH	; и в
0B5C	9C		; КПП2.
0B5D	C9	RET	; Возврат по адресу 0A0FH.

УКАЗАНИЯ К СОСТАВЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Точную формулировку задания.
2. Составленные программы и подпрограммы (в ассемблерных и машинных кодах).
3. Описание действий с лабораторным стендом.
4. Выводы по работе.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

1. Откуда поступает в микропроцессор машинный код команды вызова подпрограммы обслуживания периферийного устройства в случае программного ввода/вывода и в случае ввода/вывода по прерываниям?
2. Как изменяется содержимое внутренних регистров микропроцессора и внешних регистров при выполнении команд CALL addr, RET?
3. Какова реакция микропроцессора на сигнал INT и на код операции CALL?
4. Как разрешить и запретить вложенные прерывания (не запрещая прерывания вообще)?
5. Какие процессы должны произойти в микропроцессорной системе при нажатии кнопки SA1 (рис. 7), чтобы отпущение этой кнопки не сорвало обслуживание прерывания IRQ1 КПП1? Как определить момент завершения этих процессов при работе с лабораторным стендом?
6. Как предотвратить закликивание системы на обслуживание несбрасываемого запроса IRQ2 КПП1?
7. Почему для обращения к КПП1 (как и для обращения к КПП2) используются два адреса?
8. Команда OUT port выводит содержимое аккумулятора микропроцессора для передачи по ШД в подсистему ввода/вывода. Каково влияние этого содержимого при использовании указанной команды для сброса триггеров T1-T3 или для формирования запроса IRQ2 КПП1?