

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

А. Т. Пешков, А. С. Кобайло

ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА

*Рекомендовано УМО вузов Республики Беларусь
по образованию в области информатики и радиоэлектроники
в качестве учебно-методического пособия для студентов учреждений,
обеспечивающих получение высшего образования по специальности
«Программное обеспечение информационных технологий»*

Минск БГУИР 2010

УДК 004.35(075.8)
ББК 32.973.26-04я73
ПЗ1

Р е ц е н з е н т ы:
заведующий кафедрой информатики Белгосуниверситета,
профессор С. Г. Мулярчик;

профессор кафедры информационных технологий учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого»,
доктор технических наук, доцент И. А. Мурашко

Пешков, А. Т.

ПЗ1 Периферийные устройства : учеб.-метод. пособие / А. Т. Пешков,
А. С. Кобайло. – Минск : БГУИР, 2010. – 103 с. : ил.
ISBN 978-985-488-453-0.

Излагается материал, связанный с принципами построения периферийных устройств и организацией средств, обеспечивающих взаимодействие процессора с этими устройствами.

УДК 004.35(075.8)
ББК 32.973.26-04я73

ISBN 978-985-488-453-0

© Пешков А. Т., Кобайло А. С., 2010
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиозлектроники», 2010

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПЕРИФЕРИЙНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ	8
1.1. Структура компьютера первого поколения	8
1.2. Режим разделения времени процессора.	9
1.3. Выполнение операции ввода – вывода на ПУ.....	12
1.4. Функции процессора при работе с ПУ	14
1.5. Структура современного компьютера.....	16
1.6. Унифицированный интерфейс ввода – вывода.....	17
2. СИСТЕМЫ СВЯЗИ С ПЕРИФЕРИЙНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ.....	21
2.1. Интерфейс ISA8	22
2.2. Контроллер прямого доступа.....	23
2.3. Таймер	27
2.4. Контроллер прерываний.....	29
2.5. Интерфейс ISA16	30
2.6. Интерфейс EISA.....	32
2.7. Интерфейс PCI	34
2.8. Интерфейс JTAG.....	40
2.9. Интерфейс USB.....	42
3. ВИДЕОТЕРМИНАЛЫ	47
3.1. Типы мониторов	47
3.2. Блок развертки.....	51
3.3. Алфавитно-цифровой режим видеотерминала	54
3.4. Графический режим работы видеотерминала.....	59
4. УСТРОЙСТВА ОПЕРАТИВНОГО ВВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ	64
4.1. Акустические устройства.....	64
4.2. Электромагнитные устройства	66
4.3. Оптические устройства	66
4.4. УОВГИ типа мышь.....	68
5. ПЕЧАТАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА	69
5.1. Знакосинтезирующие печатающие устройства	70
5.2. Устройства печати безударного принципа.....	72
6. УСТРОЙСТВА ВЫВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	75

7. УСТРОЙСТВА ВВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ.....	77
8. ВНЕШНИЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА.....	79
8.1. Внешние запоминающие устройства на магнитных носителях	79
8.1.1. Магнитные носители информации	79
8.1.2. Магнитные головки	81
8.1.3. Способы записи информации на магнитные носители	83
8.1.4. Способы установки магнитных головок	89
8.1.5. Накопители на магнитной ленте.....	90
8.1.6. Накопители на магнитных дисках	92
8.2. Накопители на оптических носителях	95
8.2.1. Типы НОД.....	95
8.2.2. Оптический носитель	96
8.2.3. Технология изготовления НОД.....	96
8.2.4. Оптико-магнитные запоминающие устройства	98
8.2.5. Сервосистемы НОД.....	99
ЛИТЕРАТУРА.....	102

Библиотека БГУИР

ВВЕДЕНИЕ

В упрощенном варианте компьютер можно представить в виде структуры, приведенной на рис. В.1. Центральная обрабатывающая часть (ЦОЧ) выполняет основные действия, предусматриваемые в реализуемой программе. Периферийные устройства (ПУ) осуществляют связь ЦОЧ, включающей процессор и оперативную память, с внешним миром, в частности с пользователем и другими источниками и приёмниками информации.

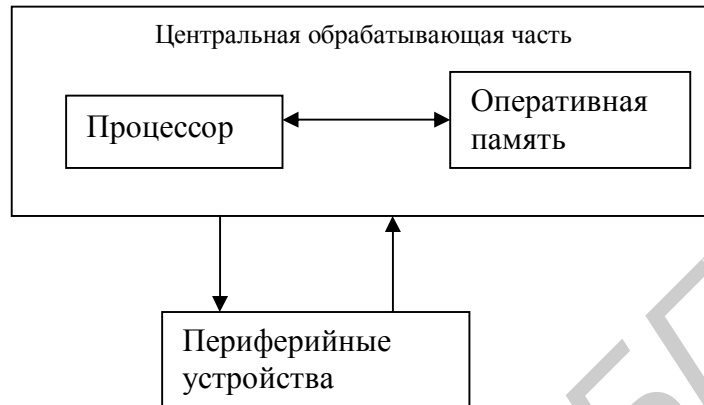


Рис. В.1

Периферийные устройства и средства их связи с центральной обрабатывающей частью составляют большую долю всего оборудования ЭВМ.

Повсеместное использование компьютера в науке, технике и повседневной жизни в значительной степени обуславливается тем, что современные ПУ обеспечивают не только высокоскоростную связь компьютера с внешним миром, но и позволяют использовать представление информации в удобной для пользователя форме.

Все множество ПУ можно классифицировать по выполняемым функциям:

- устройства ввода информации;
- устройства вывода информации;
- модемы;
- внешние запоминающие устройства.

Модемы представляют собой средства, обеспечивающие взаимодействие пользователя с удаленными источниками и приемниками информации, в качестве которых могут выступать другие компьютеры, расположенные на значительных расстояниях. Название эти средства получили от функций «модуляция – демодуляция», выполняемых при согласовании источников – приемников цифровой информации с аналоговыми линиями дистанционной связи. Современные модемы помимо функции «модуляция – демодуляция» выполняют и другие функции, например, управление дистанционными линиями связи, кодирование и сжатие информации, контроль, диагностику.

Введение в структуру компьютера внешних запоминающих устройств (ВЗУ) при наличии в компьютере оперативной памяти (ОП) обуславливается

тем, что стоимость хранения единицы информации в ВЗУ, как правило, на два порядка ниже, чем в оперативной памяти. Это позволяет создать при применении помимо ОП внешних запоминающих устройств общую память огромного размера, обеспечить который при использовании только оперативной памяти нерационально, если вообще возможно. Кроме того, ВЗУ энергонезависимы, чего нельзя сказать в общем случае об ОП.

Недостатком ВЗУ является то, что время доступа к информации в этих устройствах намного больше, чем в случае ОП. Поэтому обмен информацией между ОП и ВЗУ осуществляется блоками, которые, как правило, имеют достаточно большую длину. Это делает обмен информацией для ВЗУ очень похожим на обмен с устройствами ввода – вывода, что позволяет ВЗУ отнести к классу периферийных устройств.

По используемому носителю и форме представления информации периферийные устройства можно классифицировать следующим образом.

Печатающие устройства

Эти устройства позволяют фиксировать выводимую информацию на бумажный носитель в виде контуров символов. Таким образом эти устройства обеспечивают переход от кодированной формы представления знака к его геометрической форме (литере).

Устройства характеризуются следующими параметрами:

- набор символов (количество знаков в алфавите);
- сменность алфавита;
- формат отображаемых знаков;
- скорость работы (количество знаков, печатаемых в секунду, или количество строк, печатаемых в минуту);
- цветность;
- качество отображения контуров знаков;
- формат носителя;
- количество формируемых копий;
- экологичность.

Видеотерминалы

Устройства выполняют фактически ту же функцию, что и печатающие устройства, но отображают выводимые символы не на «жесткий» носитель (бумагу), а на поверхность электронного экрана. Устройства характеризуются следующими параметрами:

- набор символов (количество знаков в алфавите);
- сменность алфавита;
- формат отображаемых знаков;
- цветность;
- размер экрана;
- качество отображения символов;
- разрешающая способность;
- экологичность.

Устройства ввода – вывода графической информации

Устройства обеспечивают ввод или вывод на «твердый» носитель (бумага, пленка и т. д.) информации в графической форме (схемы, чертежи, диаграммы, картины и т. п.), которая в некоторых случаях является для пользователя очень наглядной и компактной формой представления информации.

Устройства характеризуются следующими параметрами:

- скорость работы (количество документов, обрабатываемых в минуту или длина обрабатываемой линии в секунду);
- разрешающая способность;
- формат носителя;
- цветность.

Устройства автоматического чтения документов

Устройства обеспечивают считывание специальных видов графической информации (контуров символов, различных графических меток и т. п.) и их кодирование (распознавание).

Устройства характеризуются следующими параметрами:

- вид шрифтов (рукописные или печатные);
- набор распознаваемых знаков;
- скорость работы, измеряемая количеством знаков, прочитанных в секунду, или количеством документов, обработанных в час;
- вероятность порчи документа;
- вероятность ошибки при чтении;
- вероятность отказа от распознавания.

Устройства широко используются для обработки большого количества документов с символьной информацией, что имеет место в банковских системах (автоматический ввод информации с чеков), при обработке данных по переписи населения, результатов тестирования и т. д.

Устройства ввода – вывода речевой информации

Устройство синтезируют речевую информацию при выводе и распознают речевую информацию при вводе. Устройства характеризуются следующими параметрами:

- качество формируемой аудиоинформации;
- объём используемого словаря;
- вероятность ошибки при распознавании;
- вероятность отказа от распознавания.

Внешние запоминающие устройства на магнитных носителях

В качестве носителя информации здесь используются магнитные носители. Запись информации осуществляется за счет создания соответствующего магнитного рельефа на носителе. При считывании осуществляется восприятие магнитного поля около поверхности носителя и распознавание информации.

Устройства характеризуются следующими параметрами:

- информационная емкость;

- время доступа к информации;
- скорость записи и считывания.

Внешние запоминающие устройства на оптических носителях

В качестве носителя информации здесь используются оптические носители. Запись информации осуществляется за счет создания оптического рельефа на носителе. При считывании осуществляется восприятие оптического рельефа на носителе и распознавание информации.

Устройства характеризуются следующими параметрами:

- информационная емкость;
- время доступа к информации;
- скорость записи и считывания.

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПЕРИФЕРИЙНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

1.1. Структура компьютера первого поколения

Разработка оптимальной системы взаимодействия процессора с периферийными устройствами всегда занимала особое место при разработке компьютера, в том числе и компьютеров первых поколений.

Структура компьютера первого поколения сравнительно проста (рис. 1.1).

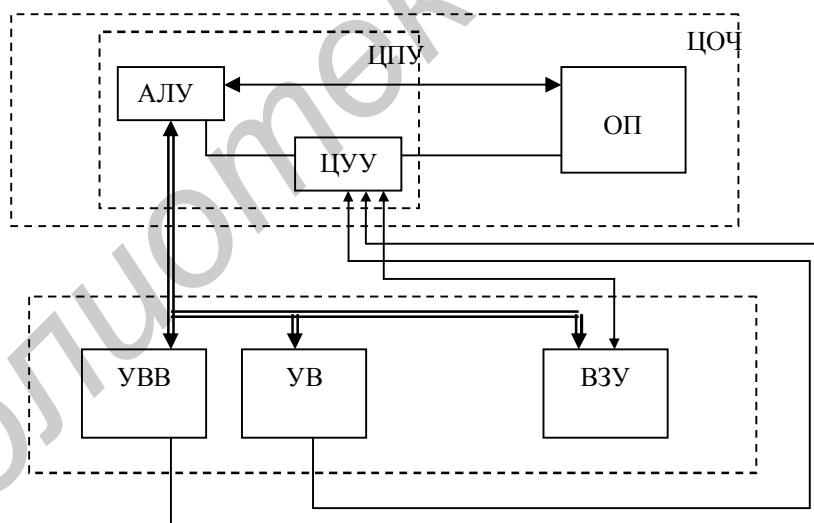


Рис. 1.1

На рис. 1.1 приняты следующие обозначения:

- ЦОЧ – центральная обрабатывающая часть;
- АЛУ – арифметико-логическое устройство;
- ЦУУ – центральное устройство управления;
- УВВ – устройство ввода информации;
- УВ – устройство вывода информации;
- ВЗУ – внешние запоминающие устройства.

В данной структуре ЦУУ включает отдельные компоненты для управления каждым ПУ с учетом их специфики, а ресурсы АЛУ используются при выполнении всех действий в компьютере, что предполагает чисто последовательное выполнение всех операций. Структура сравнительно простая, а следовательно, надежна. Однако она обладает рядом недостатков: большие затраты времени на решение задач и сложность изменения комплекта периферийного оборудования.

В настоящее время такая структура не используется. Основные причины: невозможность обеспечения параллельной обработки информации и сложность изменения конфигурации подключенных периферийных устройств.

Одним из основных средств, используемых для организации параллельной обработки в компьютере, является режим разделения времени процессора.

1.2. Режим разделения времени процессора

Режим разделения времени предполагает такое использование процессора, при котором в течение определенного периода времени на отдельных квантах времени ресурс процессора выделяется для поддержки нескольких процессов, одновременно выполняемых в компьютере (рис. 1.2).

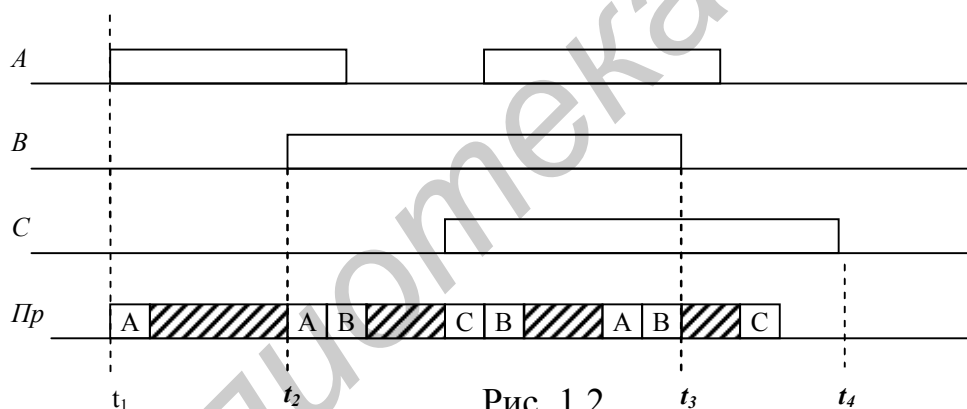


Рис. 1.2

На рис. 1.2 представлена ситуация, когда в компьютере в период времени от t_1 до t_4 протекают процессы A , B , C и фоновая обработка в процессоре (Пр).

Процессы A , B , C выполняются в общем случае автономно, независимо от процессора, и лишь в отдельные моменты времени для их продолжения требуется ресурс процессора.

На временной оси состояния процессора прописными буквами помечено, какому процессу выделяется данный квант времени работы процессора. На заштрихованных участках процессор выполняет фоновую обработку.

На приведенной временной диаграмме (см. рис. 1.2) происходит переключение процессора на процесс A , фоновую обработку, снова на процесс A , затем на процесс B , фоновую обработку и т. д.

Примером процессов A , B , C могут быть некоторые операции, выполняемые на ПУ (ввод, вывод, запись или чтение из ВЗУ).

Таким образом осуществляется обслуживание одним процессором нескольких одновременно выполняемым в ЭВМ процессов. Переключение процессора с одного процесса на другой осуществляется за счет реализации некоторой дисциплины обслуживания.

Используются следующие дисциплины обслуживания.

Циклический опрос периферийных устройств

При этой дисциплине процессор отыскивает ПУ, нуждающееся в обслуживании, за счет периодического (с периодом T) прерывания текущей обработки информации и опроса всех обслуживаемых ПУ (рис. 1.3). При обнаружении ПУ, нуждающегося в ресурсе процессора, последний запускает программу его обслуживания. Порядок опроса определяется приоритетностью периферийных устройств.

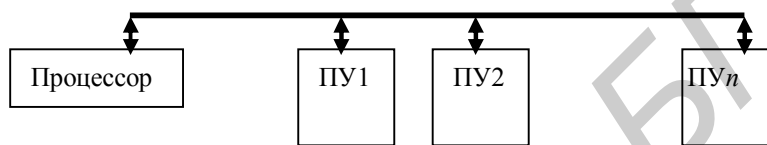


Рис. 1.3

При реализации данной дисциплины не требуется специальных линий связи процессора с ПУ. Данная дисциплина предполагает максимальную задержку начала обслуживания ПУ, равную T . Кроме того, ей свойственно неэффективное использование мощности процессора, так как каждый раз через интервал времени T процессор, независимо от того нуждаются подключенные ПУ в его ресурсе или нет, затрачивает свой ресурс на опрос обслуживаемых им ПУ.

Дисциплина с использованием специальных линий запросов

Каждое ПУ имеет выделенную только ему линию запроса, на которой оно вырабатывает сигнал запроса на обслуживание (рис.1.4).

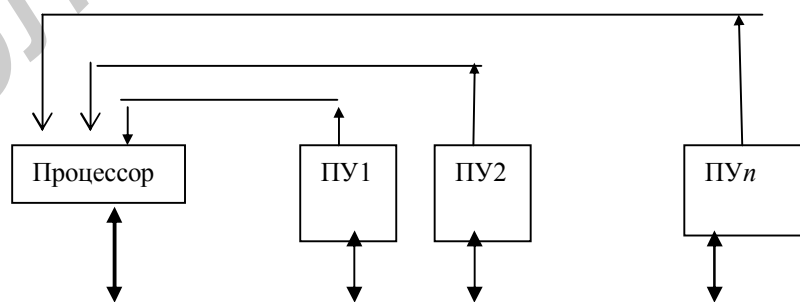


Рис. 1.4

Каждой линии присваивается свой уровень приоритета. Если одновременно приходит запрос от нескольких устройств, то процессор начинает обслуживание ПУ, подключенного к линии с максимальным приоритетом. В данном случае количество обслуживаемых ПУ определяется

количеством специальных линий. Задержка в обслуживании здесь минимальная.

Дисциплина с использованием запроса и последовательным опросом

Здесь используется единая линия запроса для всех ПУ (рис. 1.5). Если в ПУ возникает необходимость в ресурсе процессора, оно вырабатывает запрос на обслуживание. Процессор, получив запрос на обслуживание, ищет ПУ, запрашивающее обслуживание, опрашивая ПУ, последовательно с использованием заданного приоритета.

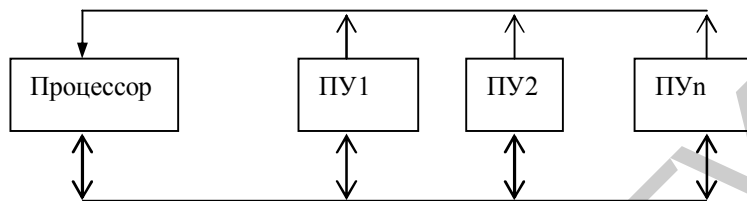


Рис. 1.5

Дисциплина предполагает использование одной специальной линии. Максимальная задержка обслуживания запроса определяется временем опроса состояния всех ПУ.

Дисциплина с использованием запроса и разрешения прерывания (рис. 1.6).

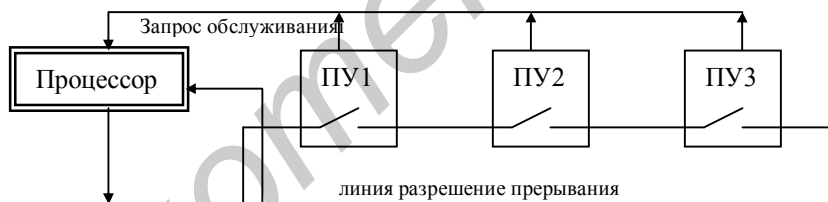


Рис. 1.6

Если на единой линии запроса появляется сигнал, процессор вырабатывает сигнал на линии разрешения передачи запроса. ПУ, запрашивающее ресурс процессора и получившее сигнал разрешения прерывания (РП), передает в процессор информацию о своем запросе на ресурс. ПУ, запрашивающее ресурс, размыкает свой переключатель, через который проходит линия РП.

Приоритеты ПУ определяются последовательностью прохождения через их переключатели линии РП. Максимальное запаздывание обслуживания в этой дисциплине определяется временем достижения сигнала РП последнего ПУ. В данном случае требуется две специальных линии связи ПУ с процессором.

1.3. Выполнение операции ввода – вывода на ПУ

Действия, выполняемые при организации операции ввода – вывода на ПУ, представлены на рис. 1.7.

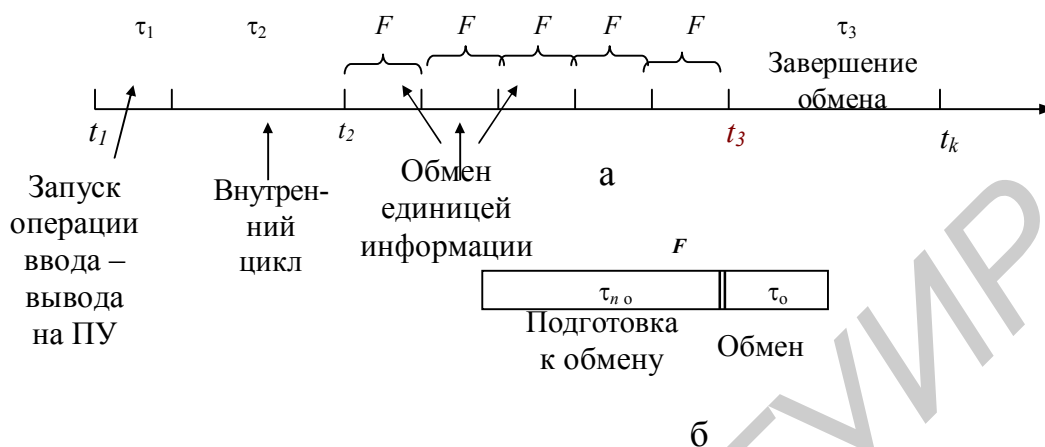


Рис. 1.7

В момент t_1 процессор выполняет действия по запуску операции ввода-вывода на ПУ, которые занимают интервал времени τ_1 .

В течение времени τ_2 ПУ обрабатывает свой внутренний цикл, готовясь к обмену данными (запуск двигателя, поиск нужной локации и т. п.).

Начиная с момента t_2 ПУ готово к началу обмена.

Интервалы F соответствуют циклам обмена отдельными единицами информации (одним, двумя и т. д. байтами).

Интервал τ_3 соответствует времени, затрачиваемому на завершение выполнения операции ввода – вывода (обращение к ПУ, снятие информации об окончании обмена, определение, всеми ли данными устройство обменялось с процессором, возникли ли в ПУ какие-либо особые ситуации, в том числе и сбои, и т. д.).

В моменты t_1 , t_2 , t_3 необходимо прервать работу процессор над текущей обработкой информации и предоставить его ресурс соответствующему ПУ.

Кроме этого, предоставление ресурса процессора периферийному устройству может оказаться необходимым в случае возникновения при выполнении текущей операции ввода – вывода особых ситуаций в ПУ, например при возникновении сбоя.

На рис. 1.7, б приведены компоненты цикла обмена (F):

τ_{no} – период подготовки к обмену;

τ_o – период непосредственно обмена единицей информацией.

При подготовке к обмену (на интервале τ_{no}) ПУ не нуждается в ресурсе процессора, который нужен только при непосредственном обмене (на интервале τ_o).

На интервале F (а точнее на τ_o) процессор выполняется простые действия, связанные с пересылкой информации из одного регистра в другой (из

регистра ПУ в регистр процессора или наоборот). Они гораздо проще тех действий, которые должен выполнить процессор при запуске ПУ, завершении операции ввода – вывода, возникновении в ПУ каких-либо особых ситуаций и т. д. Поэтому предоставление ресурса для обмена данными может выполняться по упрощенной процедуре.

Режим разделения времени будет тем эффективнее, чем больше соотношение τ_{no} / τ_o . Если время подготовки обмена соизмеримо с затратами времени на непосредственный обмен, режим разделения времени может оказаться не эффективным, если вообще возможным.

В связи с этим по соотношению τ_{no} / τ_o , характеризующему быстродействие ПУ, ПУ можно разделить на медленные, если $\tau_{no} \gg \tau_o$, и быстрые, если τ_{no} соизмеримо с τ_o . Режим разделения времени эффективен, если $\tau_{no} \gg \tau_o$.

На рис. 1.8 изображена временная диаграмма работы процессора в режиме разделения времени с двумя ПУ.

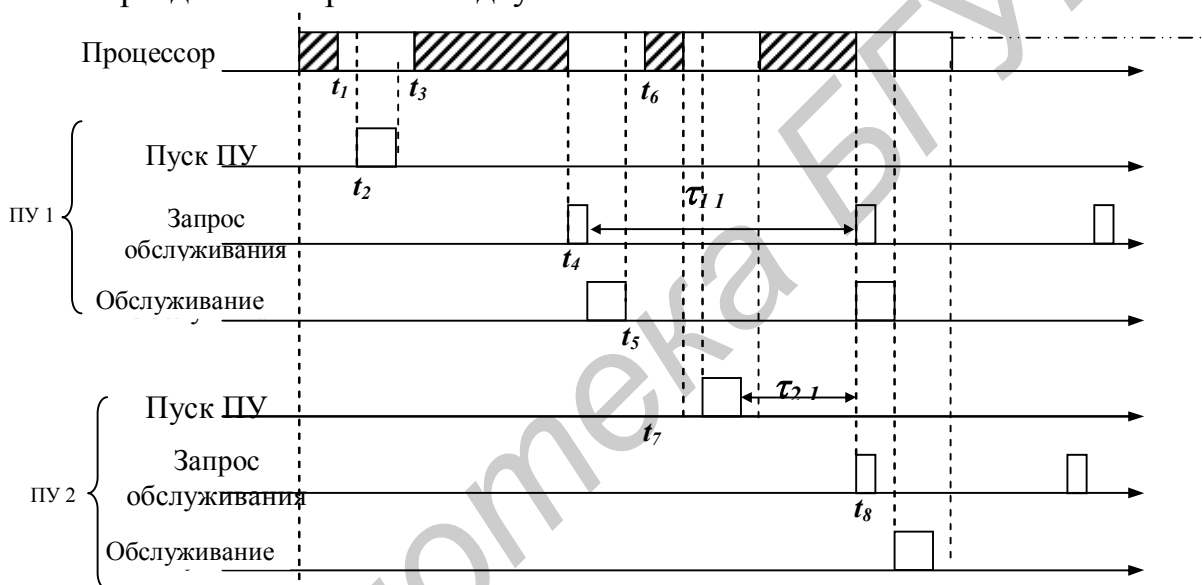


Рис. 1.8

В исходном состоянии процессор находится в состоянии выполнения некоторой текущей обработки информации (заштрихованная часть).

При необходимости организовать в момент времени t_1 выполнение некоторой операции ввода – вывода, процессор прерывает выполнение текущей обработки и переходит в состояние обслуживания ПУ, которое продолжается до момента t_3 , когда процессор возвращается к прерванной текущей обработке. На этом интервале времени процессор должен выполнить следующие действия:

- запомнить точку прерывания (занести информацию из своих регистров в специальную память);
- найти нужное ПУ;
- передать ПУ на исполнение код команды ввода – вывода (t_2).

После этого ПУ может приступить к выполнению принятой команды, а процессор в общем случае должен проанализировать состояние ПУ, выяснить, приняло ли ПУ эту команду на исполнение, а если не приняло, то почему. Далее процессор может вернуться к прерванной обработке, предварительно восстановив точку прерывания (переписав информацию из специальной памяти в свои регистры). С момента t_3 до момента t_4 процессор находится в состоянии выполнения текущей обработки.

Запущенное на выполнение команды ввода – вывода ПУ, выполнив все действия, связанные с подготовкой к обмену, оказывается в момент t_4 в состоянии запроса обслуживания для обмена данными.

В свою очередь, процессор, обнаружив в момент t_4 необходимость обслужить ПУ1, прерывает текущую обработку, переходит в состояние работы с ПУ и обслуживает обнаруженный запрос ПУ1. Обслуживание заканчивается в момент t_5 . В момент t_6 процессор возвращается к прерванной текущей обработке, предварительно восстановив точку прерывания.

Далее ПУ1 с некоторым периодом τ_{11} , определяемым его быстродействием, вырабатывает запросы на обслуживание по передаче данных, на которые процессор должен реагировать вышеописанным образом.

В момент t_8 процессор обнаруживает необходимость выполнить операцию ввода–вывода на ПУ2, которое он запускает в работу точно так же, как и ПУ1, и обслуживает генерируемые им с периодом τ_{21} запросы на обмен данными.

На временной диаграмме отражена конфликтная ситуация (в момент t_8 возникают запросы на обслуживания для передачи данных сразу и от ПУ1, и от ПУ2), которая разрешается за счет определенной системы приоритетов. Для случая, представленного на рис. 1.8, более приоритетным является ПУ1.

При возникновении в процессе выполнения операции ввода – вывода особой ситуации ПУ может потребовать ресурс процессора (прерывание) для ее обработки. По завершении операции ПУ, как правило, также требуется ресурс процессора для обработки его состояния на момент завершения обмена.

Из приведенной временной диаграммы (см. рис. 1.8) видно, что, начиная с момента t_8 , в ЭМВ параллельно выполняются три процесса:

- операция ввода – вывода на первом ПУ;
- операция ввода – вывода на втором ПУ;
- текущая (фоновая) обработка информации в процессоре.

Существует возможность организации вложенных прерываний, когда процедура обработки прерывания одного ПУ может прерываться для обработки требования прерывания более приоритетного периферийного устройства. На стадии обслуживания обмена это, как правило, не имеет смысла, т. к. затраты времени для обмена одной единицей информации малы.

1.4. Функции процессора при работе с ПУ

При работе с ПУ процессор выполняет весьма специфические функции, к числу которых относятся:

- арбитраж (выбор устройств по приоритету);
- поиск периферийного устройства по заданному адресу;
- передача периферийному устройству команды на исполнение;
- анализ состояния ПУ (получение от ПУ информации об его состоянии);
- поиск ПУ, запрашивающего обслуживание;
- прием и передача данных от ПУ;
- управление памятью.

Обмен информацией с ПУ выполняется, как правило, сравнительно большим блоком, для которого в памяти выделяется определенная область (область обмена). Для управления обращением к памяти процессор использует начальный адрес расположения блока обмена в памяти A_H , его длину L (или конечный адрес блока обмена A_K) и текущий адрес обмена A_T .

Текущий адрес A_T определяет место в памяти, куда будет записываться (или откуда будет читаться) очередная единица обмена. В начале обмена текущий адрес равняется начальному адресу блока обмена в памяти. После каждого сеанса обмена очередной единицей информации текущий адрес модифицируется на единицу:

$$A_T = A_T + m.$$

При этом $m = +1$, если A_H – минимальный адрес в блоке обмена; если A_H является максимальным адресом в блоке обмена, то $m = -1$.

Момент завершения обмена может определяться двумя способами:

- задается длина области обмена L , и после каждого сеанса связи по обмену выполняется помимо модификации A_T уменьшение на единицу текущего значения L . Признаком завершения обмена в этом случае является обнуление текущего значения L после очередной ее модификации;

- задается конечный адрес области обмена A_K , и каждый раз после очередной модификации текущего адреса A_T его значение сравнивается с A_K , если окажется, что A_T равно A_K , то следует обменяться еще одной единицей информации и завершить обмен.

Общий набор средств, обеспечивающих взаимодействие с ПУ, называется системой унифицированной связи с периферийными устройствами.

К системе унифицированной связи с ПУ предъявляются следующие требования:

- 1) обеспечение параллельной работы процессора и ПУ;
- 2) обеспечение одновременной работы нескольких ПУ;
- 3) обеспечение максимальной эффективности использования ресурса центрального процессора;
- 4) обеспечение одинаковых процедур взаимодействия с ПУ;
- 5) обеспечение простоты изменения конфигурации ПУ.

Первое и второе требования для медленных ПУ обеспечиваются за счет уже рассмотренного механизма разделения времени процессора.

Второе и третье требования для быстрых ПУ реализуются за счет использования в структуре ЭВМ нескольких процессоров. В

рассматриваемом случае введение дополнительных процессоров диктуется необходимостью обеспечить высокую эффективность обслуживания ПУ.

Учитывая то, что при обслуживании ПУ выполняются весьма специфические действия, в качестве дополнительных процессоров используются спецпроцессоры, предназначенные только для организации операций ввода – вывода. Такие спецпроцессоры иногда называют каналами ввода – вывода.

Для уменьшения аппаратных затрат, спецпроцессоры типа канал ввода – вывода, как правило, реализуют самые простые функции, например только управление обменом информации между ПУ и ОП. Так как в этом случае канал ввода – вывода осуществляет прямую обмен с ОП, то весьма часто он называется *каналом прямого доступа*.

Четвертое и пятое требования удовлетворяются за счет использования унифицированного интерфейса ввода – вывода, применение которого позволяет изменять конфигурацию периферийных устройств путем отсоединения от разъемов (слотов) интерфейса уже ненужных ПУ и подключения новых периферийных устройств.

1.5. Структура современного компьютера

Современные компьютеры отличаются от компьютеров первого поколения тем, что в их структуру вводятся такие компоненты, как каналы ввода – вывода и унифицированный интерфейс. Учитывая это, обобщенную структурную схему компьютера можно представить в виде, приведенном на рис. 1.9.

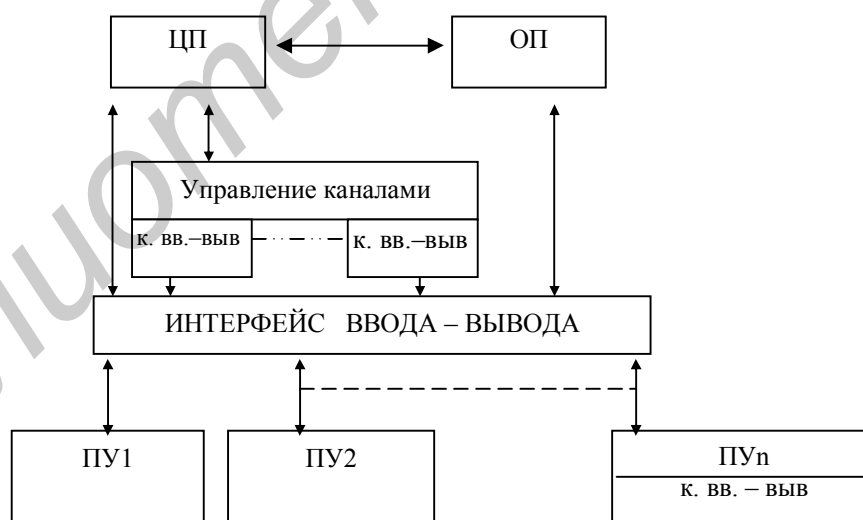


Рис. 1.9

На схеме приведены два способа использования канала ввода – вывода (обозначены как «к. вв. – выв»). Приведенные в центре рисунка каналы ввода – вывода являются каналами коллективного пользования, т. е. ресурс любого из этих каналов может быть предоставлен любому из имеющихся ПУ. Что же касается канала ввода – вывода, приведенного на рис. 1.9 как компонента ПУ_n, то этот канал является каналом индивидуального пользования и его

ресурс используется для организации работы только одного периферийного устройства, а именно ПУ, в структуру которого он входит.

ЦП (центральный процессор) является универсальным и поэтому может выполнять все действия, связанные с обслуживанием ПУ. В свою очередь, канал ввода – вывода выполняет только некоторые функции по управлению вводом–выводом. Такие функции, как запуск операции ввода–вывода на ПУ, обработка завершения операции ввода – вывода и возникновение в ПУ особых ситуаций, реализуются с использованием ресурсов ЦП.

Необходимо отметить, что в связи со своей специализацией каналы ввода – вывода могут выполнять некоторые функции, связанные с работой ПУ, более эффективно, чем ЦП. Например, обмен информацией между ПУ и ОП ЦП, как правило, реализуется за счет двух пересылок: регистр ПУ – регистр ЦП, и регистр ЦП – ОП (или наоборот), а канал обеспечивает прямую передачу между ПУ и ОП, т. е. делает это быстрее.

1.6. Унифицированный интерфейс ввода – вывода

Интерфейс ввода – вывода – это сложное понятие, которое включает логическую и физическую части.

Логическая часть интерфейса определяет набор правил обмена сигналами между устройствами, работающими в этом интерфейсе. Набор этих правил в некоторых случаях называют протоколом.

В качестве физической части выступают линии связи и электроника, обслуживающая эти линии (усилители, формирователи, коммутаторы и т. п.).

Классификация интерфейсов

Линии физической части можно классифицировать следующим образом.

По структурной организации:

- интерфейс с линиями коллективного пользования (магистральный);
- интерфейс с линиями индивидуального пользования (радиальный).

Интерфейс с линиями коллективного пользования (рис. 1.10).

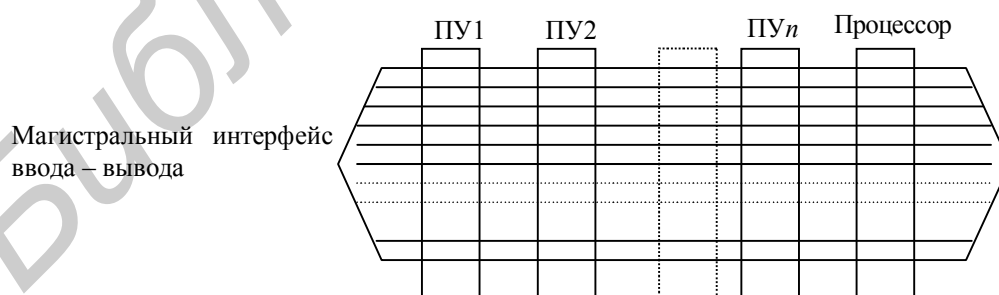


Рис. 1.10

Характерной особенностью данного типа интерфейса является наличие единого набора линий и физическая доступность всех линий интерфейса для каждого ПУ, подключаемого к этому интерфейсу.

Радиальный интерфейс (рис. 1.11)

Особенностью данного интерфейса является использование для каждого из подключенных ПУ своего набора линий; и каждая линия физически доступна только для одного периферийного устройства.

В общем случае этот интерфейс требует большего количества линий, число которых определяется максимальным количеством ПУ, которые могут быть подключены к интерфейсу. Однако он обладает лучшими характеристиками по надежности, т. к. выход из строя одной линии нарушает нормальную работу только с одним ПУ. В этом интерфейсе легче решаются проблемы поиска ПУ, т. к., с одной стороны, наличие сигнала на какой-либо линии однозначно определяет ПУ, выработавшее этот сигнал, и, с другой стороны, обращение к ПУ со стороны ведущего устройства сводится к выбору одного из наборов линий интерфейса.

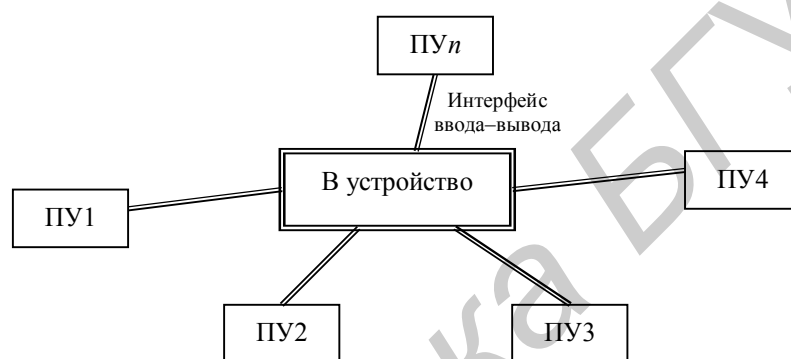


Рис. 1.11

Интерфейсы с линиями коллективного пользования при прочих равных условиях требуют меньшее количество линий. Однако они менее надежны, т. к. выход из строя одной линии нарушает нормальную работу со всеми ПУ, подключенными к этому интерфейсу. В интерфейсе этого типа затруднен поиск ПУ, вырабатывающего некоторый сигнал, например сигнал запроса обслуживания.

По функциональному назначению линии интерфейса можно подразделить следующим образом:

- информационные;
- управляющие;
- специальные.

Информационные линии могут использоваться для передачи данных, адреса, команд и информации о состоянии устройства. Эти линии могут быть однонаправленными (информация передается только в одном направлении) или двунаправленными (информация по линиям передается в обоих направлениях).

Интерфейс называется последовательным, если для передачи информации используются только одна информационная линия. В этом случае многоразрядная информация передается по единственной линии последовательно, бит за битом.

Интерфейс называется параллельным, если в нем используются несколько информационных линий и одновременно можно передавать несколько бит информации, например 1, 2, 3, 4 байта.

Информационные линии могут быть специализированными или универсальными.

Если для каждого вида информации используются свои линии, то такие линии называются специализированными. Если по одним и тем же линиям могут передаваться несколько видов информации, то такие линии называются универсальными.

При использовании универсальных линий возникает проблема распознавания вида передаваемой информации. Данная проблема может решаться или за счет временной селекции, или за счет использования линий идентификаторов.

При временной селекции для передачи каждого вида информации выделяется определенная фаза на периоде обмена. При использовании линий-идентификаторов в интерфейс вводятся специальные линии, сигналы на которых определяют вид передаваемой в данный момент информации.

Управляющие линии используются для передачи сигналов управления.

Подключение периферийных устройств к интерфейсу

Унифицированный интерфейс позволяет использовать для всех периферийных устройств одну и ту же обобщенную схему (рис. 1.12).

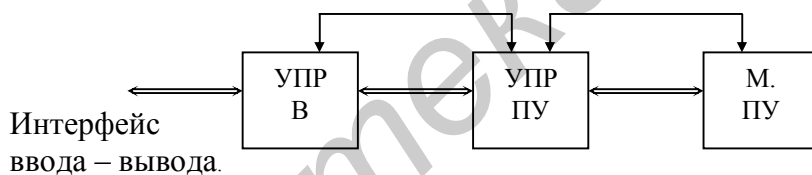


Рис. 1.12

На рис. 1.12 приняты следующие обозначения:

- блок управления ПУ (УПР ПУ) обеспечивает управление работой всех компонент в зависимости от их состояния и выполняемой команды;
- блок управления взаимодействием (УПР В) обеспечивает связь ПУ с процессором в соответствии с требованиями (протоколом) используемого интерфейса; тот блок фактически адаптирует периферийное устройство к данному интерфейсу, поэтому его часто называют адаптером;
- механизм ПУ (М ПУ) представляет собой собственно периферийное устройство, обеспечивающее считывание или отображение информации.

Возможен и другой способ подключения ПУ к интерфейсу (рис. 1.13). Приведенное подключение отличается тем, что для связи нескольких устройств с интерфейсом используется один блок управления. Однако здесь возникает проблема подключения ПУ к групповому адаптеру, которая может быть решена с помощью специального интерфейса. Последний в этом случае называется внутренним, а интерфейс ввода – вывода для подключения к процессору называется внешним или системным.

Такая организация позволяет подключать к системному интерфейсу число периферийных устройств, превышающее количество слотов его системного интерфейса.

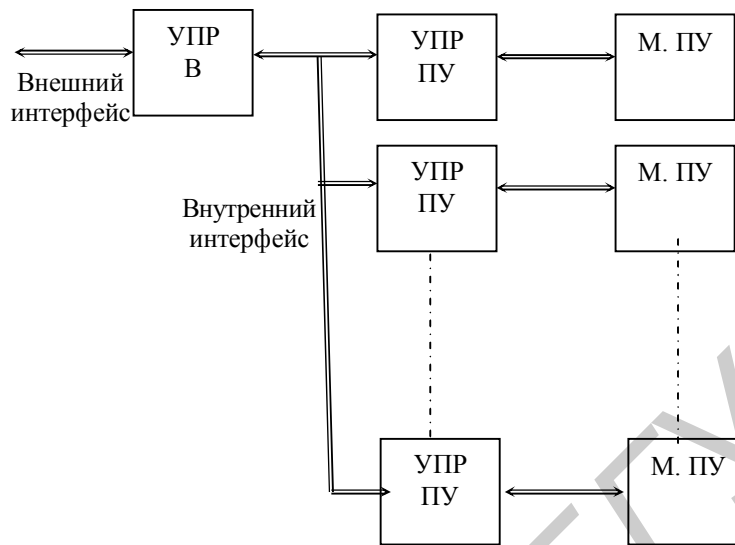


Рис. 1.13

Если речь идет об однотипных или близких по типу периферийных устройствах, то возможна другая структурная организация ПУ (рис. 1.14).

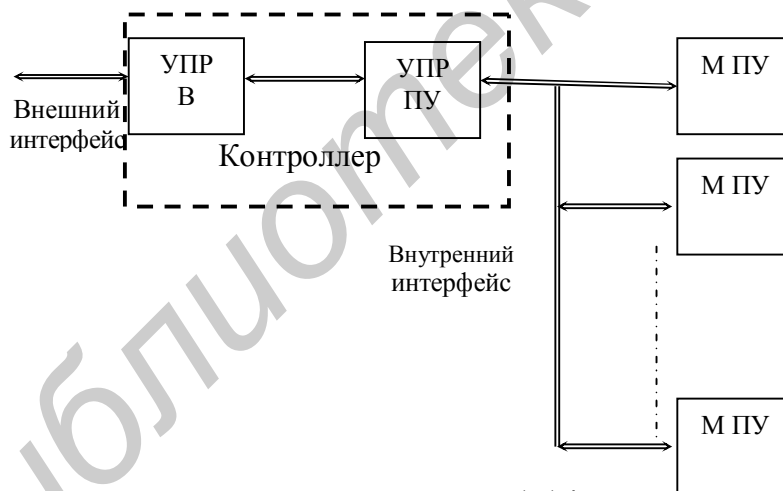


Рис. 1.14

Здесь средства взаимодействия с системным интерфейсом и управления ПУ объединяются в один блок, который иногда называется контроллером. Такое подключение позволяет экономить оборудование и дает ощутимый эффект для сложных ПУ. Однако в этом случае из объединяемых устройств одновременно, как правило, может работать только одно, особенно тогда, когда речь идет об обмене данными. Однако в тех случаях, когда объединяемой группе ПУ выделяется некоторый общий системный ресурс (например один канал прямого доступа или один уровень прерывания), это не имеет никакого значения.

2. СИСТЕМЫ СВЯЗИ С ПЕРИФЕРИЙНЫМИ УСТРОЙСТВАМИ ПЕРСОНАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРОВ

Общий вид средств связи между отдельными компонентами компьютера приведен на рис. 2.1.

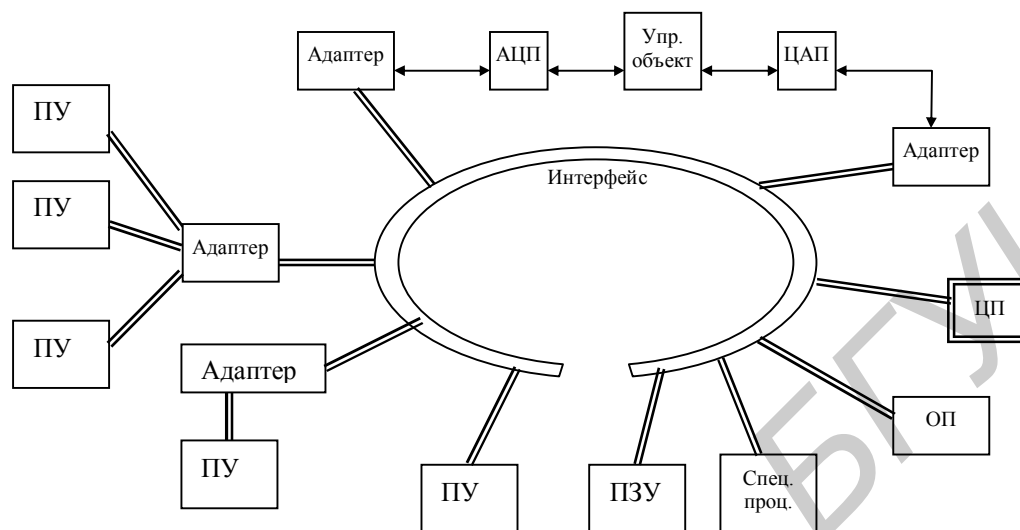


Рис. 2.1

К числу наиболее распространенных системных интерфейсов, обеспечивающих связь между системными компонентами, относятся интерфейсы ISA8, ISA16, EISA, MCA, PCI и PCMCIA (в настоящее время переименован в «PC Card»)

Системный интерфейс *ISA8* (Industry Standard Architecture) был разработан для первых персональных ЭВМ (PC). Он стал промышленным стандартом.

ISA16 является развитием интерфейса *ISA8* и отличается от него лишь количественными характеристиками.

EISA представляет собой дальнейшее развитие *ISA16*, отличаясь от него не только количественно, но и качественно.

MCA представляет собой прогрессивную попытку расширить возможности интерфейса *ISA8*. Однако он не нашел широкого распространения. Этот интерфейс является закрытым. Производить устройства для этого интерфейса без специального разрешения запрещено.

Параметры интерфейса *MCA* схожи с *EISA*.

Интерфейс *PCI* является стандартом для ЭВМ 4-, 5-, 6-го поколений. Был разработан специально для процессоров I486, но позже нашел применение и для других более поздних версий центрального процессора (CPU). Этот интерфейс обеспечивает высокую производительность.

Интерфейс *PCMCIA* является специальным интерфейсом для ноутбуков.

В табл. 2.1 содержится информация об основных параметрах системных интерфейсов.

Таблица 2.1

Название системного интерфейса	Максимальная скорость обмена (Мбайт/с)	Кол-во каналов прямого доступа ПДП	Авто конф.	Наличие Bus Master	Разрядность адреса	Ширина данных (бит)
ISA 8	4	3 (4)	-	-	20 (1 Мб)	8
ISA 16	8 / 16	4 (7)	-	+	24 (16 Мб)	16
EISA	33.3	8	+	+	32(4 Гб)	32
MCA	20	4	+	+	32 (4 Гб)	32
PCI	до 264	-	-	+	32 (4 Гб)	32
PCMCIA	33	-	-	-	26 (64 Мб)	16

2.1. Интерфейс ISA8

Физическая часть ISA8 включает линии, приведенные в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Название	Комментарий
1	2
SD0..7	Линии используются для передачи данных; параллельно передается 8 бит (байт)
SA0..19	Адресные линии, определяющие 20-разрядный адрес в памяти или 10-разрядный адрес порта ввода – вывода
IRQ2..7	Линии запроса прерывания
DRQ1,2,3	Линии запроса прямого доступа к памяти (DMA)
DACK1,2,3	Линия разрешения DMA
TC	Линия сигнала контроллера DMA при завершении передачи блока данных
I/O R	Сигнал означает чтение из порта ввода – вывода, адрес которого определен младшими 10 разрядами шины SA
MEMR	Сигнал означает чтение из памяти по адресу, 20-разрядный код которого присутствует на линиях SA
IOWR	Сигнал означает запись в порт ввода – вывода, адрес которого определен младшими 10 разрядами шины SA
MEMWR	Сигнал означает запись в память по адресу, 20-разрядный код которого присутствует на линиях SA
AEN	Сигнал запрета для ПУ восприятия адреса на линиях SA
IOCHRDY	IO Ready Check. Вырабатывается ПУ, означает, что ПУ готово к обмену данными
BALE	Разрешение защелки адреса. Адрес на шине адреса может рассматриваться как действительный, только когда отсутствует данный сигнал

1	2
REFR	Вырабатывается CPU и означает, что обращение к памяти запрещено в связи с совершением цикла регенерации
IOCK	Контроль канала. Вырабатывается ПУ или блоком питания для сигнализации о сбое
Reset	Сигнал общего системного сброса
BClock	Сигнал синхронизации. Может быть использован ПУ
+5 В,+12 В GND	Линии питания

2.2. Контроллер прямого доступа

При использовании данного интерфейса возможно два режима обмена данными ПУ с памятью:

- обмен под управлением центрального процессора (CPU);
- внепроцессорный обмен, т. е. обмен в режиме прямого доступа (DMA).

Обмен под управлением центрального процессора выполняется по следующей схеме:

- 1) CPU инициализирует ПУ (передает на него команду на исполнение);
- 2) при передаче данных CPU обращается к порту ввода – вывода ПУ, читает информацию и записывает во внутренний регистр CPU (или наоборот);
- 3) CPU передает информацию из регистра в память;
- 4) по завершении передачи CPU через соответствующий порт опрашивает состояние ПУ, анализирует его и определяет дальнейшее использование этого ПУ.

Внепроцессорный обмен происходит по схеме:

- 1) CPU инициализирует ПУ;
- 2) CPU передает каналу прямого доступа (КПД), закрепленному за ПУ, управляющую информацию относительно будущего прямого доступа к памяти (DMA), включающую начальный адреса блока данных, его длину и т. п.;
- 3) при готовности ПУ к обмену оно вырабатывает сигнал запроса обмена в режиме DMA, получив который контроллер прямого доступа запрашивает разрешение у CPU на захват шины. После получения разрешения КПД вырабатывает сигнал DACK, который поступает через интерфейс на ПУ, запросившее обмен; этим сигналом КПД оповещает ПУ о том, что для него организуется прямой доступ к памяти;
- 4) далее начинается обмен данными ПУ с ОП под управлением КПД;
- 5) по завершению обмена контроллер прямого доступа посылает в интерфейс сигнал TC (сигнал завершения обмена);
- 6) далее CPU через соответствующий порт опрашивает состояние ПУ, анализирует полученную информацию и определяет дальнейшее использования этого ПУ.

При управлении обменом КПД формирует для каждого сеанса передачи данных текущий адрес обмена, команду (записать, читать) для ОП и подсчитывает количество данных, которым необходимо еще обменяться.

Контроллер DMA представляет собой единую микросхему, связанную с интерфейсом и CPU (рис. 2.2) Линии DRQ0 и DACK0 в интерфейс не выводятся, т. к. 0-вой канал закрепляется за процедурой регенерации памяти.

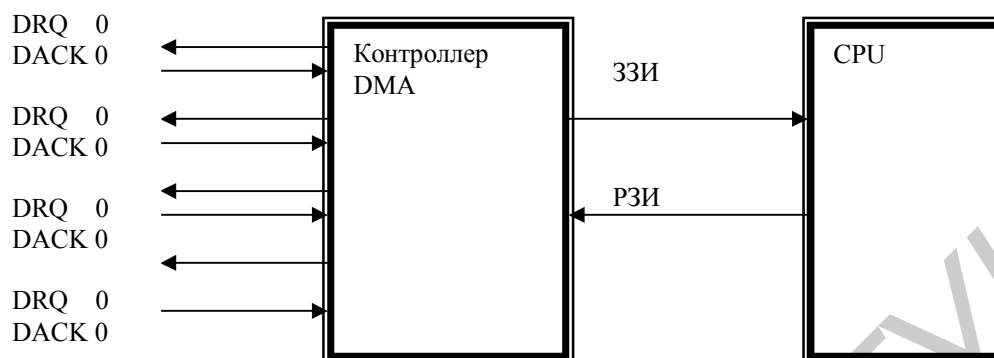


Рис. 2.2

Процедура каскадирования позволяет увеличить количество КПД.

На рис. 2.3 изображен каскад контроллеров, позволяющий на двух контроллерах организовать 7 КПД.

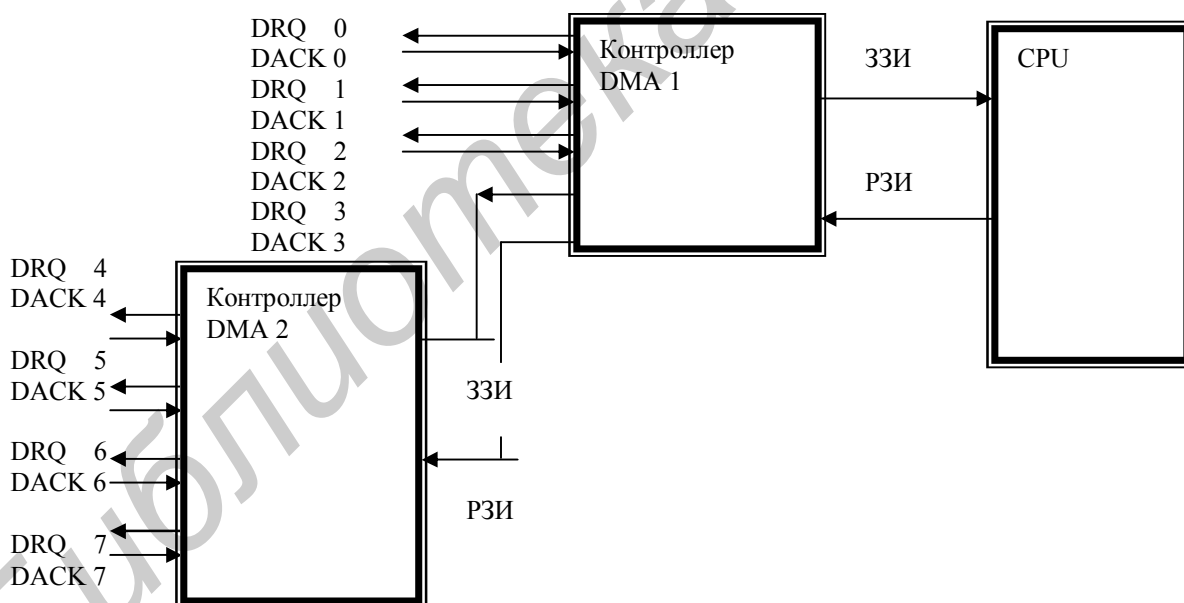


Рис. 2.3

Структурно КПД состоит из двух частей (рис. 2.4):

- общая управляющая часть для всех каналов;
- 4 однотипных канала прямого доступа.

Общая управляющая часть включает следующие регистры.

РД-регистр данных. Используется для кратковременного хранения байта при его приеме (или передаче) из системного интерфейса.

Контроллер прямого доступа

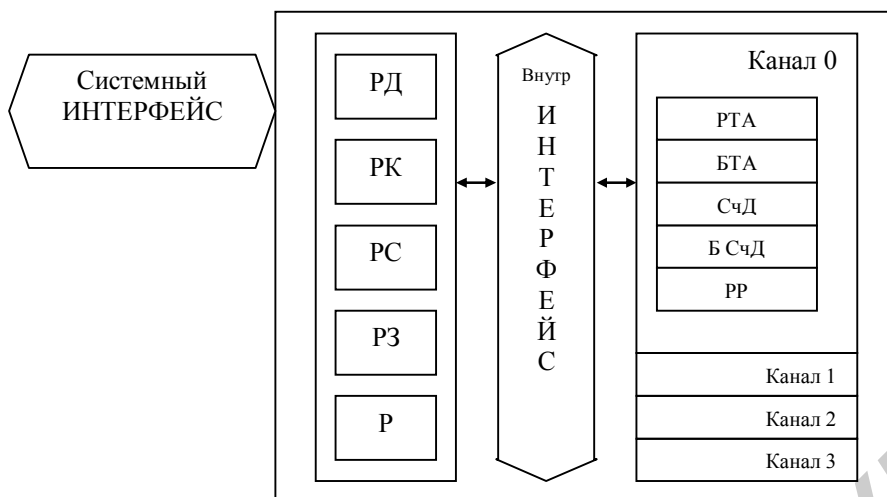


Рис. 2.4

РК-регистр команды. В этом регистре задаются прямая или инверсная логика реакции на сигналы на линиях DRQ и DACK, нормальный или ускоренный режим обмена, полный или сокращенный режим обмена единицей информации. Здесь же задается система приоритетов каналов, которая может быть постоянной или циклической. При постоянной системе задаются приоритеты для каждого канала, которые сохраняются на всем периоде работы. При циклической системе после завершения очередного обмена по некоторому КПД, ему приписывается самый низкий приоритет, а приоритетность всех остальных каналов повышается на единицу.

РС-регистр состояния. Содержит две тетрады. В первой тетраде записываются факты запроса по каждому из четырех каналов. Во второй тетраде отмечается завершение обмена данными по каждому из каналов.

РМ-регистр маски. Имеет по одному разряду на каждый из четырех каналов. Наличие единицы в некотором разряде блокирует обмен по соответствующему каналу прямого доступа. Регистр заполняется CPU, при этом имеется возможность изменить значение или только в одном, или во всех четырех разрядах.

РЗ – регистр запросов. Используется для программной эмуляции запроса прямого доступа. Количество разрядов соответствует числу каналов. Установка центральным процессором единицы в некоторый разряд вызывает обмен в режиме DMA по соответствующему каналу. Запросы этого прямого доступа к памяти не маскируются.

Для управления обменом в каждом КПД используются следующие регистры.

РР – регистр режима. Определяет вид операции в ОП (при вводе – запись, при выводе – чтение), режим обмена, который может быть монопольным (начатый обмен не прерывается до полного завершения) или мультиплексным (обмен может быть прерван), вид адресации (память – регистр или память – память), а также указание об использовании данного КПД для каскадирования.

РТА – регистр текущего адреса. В регистре формируется адрес для следующего обращения к ОП за счет модификации адреса последнего обращения к ОП на плюс (или минус) единицу. При инициализации канала в этот регистр заносится начальный адрес расположения блока обмена в ОП.

СчД – счетчик данных. Определяет число байт, которыми осталось обменяться. Вначале в счетчик устанавливается длина области обмена. В процессе обмена значение в счетчике уменьшается на единицу.

БТА – регистр-буфер текущего адреса. При инициализации обмена в этот регистр так же, как и в регистр текущего адреса ТА, заносится начальный адрес области обмена. Значение в этом регистре используется при автоинициализации для повтора обмена.

БСчД – регистр-буфер счетчика данных. При инициализации обмена в этот регистр так же, как и в СчД, заносится длина области обмена. Значение в этом регистре используется при автоинициализации для повтора обмена.

РТА, СчД, БТА, БСчД имеют длину, равную 2 байтам. Запись информации в них при инициализации осуществляется в два приема, т. к. обмен данными с контроллером прямого доступа к памяти осуществляется по 1 байту за один раз.

Для формирования полного 20-разрядного адреса к содержимому РТА добавляются содержимое 4-разрядного регистра адреса страницы, который заполняется при инициализации обмена.

Длина области обмена не должна превышать длину одной страницы (2^{16} байт). Кроме того, во избежание эффекта заворачивания страниц начало и конец блока обмена не должны выходить за границы одной страницы.

Формирование 20-разрядного адреса на линиях А0-19 осуществляется при использовании специального регистра-защелки адреса (РЗА). При полном цикле обмена сначала выполняется перенесение старшего байта из РТА в РЗА, затем младший байт из РТА передается на восемь младших разрядных линий А0-8.

При укороченном цикле пересылка из РТА в РЗА не выполняется. Он используется, когда при модификации содержимого РТА после предыдущего обмена изменение не коснулось старшего байта этого регистра.

На рис. 2.5 представлена временная диаграмма обмена в режиме прямого доступа.

Заштрихованные фрагменты отражают сигналы, не относящиеся к данному обмену. Они отражают работу с другими ПУ.

На временной диаграмме (см. рис. 2.5) BUS CLK – основная синхронизация интерфейса, DMA CLK – синхронизация режима прямого доступа.

Временная диаграмма построена для операции ввода информации. Все сигналы, кроме DACK и IORD, воспринимаются по прямой логики (высокий уровень – сигнал есть).

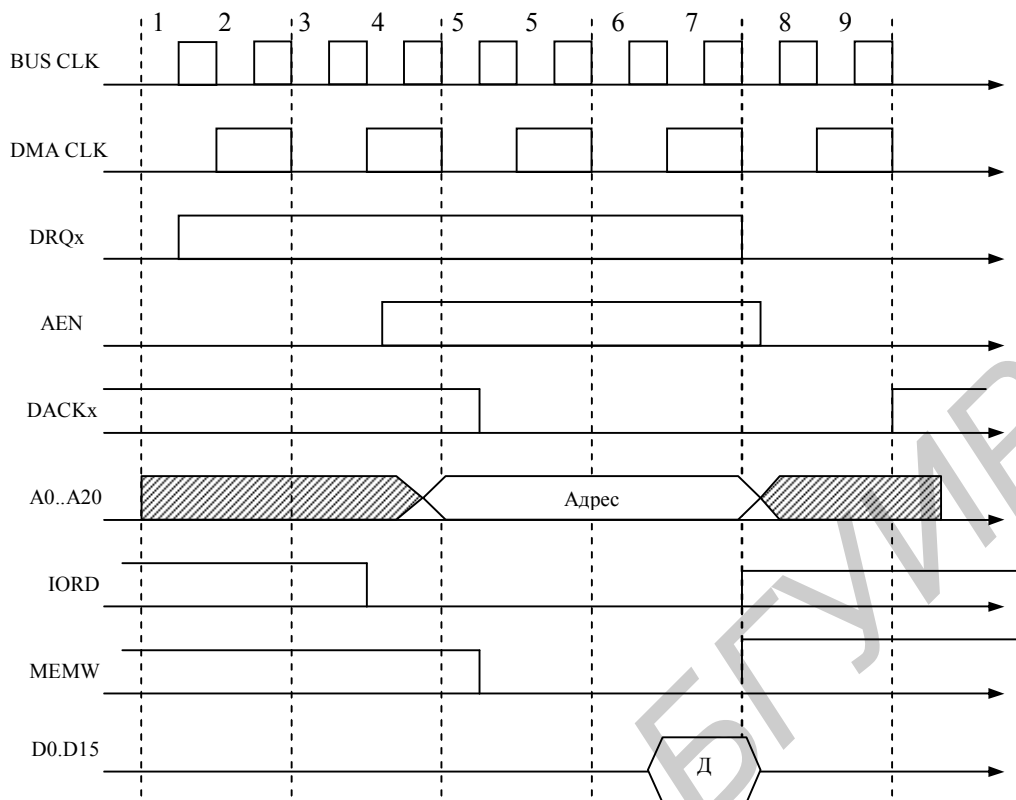


Рис. 2.5

Взаимодействие в режиме DMA для рассматриваемого ПУ начинается после того, как оно вырабатывает сигнал по выделенной ему линии DRQ.

Захватив интерфейс, контроллер ПДП вырабатывает сигнал чтения из порта ввода – вывода I/OR и формирует на SA0-19 адрес обращения к ОП, предварительно блокируя его восприятие периферийными устройствами сигналом AEN. Кроме того, контроллер ПДП вырабатывает сигнал MEMW, по которому ОП принимает адрес с SA0-19 в свой регистр адреса.

На седьмом такте BUSCLK ПУ выдает байт данных из своего регистра данных на SD0-7, а ОП принимает этот байт в свой регистр данных и записывает по адресу, имеющемуся в регистре адреса ОП, в соответствующую локацию запоминающей среды.

В конце седьмого такта BUSCLK контроллер ПДП снимает сигналы I/ORD, MEMW, адрес с линий SA0-19, затем сигнал AEN.

2.3. ТАЙМЕР

Используемый в рассматриваемой системе таймер включает три 16-битных счетчика.

Программирование работы таймера осуществляется через 8-разрядный управляющий регистр. С помощью этого регистра задаются конкретный счетчик для программирования, направление обмена информации (читать или записать в выбранный счетчик), режим обмена (или первым, или вторым, или обоими байтами счетчика), режим счета (двоичный или двоично-десятичный), тип модификации (инкрементная или декрементная).

Счетчики могут работать в режимах подсчета времени, одновибратора и генерации импульсов с заданным периодом.

В режиме генерации импульсов с заданным периодом (например генерации прерывания по обнулению счетчика) в счетчик устанавливается некоторое значение и включается декрементный тип счета; по достижении счетчиком нуля генерируется сигнал прерывания.

В режиме одновибратора счетчик вырабатывает одиночный сигнал заданной длительности (рис. 2.6).

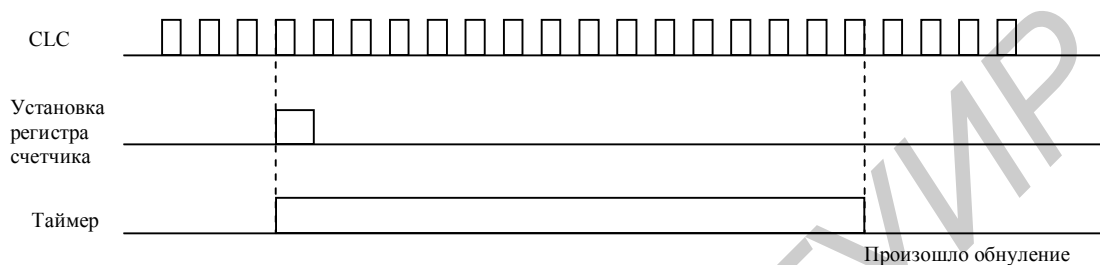


Рис. 2.6

Заданная длительность делится на период сигналов синхронизации CLK; таким образом определяется число CLK, которое изначально устанавливается в счетчик, работающий в декрементном режиме. Сигнал на выходе сохраняется до обнуления счетчика.

В режиме подсчета времени в счетчик устанавливается нулевое значение, задается инкрементный режим счета и в течение всего измеряемого периода разрешается поступление сигналов CLK на его счетный вход. По завершению в счетчике будет находиться значение, соответствующее длительности измеряемого периода.

На рис. 2.7 изображена схема формирования звуковых сигналов.

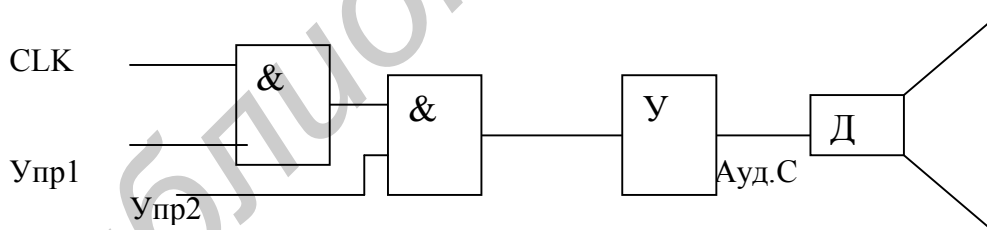


Рис. 2.7

На рис. 2.7 приняты следующие обозначения:

CLK – синхроимпульсы;

Упр1, Упр2 – управляющие сигналы, формируемые в таймере.

Д и У – динамик и усилитель соответственно;

Ауд.С – аудиосигнал;

На рис. 2.8 изображена соответствующая временная диаграмма формирования звукового сигнала.

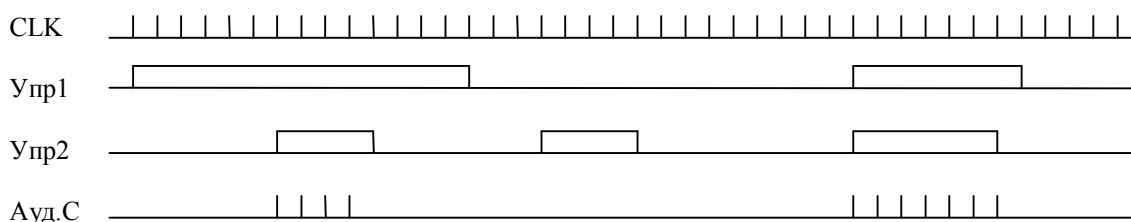


Рис. 2.8

Сигналы Упр1 и Упр2 задают соответственно тон и обертона формируемого аудио сигнала АудС, который управляет динамиком.

2.4. Контроллер прерываний

Контроллер прерываний используется для организации аппаратных маскируемых прерываний, в том числе от ПУ. На контроллер также может поступать сигнал NMI, который означает появление аппаратного сбоя.

Структурная схема контроллера приведена на рис. 2.9.

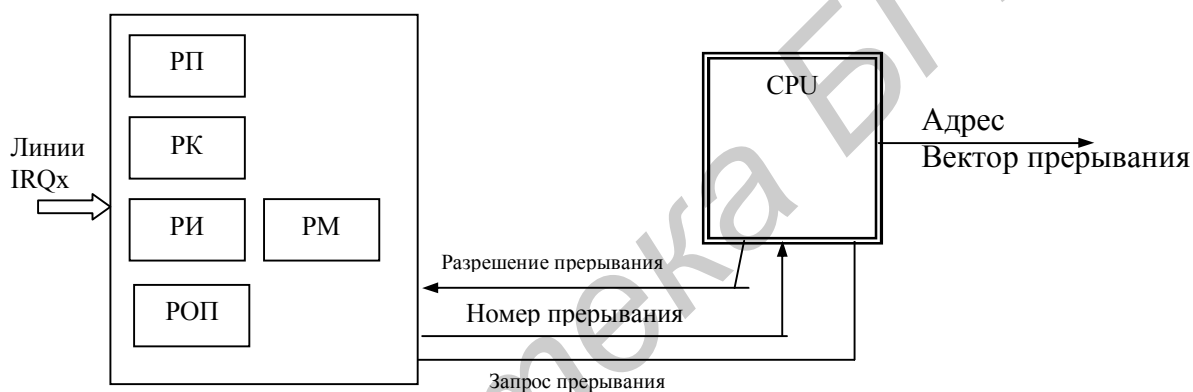


Рис. 2.9

На рис. 2.9 приняты обозначения:

- РП – регистр прерывания;
- РОП – регистр обслуживаемого прерывания;
- РК – регистр команды;
- РИ – регистр инициализации;
- РМ – регистр маски;
- IRQ – линии запросов прерывания системного интерфейса.

При инициализации контроллера в РИ заносится 4 байта информации, задающих конфигурацию контроллера прерывания, в которых определяются:

- вид реакции (по уровню или по фронту сигнала);
- наличие каскадирования контроллеров;
- соответствие уровня прерывания и приоритета;
- информация о ведомом контроллерах (при каскадировании);
- вид процессора, установленного в системе.

Прерывания могут быть вложенными, т. е. обработка менее приоритетного прерывания может быть прервана более приоритетным. Конкретный тип обработки (вложенный / невложенный) задается при инициализации.

Запуск программы для обработки прерывания осуществляется следующим образом.

Поступающий сигнал запроса прерывания фиксируется в регистре прерываний. Обнаружив хотя бы одну единицу в РП, контроллер формирует запрос на прерывание к процессору (CPU). Получив сигнал запроса на прерывание, CPU заканчивает текущую инструкцию и приступает к обработке запроса на прерывание, выполняя следующие действия:

- сохраняет регистры общего назначения в стеке;
- сохраняет в стеке значения стековых регистров, регистра флагов, CS:IP;
- вырабатывает сигнал «разрешение прерывания».

Получив сигнал «разрешение прерывания», контроллер определяет на основании кода в РП наиболее приоритетное прерывание и передает его номер в CPU. Центральный процессор на основании номера прерывания формирует и посылает в ОП адрес вектора прерывания, который определяет положение в таблице прерываний элемента, хранящего начальный адреса программы обработки данного прерываний.

Линии IRQ являются ограниченным системным ресурсом. Их количество может быть меньше числа периферийных устройств в системе. Поэтому некоторые ПУ обслуживаются без использования прерываний путем периодического опроса их состояния и анализа наличия в них признаков запроса на обслуживание. Во время опроса процессор не может выполнять других действий, что снижает его производительность.

При нехватке линий прерывания может быть использован другой подход, при котором некоторые линии IRQ используются коллективно. В этом случае одна линия прерывания может быть закреплена за несколькими ПУ, каждое из которых может выставить на этой линии свой сигнал прерывания. Источник прерывания определяется проверкой внутри процедуры прерывания всех закрепленных к этой линии устройств в порядке приоритетности. Проверку выявляет устройство, инициировавшее запрос на прерывание.

В случае однозадачной обработки обслуживание устройств осуществляется без запроса прерывания, используя дисциплину циклического опроса. Период опроса может быть от 1 до 10 мс.

При многозадачных режимах более эффективным является обслуживание периферийных устройств через прерывания.

2.5. ИНТЕРФЕЙС ISA16

ISA16 является развитием интерфейса ISA8 и отличается от него количественными характеристиками.

Основное отличие ISA16 от ISA8 состоит в использовании 2-байтной единицы обмена и увеличении разрядности используемой адресной шины. Интерфейс полностью совместим с интерфейсом ISA8. Кроме того, увеличено число каналов прямого доступа и число уровней прерывания за счет

каскадирования базовых контроллеров прямого доступа и контроллеров прерывания. ISA16 совместим с ISA8, в том числе и на уровне разъемов.

По сравнению с ISA8 в ISA16 используются дополнительные линии:

SD8-15 – линии передачи второго байта информации;

SBHE – сигнал о наличии данных на линиях SD8-15;

SA20-23 – дополнительные адресные линии, расширяющие адресное пространство до 16 Мбайт;

IRQ10, 11, 12, 14, 15 – дополнительные линии запросов на прерывания;

DACK5, 6, 7 – дополнительные линии разрешения DMA;

OWS – сигнал регулировки скорости обмена (скорость определяется параметрами ПУ; если ПУ может повысить скорость, оно сообщает об этом);

MASTER – данным сигналом ПУ оповещает, что оно имеет собственный канал прямого доступа (этот сигнал могут вырабатывать ПУ, работающие с линиями DRQ 5..7 и DACK 5..7).

2-байтный обмен по КПД предполагает адресацию к ОП с точностью до 2 байт и модификацию содержимого регистра A_T при формировании текущего адреса на два.

Данные требования обеспечиваются за счет того, что в КПД, предусматривающих 2-байтный обмен, осуществляется связь разрядов регистра текущего адреса с адресными линиями интерфейса со сдвигом на один разряд вправо (рис. 2.10)

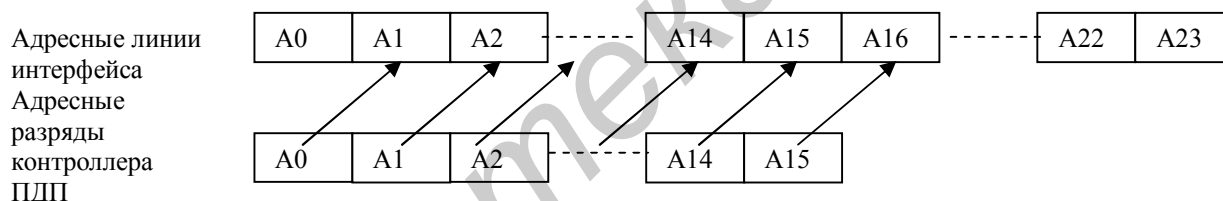


Рис. 2.10

В рассматриваемом интерфейсе возможна как 2-байтная, так и 1-байтная передача данных. Обращение к ОП выполняется всегда с точностью до 2 байт (SA0 при адресации не используется). В этом случае при 1-байтной передаче возникает необходимость определить, какой один из двух байтов является действительным байтом обмена.

Эта проблема решается следующим образом:

– при $A_0 = 0$ и $SBHE = 0$ действительным байтом обмена является нулевой байт пары, задаваемой адресом на линиях A 1-19;

– при $A_0 = 1$ и $SBHE = 1$ действительным байтом обмена является первый байт пары;

– во всех остальных случаях обмену подлежат оба байта на линиях SD.

Если существует bus-master устройства, предполагается, что такое устройство имеет внутри *специальный процессор ввода – вывода*, который способен самостоятельно вести обмен информацией.

Если устройство имеет средства самостоятельного обмена (bus-master), то при необходимости обмена в режиме DMA оно кроме сигнала DRQx

вырабатывает еще и сигнал MASTER. В этом случае контроллер прямого доступа, как и обычно, запрашивает сигнал запроса захвата шины, получив который посылает в интерфейс сигнал DACKx, но для управления обменом соответствующий канал прямого доступа, входящий в состав контроллера прямого доступа, участия не принимает. Управление обменом осуществляет bus-master самого периферийного устройства.

2.6. Итерфейс EISA

Интерфейс EISA (Extended ISA) в качестве основного использует блочный режим обмена данными. В этом режиме обеспечивается максимальное быстродействие до 33 Мбайт в секунду. Возможен и режим одиночного обмена данными, однако в этом случае пропускная способность уменьшается в 3-4 раза.

Основные особенности интерфейса EISA:

- большая ширина единицы обмена (до 4 байт против 2 байтов у ISA16);
- расширен диапазон адресов – до 32 бит;
- используется большая ширина адреса портов ввода – вывода;
- широко используется ведущее устройство прямого доступа индивидуального пользования (до трех bus-master);
- позволяет работать с большим количеством устройств;
- помимо логической адресации к ПУ через порты ввода – вывода, используется и *географическая* адресация (каждому слоту или разъему отводится своя специальная адресная линия индивидуального пользования, наличие которой упрощает процедуру автоконфигурирования);
- полностью совместим с ISA 8/16.

Дополнительно к ISA16 в интерфейсе EISA используются следующие линии:

SD(16-31) – линии данных;

BE(0-3) – линии идентификаторы, определяющие в любой комбинации действительные байты в четверке байтов на линиях SD0-31;

M/IO – сигнал на этой линии определяет, идет ли обращение к памяти или к порту ввода – вывода;

W/R – сигнал на линии определяет направление обмена (запись или чтение);

EX16 – сигнал на этой линии означает, что ПУ поддерживает 2-байтный режим обмена;

EX32 – сигнал на этой линии означает, что ПУ поддерживает 4-байтный режим обмена;

SLBURST – вырабатывается выбираемым для взаимодействия устройством (исполнителем), если оно поддерживает блочный обмен;

MSBURST – вырабатывается устройством–исполнителем, подтверждающим готовность к работе в блочном режиме;

LOCK – сигнал на этой линии блокирует реакцию всех устройств, кроме взаимодействующей пары, на сигналы интерфейса;

EXRDY – сигнал готовности исполнителя к обмену (максимальная задержка его выработки 15 мкс);

START – сигнал подтверждает начало обмена;

CMD – с помощью задержки этого сигнала ведущее устройство задерживает сеанс обмена;

MREQx – запрос на передачу данных от устройства, имеющего свой bus-master;

AENx – линия географической адресации, где x – номер слота (всего 15).

На рис. 2.11 изображена временная диаграмма блочного обмена в интерфейсе EISA.

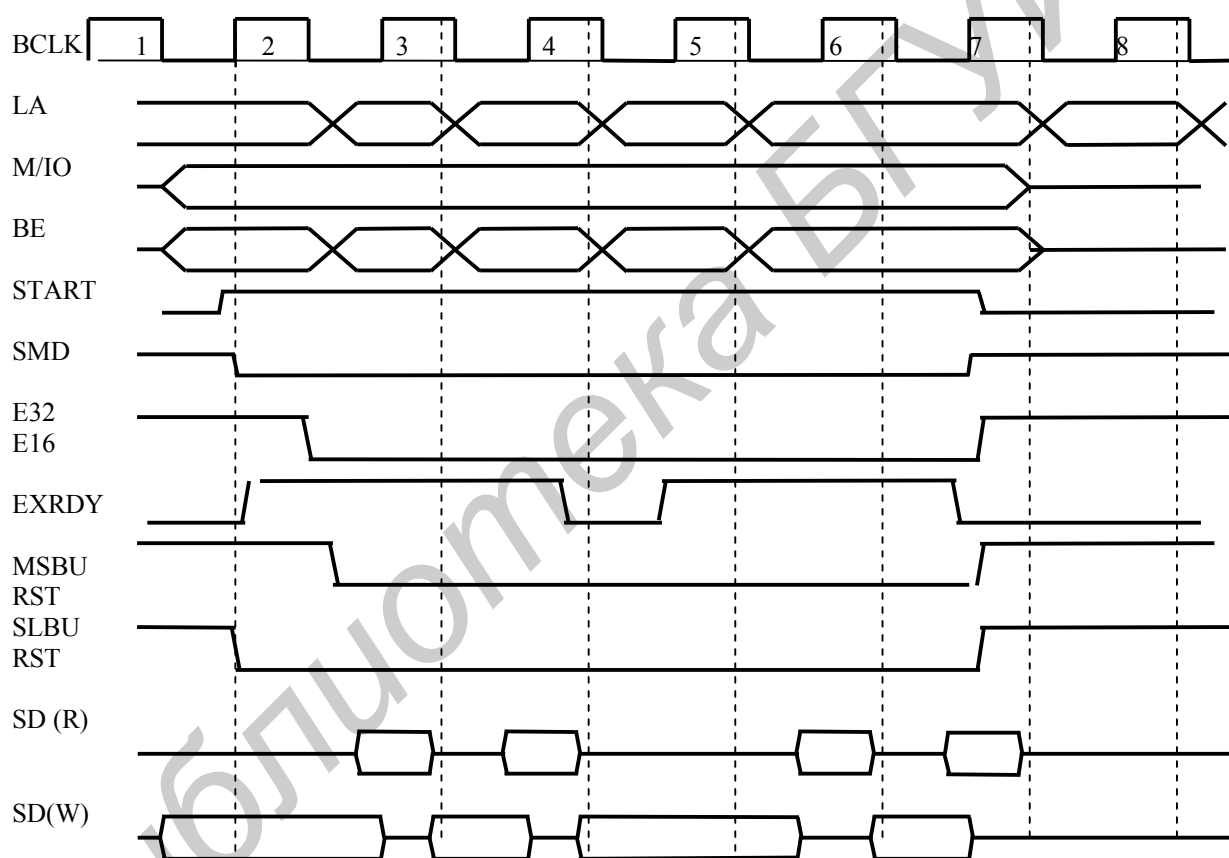


Рис. 2.11

На временной диаграмме приняты обозначения:

SD(R) – сигналы на информационных линиях D при выполнении операции чтения;

SD(W) – сигналы на информационных линиях D при выполнении операции записи;

SMD – один из сигналов данного интерфейса, определяющий направление передачи информации.

На первом такте синхронизации ведущее устройство определяет ведомое, вырабатывая код на адресных линиях А; соответствующий уровень на линии М/Ю, который определяет, к чему идет обращение: к ОП или порту ввода – вывода; и сигнал START, по которому начинается сеанс взаимодействия. Все устройства анализируют код на линиях А и уровень сигнала на линии М/Ю.

ОП (если идет обращение к ОП) или периферийное устройство (если идет обращение к порту ввода – вывода), опознавшее свой адрес на адресных линиях А, становится исполнителем; вырабатывает сигнал E32/E16, определяющий максимальную ширину единицы обмена, поддерживаемую этим устройством; и сигнал SLBURST, говорящий о том, что данное ПУ поддерживает блочный обмен. Далее ведущее устройство сигналом на линии MSBURST сообщает, что оно намерено в организуемом сеансе взаимодействия обменяться блоком данных. Обмен данными может происходить только после появления сигнала EXRDY (готовность исполнителя).

Если выполняется операция чтения, ведомое устройство выдает на информационные линии D байты из адресуемого порта ввода – вывода (или ячейки памяти, если ведомым устройством является ОП). Из четырех байтов, которыми одновременно может выполняться обмен, обмену подлежат только байты, указанные сигналами на линиях BE ведущим устройством. Ведущее устройство по переднему фронту сигнала BCLK считывает байты с информационных линий D. На каждом следующем такте может выполняться обмен данными, причем байты, участвующие в обмене, каждый раз определяются сигналами на линиях BE. На временной диаграмме отражен случай, когда на четвертом такте синхронизации ведомое устройство замедляет обмен на один такт, снимая свой сигнал готовности SLBURST, и этот такт не используется для обмена данными.

Ведущее устройство прекращает обмен, снимая сигнал START.

Если взаимодействие организуется для операции чтения (вывода), то в начале взаимодействия и в начале каждого такта обмена ведущее устройство выставляет данные обмена на линиях SD.

Сигналы SMD, E32, E16, MSBURST, SLBURST учитываются в инверсной логике.

2.7. ИНТЕРФЕЙС PCI

PCI позволяет использовать в ЭВМ сравнительно сложную архитектуру интерфейсов, один из примеров которой приведен на рисунке (рис. 2.12).

Здесь присутствуют одновременно два интерфейса PCI и интерфейс типа ISA. Интерфейсы связаны специальными электронными схемами (чипсетами), которые называются мостами, используемые для связи между интерфейсами и ПУ, подключенными к разным интерфейсам. В последнем случае мост выполняет функцию маршрутизации. Мосты программируются при конфигурировании.

Особенностью данного интерфейса является то, что каждое устройство может обладать собственным каналом ввода – вывода для обмена с другими устройствами. Количество слотов, к которым подключаются ПУ, равно четырем, однако при использовании группового адаптера и двух интерфейсов PCI число ПУ может быть гораздо больше. Устройство, осуществляющее в данный момент обмен, называют ведущим (инициатор) и ведомым (исполнитель).

Линии PCI

AD(0:31) – передается адрес или данные. Что передается, определяется по принципу временной селекции (сначала передается адрес, затем данные).

C/BE(0:3) – определяет действительные байты на AD, т. е. какие из четырех байт передаются в данный момент. Эти линии также используются для определения кода команды. На начальной фазе транзакции код команды задает особенности действий на начинаемой транзакции.

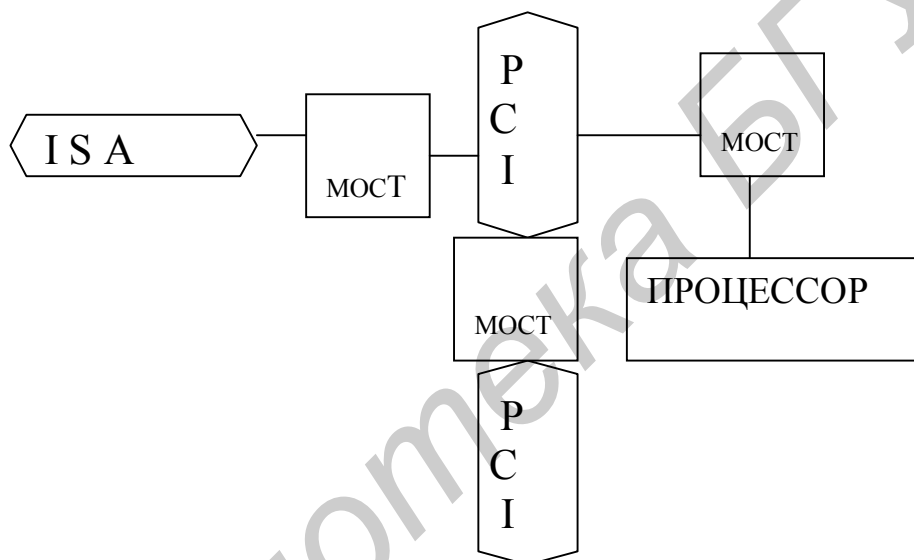


Рис. 2.12

FRAME – вырабатывается инициатором обмена (ведущим устройством) и означает начало транзакции. Появление заднего фронта сигнала на этой линии говорит о завершении транзакции.

DEVSEL (Device Select) – вырабатывается ПУ, которое выбирается ведущим устройством в качестве исполнителя.

IRDY – сигнал на этой линии появляется при готовности к обмену инициатора.

TRDY – сигнал на этой линии появляется при готовности к обмену исполнителя.

STOP – вырабатывается в ведомом устройстве, когда оно просит прекращения транзакции.

С помощью последних трех сигналов можно регулировать скорость обмена. Если ведущее устройство не может ожидать готовности ведомого устройства, оно может прекратить обмен.

LOCK – блокирует интерфейс от других ведущих устройств, т. е. если некоторое ведущее устройство захватило интерфейс и ведомое устройство уже выбрано, то вырабатываемый на этой линии сигнал блокирует реакцию остальных устройств на сигналы интерфейса.

REQ(0:3) и **GNT(0:3)** – используются для выделения интерфейса ведущему устройству. **REQ** – ведущее устройство вырабатывает запрос на захват шины. **GNT** – оповещение соответствующего устройства о том, что в его распоряжение передается интерфейс.

PAR – линия дополнительного контрольного разряда, используемого для контроля по паритету (в нем устанавливается единица, если количество единиц в коде на линиях A/D и BE/C нечетное; в противном случае в этом разряде будет ноль).

PERR – сигнал, вырабатываемый при обнаружении ошибки по паритету. По этому сигналу вызывается немаскируемое прерывание обработки ошибки.

RST – сброс регистров всех устройств, подключенных к интерфейсу.

IDSEL – с помощью этого сигнала выбираемый исполнитель оповещается о том, что будет происходить обращение к конфигурационным регистрам. Используются четыре таких сигнала. За каждым из четырех слотов закреплен свой сигнал **IDSEL**. Эти сигналы передаются по закрепленной за каждым из них одной из четырех линий старших разрядов A/D. В данном случае четыре линии старших разрядов A/D выполняют функцию линий географической адресации к слотам.

REQ64 – запрос на 64-битный обмен.

ACK64 – подтверждение 64-битного обмена.

CLK – синхронизирующие импульсы (33 или 64 МГц)

M66EN – разрешение обмена по максимальной частоте, на которую способен данный интерфейс.

INT A, INT B, INT C, INT D – линии запроса прерывания от ПУ. Распределение линий по слотам осуществляется в процессе конфигурирования.

В состав линий интерфейса PCI могут входить линии *интерфейса JTAG* (интерфейс контроля по принципу пограничного сканирования).

К числу этих линий относятся:

TCK – синхроимпульсы интерфейса JTAG;

TDI – тестовые входные данные;

TDO – тестовые выходные данные;

TMS – выбор режима тестирования;

TRST – сброс тестовой логики.

Сигналы интерфейса JTAG, как правило, присутствуют в интерфейсе, но не все устройства могут поддерживать процедуру контроля пограничного сканирования.

Процедура взаимодействия ведущего и ведомого устройств в рассматриваемом интерфейсе называется *транзакцией*. Транзакция в общем случае предполагает пакетный обмен. Она состоит из нескольких фаз: одна фаза адреса и одна или несколько фаз данных.

На первой фазе по линиям A/D передается адрес обращения, а по линиям BE/C задается код команды. На второй фазе по линиям A/D передаются данные. При этом сигналами на линиях BE/C указываются, какие байты из четырех на шине A/D участвуют в обмене.

Код команды, передаваемый на фазе адреса транзакции по линиям C/BE, определяет тип команды, выполняемой на начинающейся транзакции.

В рассматриваемом интерфейсе используются следующие типы команд.

Команды обращения к памяти – эти команды обеспечивают запись или чтение информации из памяти.

Команды чтения и записи ввода – вывода – эти команды служат для обращения к портам ввода – вывода.

Команды конфигурационного чтения и записи – эти команды служат для обращения к конфигурационным регистрам (к конфигурационному пространству ПУ).

Команда чтения строки памяти – эти команды применяются, когда транзакция организуется для обмена более чем двумя 32-битными единицами информации (до конца строки кэша).

Команда множественного чтения – эти команды используются в транзакциях, связанных с обменом с пересечением границ строк кэша;

Команда 2-адресного цикла – эти команды используются для обращения к устройствам с 64-разрядной адресацией при помощи 32-битного адреса; на этой транзакции передаются только младшие 32 разряда адреса полного 64-разрядного адреса. Выполнение этой транзакции означает, что следующая обычная транзакция предполагает обращение с использованием 64-разрядного адреса; на этой следующей транзакции осуществляется задание 32 старших разряда используемого 64-разрядного адреса.

Команды «специальный цикл» – этими командами запускается процедура для передачи широковещательного сообщения. Тип сообщения определяется на фазе данных кодом на линиях AD(0...15), а на линиях AD(16...31) помещаются данные этого сообщения. Фаза адреса этой транзакции не определяет никакого конкретного исполнителя.

Команда подтверждения прерывания – эти команды используются для получения от контроллера прерывания информации об уровне запроса прерывания, которое необходимо обслужить. Фактически это – транзакция чтения, исполнителем которой всегда является контроллер прерывания. Поэтому на фазе адреса полезная информация не передается. На фазе данных контроллер должен передать 1 байт – AD(0...7), определяющий запрос на прерывание, который необходимо обслужить. На основании этого байта определяется вектор прерывания.

Адресация к портам ввода – вывода и памяти

Обращение к памяти осуществляется с точностью до двойного слова (4 байта). В связи с этим младшие разряды адреса AD(0,1) используются не для адресации, а для задания вида модификации адреса для очередного обращения к памяти.

Используются два вида модификации адреса:

- увеличение адреса (без учета двух младших разрядов) на единицу;
- модификация с эффектом заворачивания строк.

Последовательность обращения к адресам памяти с заворачиванием строк представлена на рис. 2.13.

На рис. 2.13 длина строки памяти составляет восемь двойных слов. Начальный адрес в рассматриваемом примере соответствует обращению к третьему слову i -й строки.

Обращение к портам ввода – вывода выполняется с точностью до 1 байта. При этом биты AD(2..31) определяют обращение с точностью до двойного слова, а биты AD(0,1) определяют, какие байты внутри выбранного двойного слова могут задавать для обмена сигналы на линиях BE(0...3):

– при AD(0,1) = 00 сигналами на BE(0...3) могут быть определены любые из четырех байт двойного слова;

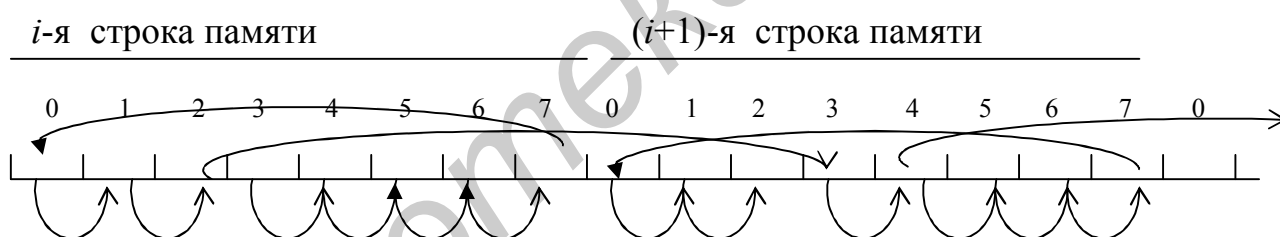


Рис. 2.13

– при AD(0,1) = 01 сигналами на BE(0...3) могут быть определены любые байты двойного слова, кроме нулевого байта;

– при AD(0,1) = 10 сигналами на BE(0...3) могут быть определены любые байты двойного слова, кроме нулевого и первого байт;

– при AD(0,1) = 11 сигналами на BE(0...3) может быть определен для обмена только третий байт двойного слова.

Обращение к конфигурационным регистрам осуществляется кодом на линиях A/D(2:7).

Конфигурационные чтение и запись выполняются при конфигурировании, реализуемыми BIOS по технологии Plug&Play. В каждом ПУ имеется 256-байтное конфигурационное пространство, реализованное на 64 4-байтных регистрах, где хранится информация, характеризующая данное ПУ, его потребности в системных ресурсах и результаты конфигурирования.

Временная диаграмма транзакции приведена на рис. 2.14.

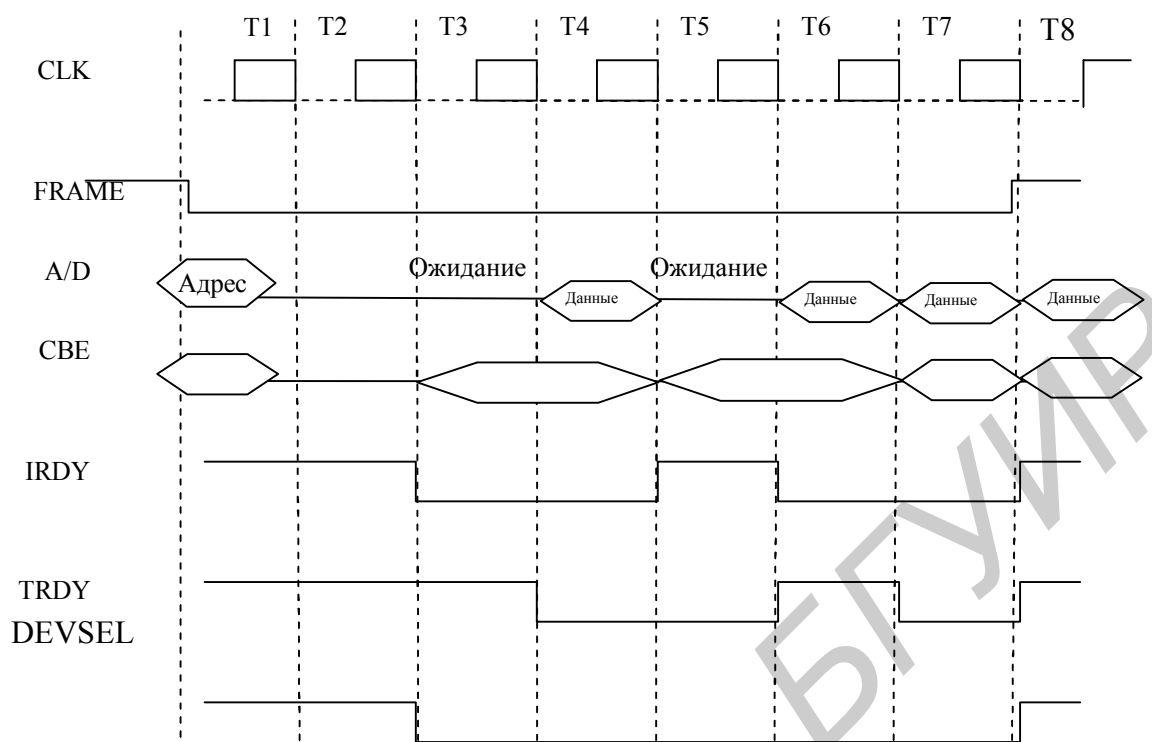


Рис. 2.14

Здесь приняты обозначения:

CLK – синхронизирующие сигналы;

T1 – такт фазы адреса;

T2 – T8 – такты фазы обмена.

Ведущее устройство на такте T1 вырабатывает сигналы на линиях:

– FRAME, оповещая о начале транзакции;

– на A/D – адрес обращения, выбирая ведомое устройство;

– на CBE – код команды (вид обмена).

На втором такте ни ведущее устройство, ни исполнитель не готовы.

В начале третьего такта ведущее устройство говорит о своей готовности, вырабатывая сигнал IRDY, однако сигнал TRDY отсутствует, поэтому обмен не осуществляется.

На четвертом такте и ведущее устройство, и исполнитель готовы и выполняется обмен.

На пятом такте обмена нет из-за неготовности исполнителя.

На шестом–восьмом тактах выполняется обмен данными. Причем восьмой такт является последним, о чем сообщает ведущее устройство, снимая сигнал FRAME.

Транзакция может быть прекращена по инициативе или ведущего устройства, или исполнителя.

Ведущее устройство прекращает обмен в следующих случаях:

– нормальное окончание транзакции (т. е. что хотели, то и передали).

– завершение, если исполнитель задерживает выработку сигнала DEVSEL в начале транзакции более, чем установленное предельное время ожидания, заданное при конфигурировании;

– завершение по тайм-ауту происходит, когда у ведущего устройства истекает время, указанное в его таймере и снимается сигнал на линии GNT (ПУ оказалось слишком медленным или была запланирована слишком длинная транзакция).

Транзакция может быть прекращена ведомым устройством, выработавшим сигнал STOP. Прекращение транзакции в этом случае может быть следующих типов:

– повтор (сигнал STOP вырабатывается при пассивном сигнале TRDY до первой фазы данных); это случается тогда, когда ПУ из-за внутренней занятости не успевает начать обмен данными в положенный срок (16 тактов); в этом случае ведущее устройство должно еще раз запустить эту транзакцию;

– отключение (сигнал STOP вырабатывается на фазе данных); это случается тогда, когда ПУ не успевает обменяться очередной порцией данных;

– отказ (сигнал STOP вырабатывается одновременно со снятием сигнала DEVSEL); такое прекращение имеет место тогда, когда ПУ обнаружило фатальную ошибку или возникла такая ситуация, при которой ПУ уже никак не сможет выполнить начатую транзакцию.

2.8. Интерфейс JTAG

Данный интерфейс используется при организации горячего тестирования по принципу изоляции границ. При тестировании проверяемое устройство физически не отключается от компьютера, а его границы (контакты) логически изолируются от контактов интерфейса PCI, что позволяет другим (не тестируемым) устройствам продолжать работать в нормальном режиме.

Подключение ПУ к линиям JTAG приведено на рис. 2.15.

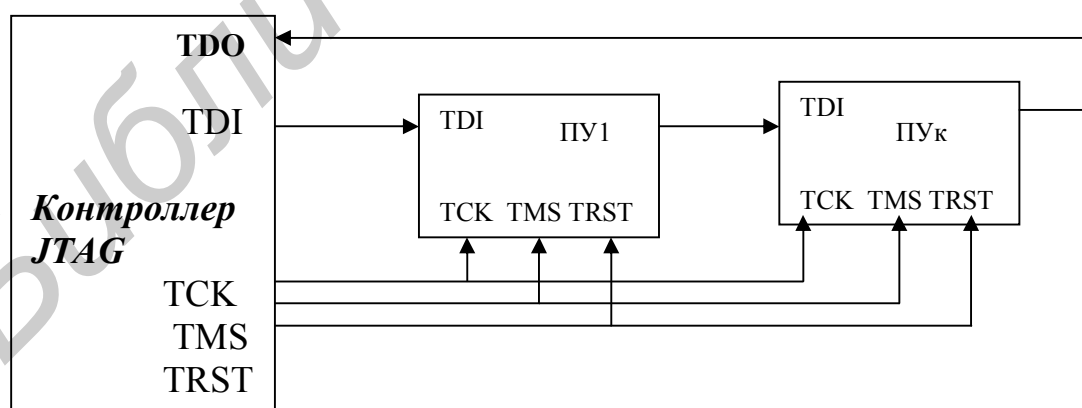


Рис. 2.15

В ПУ, поддерживающих данную технологию тестирования, используются понятия «физическое устройство» и «логическое устройство». Физическое устройство представляет собственно ПУ. Логическое устройство представляет собой физическое устройство, покрытое специальной оболочкой (рис. 2.16).

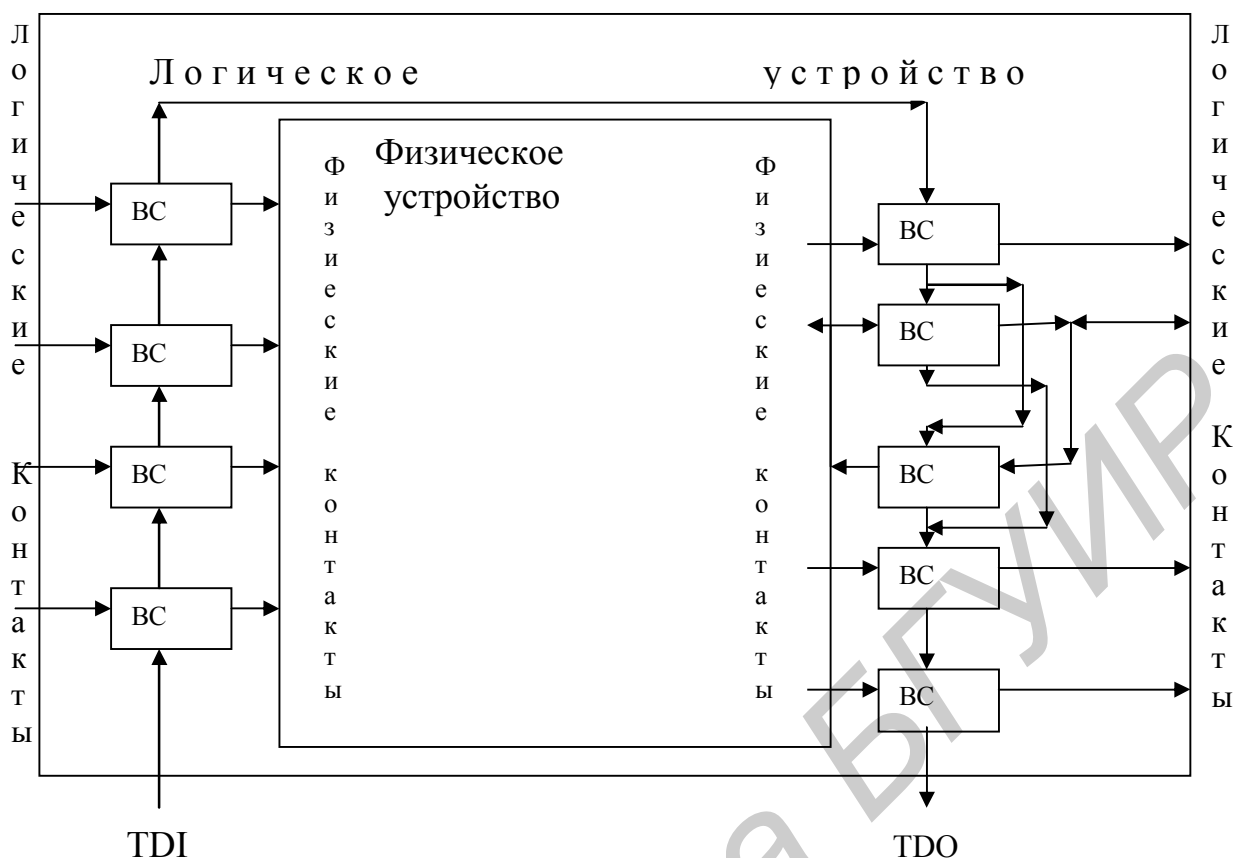


Рис. 2.16

Оболочка представляет набор буферных ячеек (BS), разделяющих контакты физического устройства от контактов логического устройства, к которым непосредственно подключаются линии интерфейса PCI. Каждая буферная ячейка включает элемент памяти на 1 бит и коммутирующую схему, которая может по соответствующим управляющим сигналам:

- подключать контакт физического устройства к контакту логического устройства;
- изолировать контакт физического устройства от контакта логического устройства;
- подключать входные контакты физического устройства к выходу элемента памяти буферной ячейки;
- подключать выходные контакты физического устройства ко входу элемента памяти буферной ячейки.

Буферные ячейки связаны друг с другом, образуя единый сдвигающий регистр данных, прием и выдача информации из которого выполняется последовательно, бит за битом. Ко входу сдвигающего регистра подключена линия TDI, а выход подключен к линии TDO.

Тестирование устройства выполняется с помощью контроллера JTAG. Программы тестирования разрабатываются для устройства изготовителем.

У каждого ПУ, поддерживающего данную процедуру тестирования, имеется специальная аппаратная поддержка, сложность которой зависит от

типа устройства, однако в минимальном варианте она должна обязательно включать четыре регистра:

- регистр данных (RD) – используется для хранения тестовых наборов и кода реакции устройства на эти наборы;

- регистр команды (RC) ;

- регистр идентификатора (RI) – хранится идентификатор, представляющий собой информацию, однозначно определяющий данное ПУ;

- регистр – шунт (BPR) – это одноразрядный регистр, используемый для организации сквозного прохода информации через данное ПУ.

Регистры связаны друг с другом, как это показано на рис. 2.17.

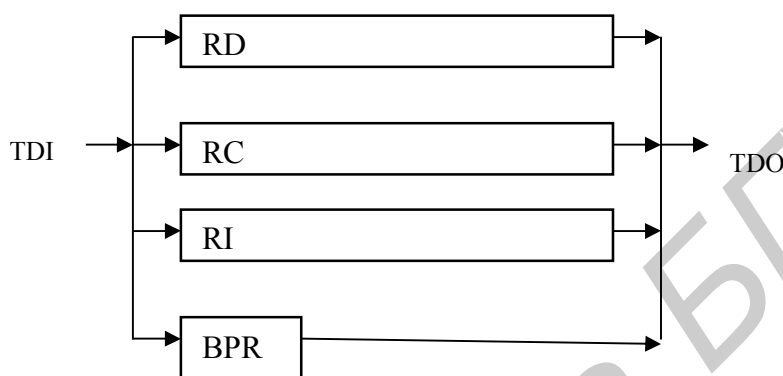


Рис. 2.17

Одновременно информация может приниматься только в один регистр. Если данное ПУ не тестируется и тестовую информацию требуется транзитом пропустить через него, то разрешается прием информации в BPR. В этом случае тестовая информация с TDI через BPR напрямую поступает на выход устройства TDO, минуя регистры данного устройства.

2.9. Интерфейс USB

Интерфейс USB представляет собой внутренний последовательный интерфейс, использование которого позволяет через один контроллер подключить к системному интерфейсу большое количество ПУ.

Используются следующие версии USB:

- USB 1.0, работающий с низкой (1,5 Мбит/с) или полной (12 Мб/с) скоростью;

- USB 2.0 со скоростью обмена до 480 Мбит/с;

- USB 3.0 со скоростью обмена до 5000 Мбит/с;

Имеется совместимость версий с более ранними версиями.

Физическая часть USB представлена в виде четырех линий – два экранированных сигнальных провода, провод для подачи питания и провод «земля».

Информация по сигнальным проводам может передаваться дифференциальными или линейными сигналами в обоих направлениях.

В USB 3.0 дополнительно введены две пары однонаправленных сигнальных линий (одна пара для каждого направления), по которым обмен может происходить одновременно. Эти пары используются для обмена только с устройствами USB 3.0.

Все процедуры взаимодействия с ПУ выполняются под управлением хост-компьютера (контроллера USB).

В USB различаются два вида компонент – «хаб» и «функция».

В упрощенном понимании хаб – это мультиплексор, а функция – это источник или потребитель информации. Функцию можно рассматривать как ПУ, обеспечивающее ввод или вывод информации. Функция и хаб могут быть выполнены в единой конструкции.

Компоненты в USB организованы по топологии звезды, как это показано на рис. 2.18. Длина линий связи не должна превышать 5 м, общее количество функций не должно быть больше 127, а максимальное удаление функции до хост-компьютера не должно превышать 25 м.

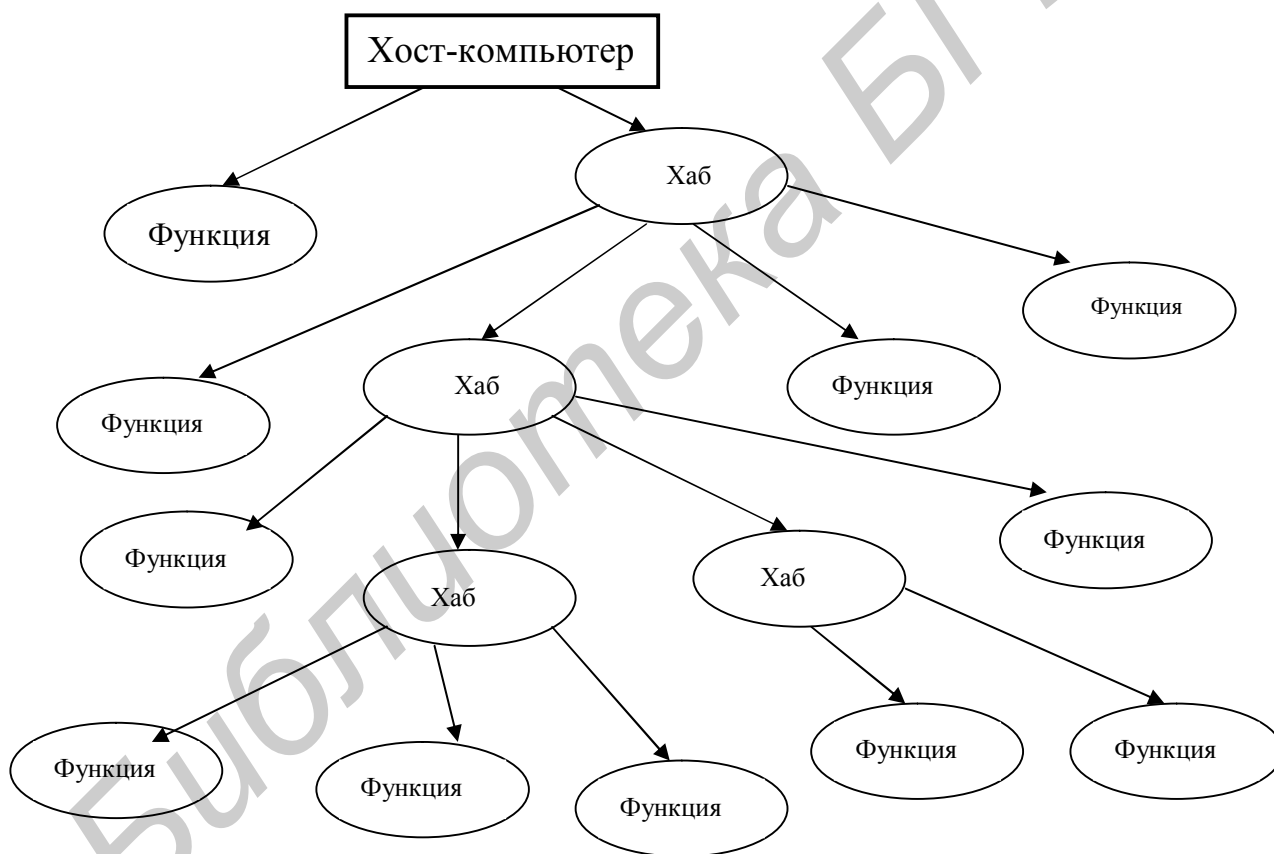


Рис. 2.18

Хаб имеет один восходящий и несколько нисходящих портов ввода – вывода. С помощью восходящего порта хаб подключается к хабу верхнего уровня. К нисходящим портам могут подключаться функции и один или несколько нисходящих хабов.

Хаб выполняет следующие функции:

- обеспечивает физическое подключение устройств;

- обеспечивает подачу питания на нисходящие порты, ограничивая потребляемый ими ток;
- уведомляет хост-компьютер о смене состояния подключенных к нему устройств;
- запрещает передачу информации от устройства, оказавшегося в неисправном состоянии;
- обеспечивает эффективное использование пропускной способности сегментов шины с различными предельными скоростями передачи информации.

Каждое устройство в USB логически представляется в виде набора независимых конечных точек, с которыми хост-компьютер может обмениваться информацией. При подключении устройства осуществляется его автоматическое конфигурирование. В результате устройству приписывается уникальный номер, с помощью которого хост-компьютер в дальнейшем будет обращаться к нему. Обращение к каждой конечной точке выполняется с помощью номера этой точки. Конечная точка описывается следующими параметрами:

- требуемая частота доступа к шине;
- допустимое время ожидания обслуживания;
- требуемая полоса пропускания канала;
- процедура обработки обнаруженных ошибок;
- направление и тип передачи.

Количество точек в устройстве может быть различным при обязательном присутствии точки с номером 0. Эта точка используется при конфигурировании устройства, для общего управления устройством и при опросе состояния устройства. Максимальное количество конечных точек – 15 для ввода и 15 для вывода информации.

При конфигурировании для каждой точки создается канал, который характеризуется параметрами соответствующей конечной точки.

На рис. 2.19 представлен пример подключения объектов в USB.

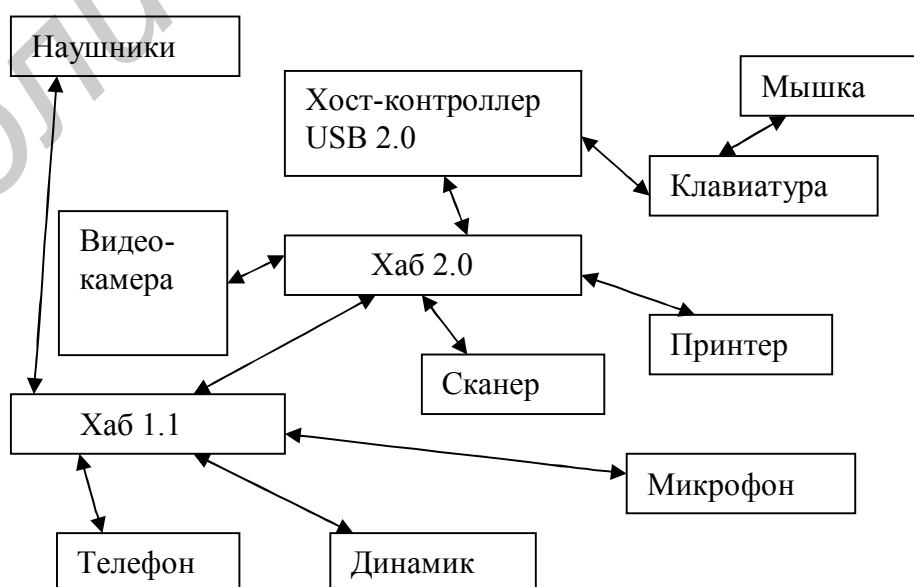


Рис. 2.19

В одной структуре USB могут использоваться компоненты разных версий, что отражено на приведенной схеме. Однако в этом случае необходимо следить за тем, чтобы для каждого хаба нижестоящий хаб не должен быть более поздней версии.

Протокол обмена

Основной единицей обмена информацией является пакет, который включает следующие компоненты (рис. 2.20):

поле синхронизации (ПС) – здесь записывается специальная последовательность бит, которая используется для настройки средств синхронизации считываемой в пакете информации;

поле данных (ПД) – содержит данные обмена;

поле контроля или байты циклического контроля (БЦК) содержат специально формируемые байты, используемые для обнаружения и исправления некоторых одиночных и двойных битовых видов ошибок.



Рис. 2.20

Взаимодействие с устройствами реализуется за счет выполнения транзакций. Транзакция представляет собой два или три пакета.

На рис. 2.21, а изображена транзакция для операции ввода (in). Приведенная транзакция включает следующие пакеты:

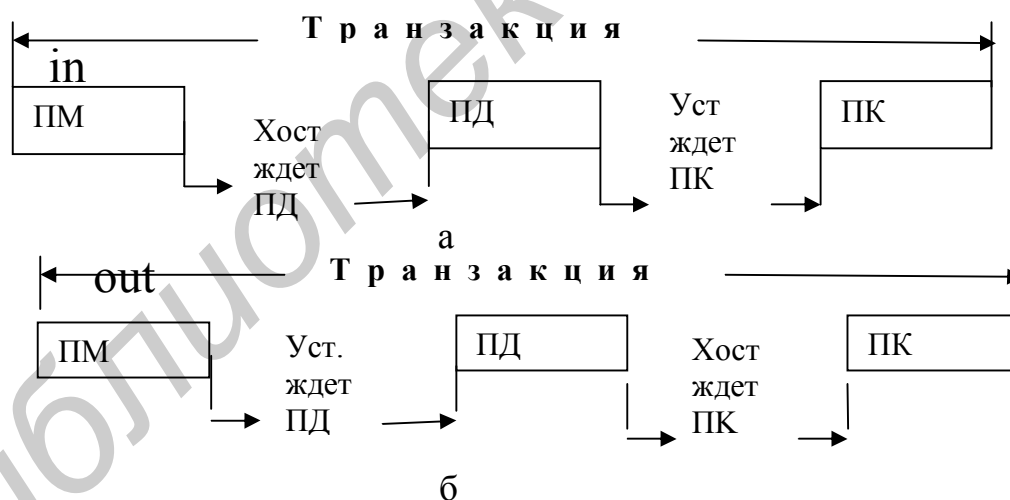


Рис. 2.21

ПМ – пакет маркер, определяющий номер адресуемого устройства и конечной точки, направление передачи, тип передачи;

ПД – пакет данных, включающий информацию, передаваемую устройством (в USB 3.0 при выводе объединяется с ПМ);

ПК – пакет квитирования, несущий сведения, как дошла информация до получателя.

При данной транзакции хост, передав ПМ, ждет от устройства пакет данных. Устройство, передав пакет данных, ждет от хоста пакет квитирования.

На 2.21, б изображена транзакция для операции вывода (out). При данной транзакции устройство, получив от хост пакет маркер, ждет от него пакет данных. Хост, передав пакет данных, ждет от устройства пакет квитирования.

В USB 3.0 используется блочная передача пакетов (в ранних версиях не поддерживается).

При выводе в блочном режиме хост посылает устройству очередной пакет данных, объединенный с пакетом маркером, в котором помещается также номер пересылаемого пакета в блоке. Устройство, получив пакет, направляет хосту пакет квитирования с указанием номера полученного пакета. Хост посылает очередной пакет данных блока, не дожидаясь прихода соответствующего пакета квитирования.

При вводе в блочном режиме хост посылает устройству пакет-маркер с указанием количества пакетов в блоке, и устройство начинает передавать пакеты с указанием адресной информацией и номером пакета. Хост при получении очередного пакета формирует и направляет устройству пакет квитирования с указанием номера пакета. Устройство посылает очередной пакет данных, не дожидаясь прихода соответствующего пакета квитирования. Передача пакетов данных и пакетов квитирования по линиям интерфейса может выполняться одновременно.

Хост-компьютер осуществляет обмен с устройствами в соответствии с распределением ресурса пропускной способности, циклически формируя кадры (frames), в которые укладывает все запланированные транзакции (рис. 2.22). Каждый кадр начинается с маркера начала кадра (EOF). Внутри кадра между отдельными блоками оставляются промежутки, что позволяет включать в уже сформированный и передаваемый кадр блоки для нетерпящих отлагательства передач.

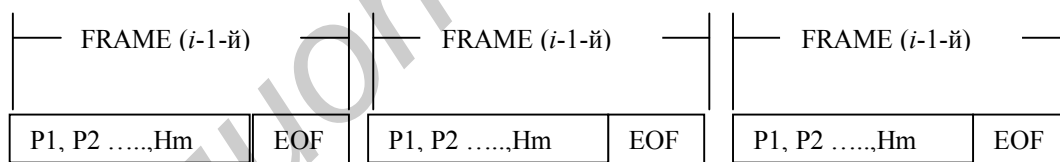


Рис. 2.22

Типы передач данных

Передачи типа *управления* используются для обмена с нулевыми точками при конфигурировании и для управления работой ПУ. Это короткие послышки с гарантированной доставкой.

Передачи типа *прерывания* используются при передаче скен-кода с клавиатуры, координат от мыши и т. п. Это короткие послышки с ограниченным временем ожидания. Их доставка гарантирована.

Передача *массивом* используются пакеты большой длины, нет особых требований по ожиданию передачи. Доставка гарантируется. Как правило, такие передачи выполняются в фоновом режиме.

Изохромные передачи характеризуются большим объемом, ограниченным временем ожидания, и без гарантии доставки. Пример – передача в реальном масштабе времени теле- и аудиоинформации.

3. ВИДЕОТЕРМИНАЛЫ

Видеотерминалы, или дисплеи (display – показывать, индицировать) – это устройства ввода – вывода данных для визуального отображения на экране информации в форме, удобной для пользователя, при работе в интерактивном режиме. Используются два основных режима вывода информации на экран: *алфавитно-цифровой (текстовый)* и *графический*.

Текстовый предназначен для работы только с буквенной, цифровой и символьной информацией. *Графический* режим является универсальным. В нем могут отображаться не только графическая информация (графики, чертежи, рисунки и т. д.), но и символы как частный случай графической информации. В современных компьютерах, как правило, видеотерминалы поддерживают оба режима.

По способу формирования изображения графические дисплеи компьютера подразделяют на *векторные* и *растровые*.

В устройствах *векторного* типа последовательность обрабатываемых точек соответствует контуру графического изображения.

В *растровых* дисплеях последовательность обрабатываемых точек не зависит от вида графического изображения. Как правило, точки каждой строки обрабатываются последовательно в порядке их расположения на экране; по завершении обработки точек очередной строки начинается обработка ближайшей строки, следующей и т. д. Такая последовательность образует на поверхности носителя траекторию, которая называется линейным растром.

Большинство современных дисплеев персональных компьютеров являются растровыми. Для изображения символов используются специальные устройства – знакогенераторы, которые преобразуют кодированное представление символов в их графическую форму.

Носитель информации в дисплее (экран, монитор или индикатор), представляет собой двумерную поверхность, разбитую на отдельные точки (пикселей), организованные в виде прямоугольной матрицы из n строк по m пикселей в каждой. Произведение n на m соответствует уровню дискретизации двумерной поверхности монитора.

При формировании цветного изображения используется понятие «логический пиксел». Логический пиксел состоит из нескольких (как правило, трех) физических пикселей, каждый из которых отвечает за один из базовых цветов (например, голубой, красный, зеленый). При выборе точки на поверхности экрана осуществляется выбор одного из логических пикселей, а цвет логического пикселя задается яркостью каждого из его физических пикселей.

3.1. Типы мониторов

Мониторы могут быть реализованы на электронно-лучевой трубке (ЭЛТ) или на плоских матрицах, которые основаны на жидких кристаллах, плазменных элементах, светодиодах и люминофорах.

Мониторы на ЭЛТ

ЭЛТ представляет собой конструкцию, иллюстрируемую рис. 3.1

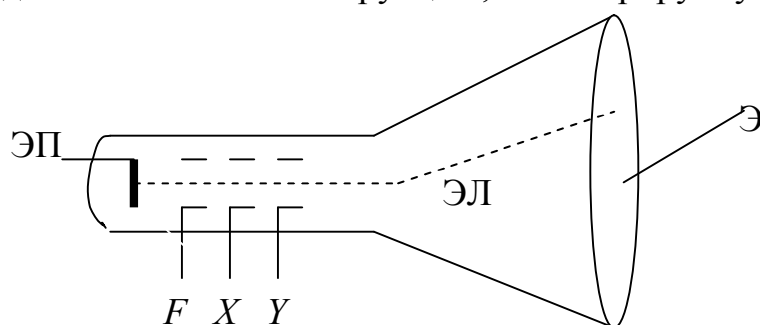


Рис. 3.1

На рис. 3.1 приняты следующие обозначения:

ЭП – электронный прожектор, формирующий электронный луч ЭЛТ;

ЭЛ – электронный луч;

Э – экран ЭЛТ;

F – система фокусировки луча;

X, Y – системы отклонения луча по осям X, Y.

При отображении информации на электронный прожектор подается высокое напряжение относительно экрана порядка нескольких тысяч вольт. При этом в направлении экрана формируется поток электронов. В области действия системы F электронный поток фокусируется в виде тонкого электронного луча. Степень фокусировки луча определяет разрешающую способность (расстояние между пикселями).

Под воздействием отклоняющей системы электронный луч направляется в точку экрана с заданными координатами X, Y. В результате «бомбардировки» электронами специальный материал поверхности экрана начинает светиться.

При цветном изображении в ЭЛТ используются несколько электронных прожекторов (по числу базовых цветов). На каждый из них подается напряжение, величина которого зависит от нужной интенсивности свечения соответствующего физического пикселя.

Мониторы на ЭЛТ имеют сравнительно простую конструкцию, а следовательно, и сравнительно низкую стоимость. Они отличаются хорошей яркостью цветов, т. к. пиксели сами генерируют свет. Однако им присущ и ряд недостатков:

- использование высокого напряжения;
- наличие облучения пользователя, несмотря на принимаемые меры по экранировке;
- наличие искажений по периферии экрана;
- большие габариты.

Жидкокристаллические мониторы LCD (LIQUID CRYSTAL DISPLAY)

Материал типа «жидкий» кристалл представляет собой особое жидкое вещество, которое под воздействием электрического поля начинает обладать свойством кристаллического материала, а именно его молекулы начинают

принимать одинаковую ориентацию, что характерно для кристаллического вещества. Материал с одинаково сориентированными молекулами, в свою очередь, обладает свойством изменения плоскости поляризации светового потока, отражающего или проходящего через этот материал.

При построении мониторов на жидкокристаллическом материале этот материал помещается между тонкими прозрачными пластинами, и через дифракционную решетку, обеспечивающую поляризацию света, на него подается световой поток. Прошедший через жидкокристаллическое вещество световой поток пропускается через поляризационный фильтр. Таким образом, на выходе поляризационного фильтра будет иметь место воспринимаемый человеком световой поток, если свет прошел через жидкокристаллическое вещество, не подвергаясь воздействию электрическим полем. В противном случае плоскость поляризации света будет изменена, и световой поток не пройдет через поляризационный фильтр, настроенный на исходную плоскость поляризации.

Конструктивно жидкокристаллический монитор представляет собой тонкую плоскую колбу. На внутренней стороне одной из двух плоских стенок колбы имеются параллельные выпуклые полоски; на внутренней стороне второй плоской стенке колбы имеются точно такие полоски, но ориентированные под прямым углом по отношению к полоскам противоположной стенки. Эти полоски как бы разбивают колбу на отдельные ячейки, совокупность которых образует плоскую матрицу. Каждый отдельный жидкокристаллический элемент может подвергаться воздействию электрическим током, в результате чего можно разрешить или запретить прохождение через него светового потока. А это означает, что этот элемент представляет собой пиксел, т. е. участок плоского носителя, световыми параметрами которого можно управлять.

По внешней стороне каждой из двух стенок колбы наносятся координатные шины: по одной стороне – шины X , по другой стороне – шины Y . Шины изготавливаются из прозрачного проводника. В монохромной матрице каждый адресуемый ее элемент (логический пиксел) представлен одним физическим пикселем. В «цветной» матрице каждый адресуемый ее элемент (логический пиксел) представлен тремя соседними физическими пикселями, каждый из которых отвечает за один из трех базовых цветов. Интенсивность света, проходящего через физический пиксел, определяется напряжением, подаваемым на соответствующую шину базового цвета.

Один из способов задания цветности физического пиксела основан на использовании цветных фильтров, определяющих нужный цвет проходящего через него света.

Жидкокристаллическое вещество инерционно – при переходе из естественного состояния в состояние кристалла и наоборот проходит некоторое время. При восприятии изображения это обуславливает инерционность при смене цветов (явление «размазывания»). Для уменьшения этого недостатка используются так называемые активные матрицы. От обычных, ранее рассмотренных матриц (которые называются пассивными), активные матрицы

отличаются тем, что физический пиксел подвергается воздействию не непосредственно сигналом, имеющим место на координатной шине, а через транзистор, обслуживающий данный пиксел. Транзистор увеличивает мощность сигнала, воздействующего на пиксел, и тем самым уменьшает задержку изменения состояния жидкокристаллического материала.

Жидкокристаллическая матрица – это многослойный «пирог», составленный из матриц координатных шин, дифракционной решетки, собственно жидкокристаллического материала, поляризационных и цветных фильтров, координатных шин X и Y выбора физических пикселов, шин базовых цветов и в большинстве случаев содержащий миллионы усилительных транзисторов. Все вышеперечисленное определяет сложность данного типа мониторов, а следовательно, обуславливает их сравнительно высокую стоимость. Пикселы этой матрицы не генерируют сами, а пропускают через себя свет, что создает определенные проблемы с яркостью формируемого изображения.

Достоинства этого типа мониторов: абсолютно плоский экран, экологичность, фактически отсутствуют краевые искажения, компактность, нет высокого напряжения и негативного эффекта от облучения.

Плазменный монитор

Активным веществом в этих мониторах является особый газ, заключенный в плоскую прозрачную колбу. Под воздействием электрического поля через активное вещество проходит коронный разряд, переводящий газ в плазменное состояние. Под воздействием образовавшейся плазмы начинает светиться красящее вещество, покрывающее стенки колбы. Матрица координатных шин, на которые подается напряжение, разделяет поверхность колбы на отдельные пикселы. Коронный разряд возникает только в том элементе активного вещества, который находится между выбранными координатными шинами.

Мониторы этого типа обладают хорошей яркостью, нет проблем с углом обзора. Они экологичны, имеют абсолютно плоский экран, компактны, нет проблем с краевыми искажениями.

Недостатки этих мониторов: высокая стоимость, малый срок службы, необходимость использования высокого напряжения, высокая энергоемкость.

Мониторы на люминофорах (Light Emission Plastics (LEP))

В качестве рабочего вещества в этих мониторах используются люминофоры – вещество, которое под воздействием электрического поля начинает светиться. Использование этого принципа позволяет создавать самые тонкие мониторы (толщина может измеряться миллиметрами). Здесь применяется самый дешевый носитель.

Однако данные мониторы обладают существенными недостатками: малый срок службы, малый коэффициент полезного действия (в лучшем случае единицы процентов).

3.2. Блок развертки

Развертка поверхности монитора осуществляется в виде линейного раstra, который аналогичен применяемому в бытовой телеаппаратуре. Такая развертка отражает построчную траекторию последовательности обрабатываемых точек экрана, включающего « n » рабочих строк (рис. 3.2).

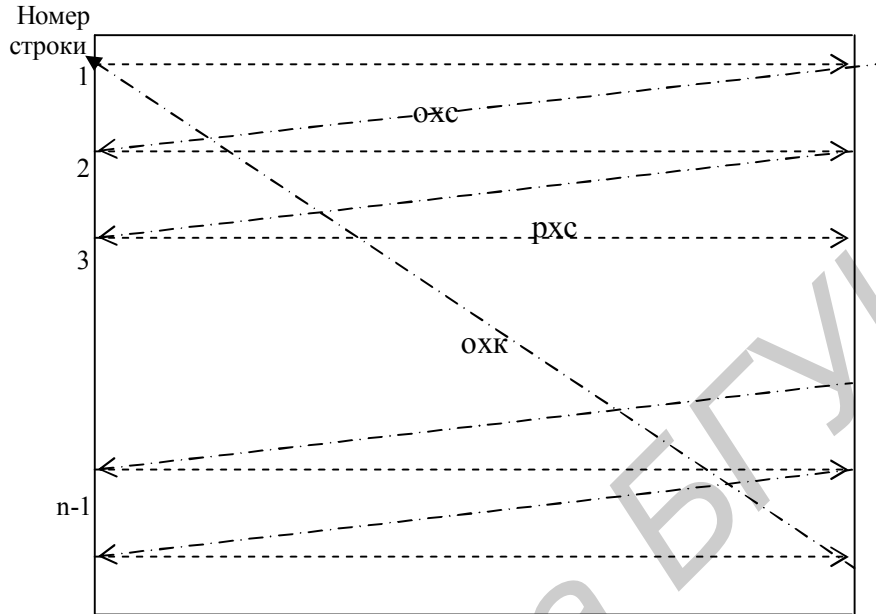


Рис. 3.2

Пунктирные линии, одна из которых обозначена как «рхс» (рабочий ход по строке), указывают последовательность перебора точек-пикселей очередной строки экрана при рабочем ходе луча. Штрихпунктирные линии обозначают перемещение луча при его обратном ходе:

охс – обратный ход по строке;

охк – обратный ход по кадру.

На участках носителя, соответствующих обратному ходу луча (по кадру или по строке), пиксели не отображаются.

Для обеспечения такой траектории обработки пикселей на экране, необходимо обеспечить динамику изменения координат X и Y обрабатываемого пикселя, соответствующую временной диаграмме, приведенной на рис. 3.3, на котором приняты следующие обозначения:

τ_{Π} – время перехода от одного пикселя к соседнему по горизонтали;

$\tau_{\text{стр}}$ – время перебора всех пикселей одной строки, определяемое как

$$\tau_{\text{стр}} = m\tau_{\Pi},$$

где m – количество пикселей в строке;

$\tau_{\text{к}}$ – время перебора всех пикселей всех строк или время формирования кадра.

Временная диаграмма на рис. 3.3 построена для случая, когда количество пикселей в строке равно пяти, а количество строк на экране равно трем.

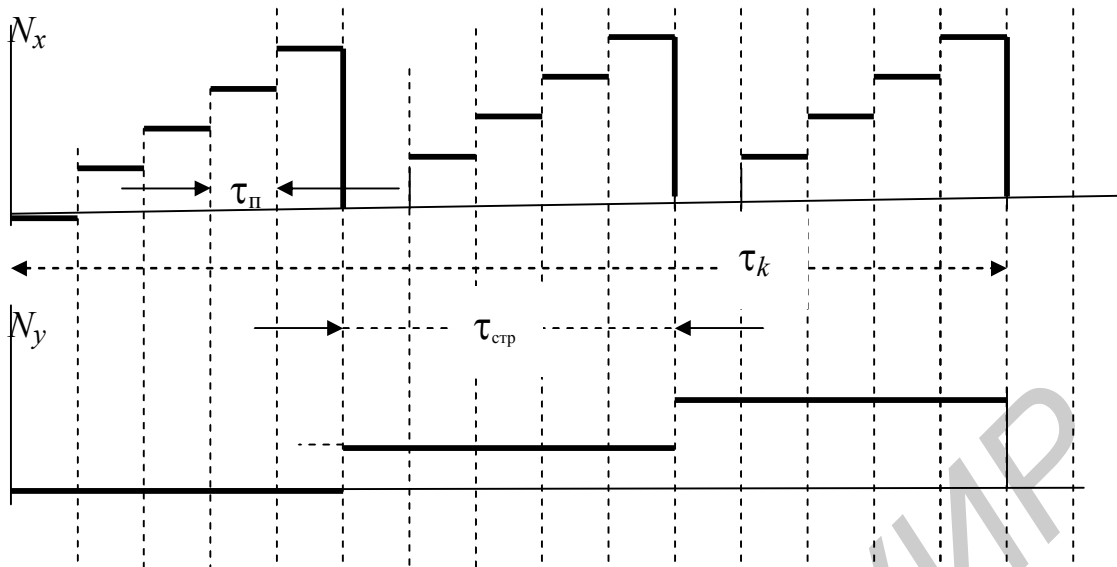


Рис. 3.3

На рис. 3.4 приведена логическая схема формирования последовательности координат точек при рассматриваемой развертке экрана.

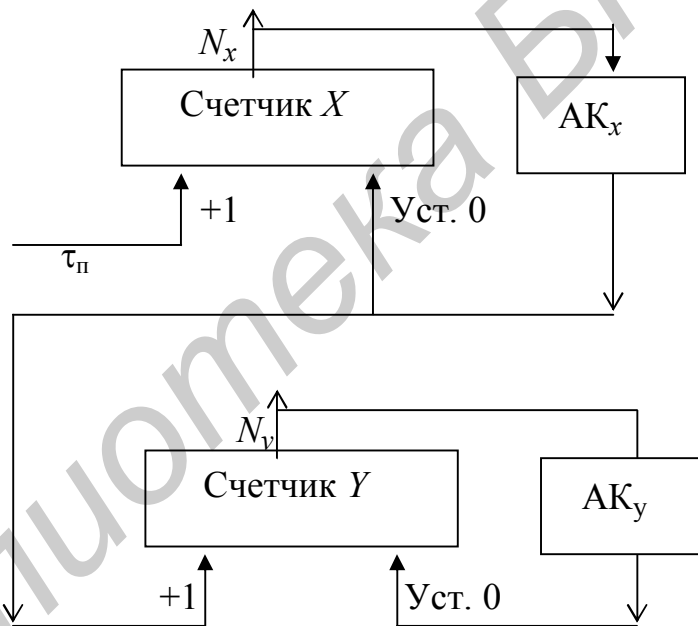


Рис. 3.4

На рис. 3.4 приняты следующие обозначения:

счетчик X и счетчик Y – счетчики, в которых формируются коды N_x и N_y координат X, Y текущей точки (пиксела) на экране;

+1 – счетный вход счетчика;

Уст. 0 – вход установки нулевого значения в счетчике;

$АК_x$ – анализатор выходного кода счетчика X , вырабатывающий сигнал, когда в счетчике будет сформирован код, соответствующий завершению формирования последнего пиксела в строке;

$АК_y$ – анализатор выходного кода счетчика Y , вырабатывающий сигнал, когда в счетчике будет сформирован код, соответствующий завершению формирования последней строки на экране.

При применении ЭЛТ координаты N_x и N_y используются для формирования сигналов отклоняющей системы (рис. 3.5).

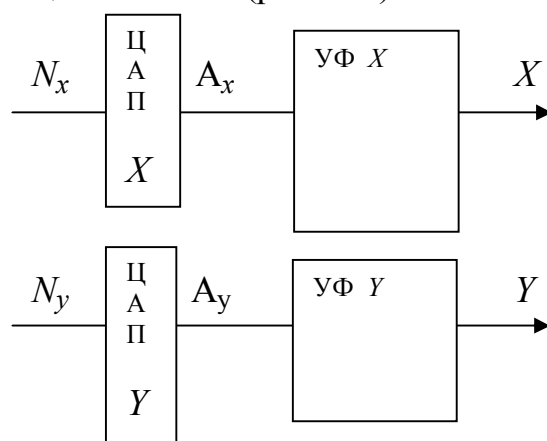


Рис. 3.5

На рис. 3.5 приняты следующие обозначения:

N_x , N_y – коды координат текущей точки экрана, поступающие от блока развертки;

ЦАП X (ЦАП Y) – цифроаналоговый преобразователь, формирующий на своем выходе аналоговый сигнал, соответствующий коду на входе;

A_x , A_y – аналоговые сигналы для отклоняющей системы ЭЛТ, соответствующие кодам N_x , N_y ;

X , Y – сигналы управления для отклонения луча ЭЛТ по осям X , Y .

На рис. 3.6 приведена схема управления выбором пиксела в матрице плоских мониторов. Здесь приняты следующие обозначения:

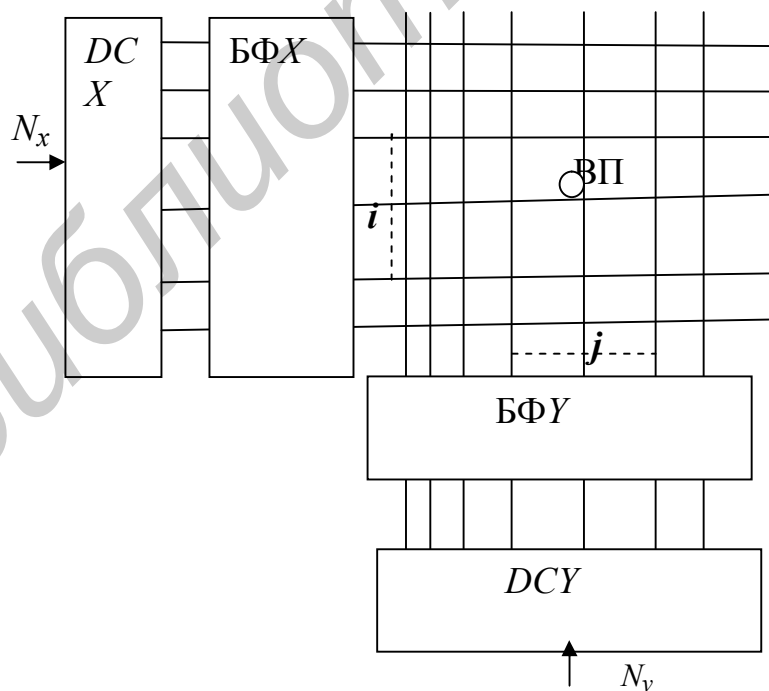


Рис. 3.6

DCX и DCY – декодеры, которые вырабатывают сигналы на одном из выходов, соответствующем значению входного кода;

БФХ, БФУ – блоки, формирующие сигналы с заданными параметрами, которые подаются на координатные шины X , Y матрицы;

ВП – выбираемый логический пиксел матрицы, который лежит на пересечении i -й и j -й координатных шин, на которых в данное время имеются сигналы.

Для восприятия мигающего изображения информации на экране необходимо ее повторное изображение (регенерация) с такой частотой, при которой изображение воспринималось бы глазом человека как немигающее. Для большинства используемых в настоящее время мониторов такой частотой является частота, превышающая 40 Гц. Реально частота регенерации доходит до 100 Гц, т. к. с ростом частоты регенерации утомляемость пользователя, работающего с экраном, уменьшается.

Для виртуального повышения частоты регенерации используется прием, который называется «чресстрочная» развертка. При чресстрочной развертке весь кадр разбивается на два полукадра – один представлен четными строками кадра, другой нечетными строками. За один период регенерации сканируются оба полукадра: сначала полукадр четных строк, затем полукадр нечетных строк. Соответствующие точки соседних четной и нечетной строк располагаются на малом расстоянии друг от друга. Поэтому мигание одной точки в четной строке на первом полупериоде регенерации и соседней с ней точки нечетной строки на втором полупериоде воспринимаются человеческим глазом как два мигания одного источника света. Это создает впечатление мигания с частотой, в 2 раза большей, чем частота, соответствующая регенерации полного кадра. За счет этого становится возможным уменьшить частоту регенерации кадров в 2 раза.

3.3. Алфавитно-цифровой режим видеотерминала

Структурная схема средств видеотерминала, работающего в алфавитно-цифровом режиме, представлена на рис. 3.7.

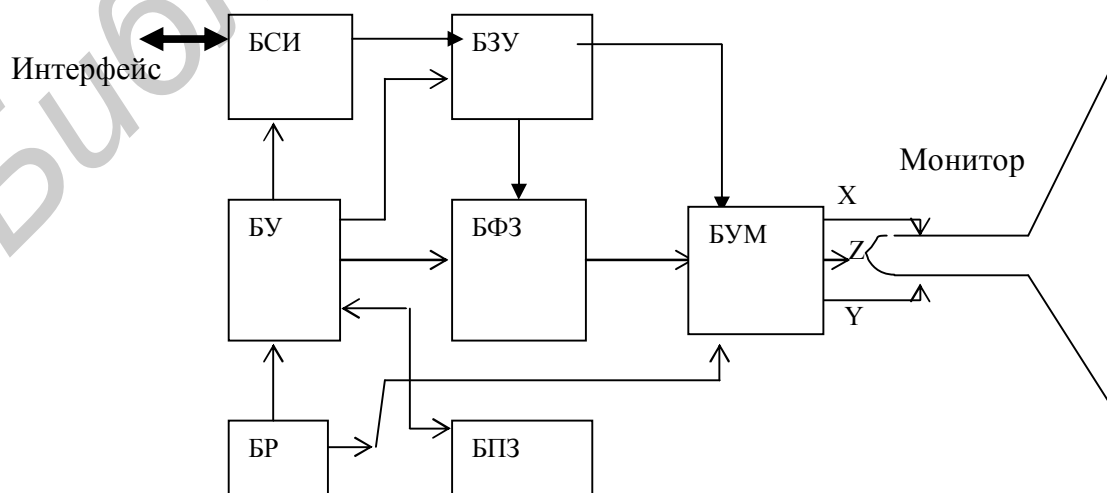


Рис. 3.7

На рис. 3.7 приняты следующие обозначения:

БСИ – блок согласования с интерфейсом;

БЗУ – буферное запоминающее устройство, в котором хранится кодовая модель экрана;

БФЗ – блок формирования знаков, обеспечивающий переход от кодового представления знаков к их геометрической форме;

БУМ – блок управления монитором, обеспечивающий формирование сигналов, задающих координаты и цветность текущего пиксела на экране;

БПЗ – блок позиции знака; блок вырабатывает сигналы, определяющие местоположение (знакоместо) формируемого контура знака на экране;

монитор, который в данном случае представлен в виде ЭЛТ;

БР – блок развертки;

БУ – блок управления.

Блок позиции знака

Данный блок (см. рис. 3.7) формирует сигналы, определяющие знакоместо (место на экране, в котором располагается контур одного знака). К числу таких сигналов относятся:

- начало поля знака по вертикали;
- конец поля знака по вертикали;
- начало поля знака по горизонтали;
- конец поля знака по горизонтали;
- номер текущего формируемого фрагмента знака.

Сигнал начало поля знака по вертикали формируется в начале очередной строки знаков. Строка знаков состоит из нескольких растровых строк, по которым выполняется сканирование (развертка) экрана, и сигнал начало очередной строки знаков формируется через каждые n растровых строк, где n определяет шаг по вертикали между строками знаков, выраженный в шагах между пикселями (в растровых строках). На рис. 3.8 иллюстрируется соотношение понятий «строка знаков», «растровая строка», количество знаков в строке, ширина и высота знака.

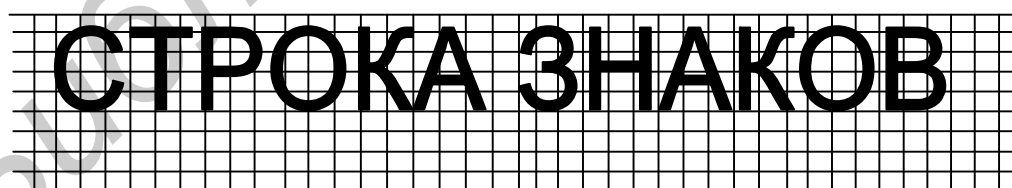


Рис. 3.8

Буферное запоминающее устройство

Запоминающая среда БЗУ разбита на отдельные участки, в каждом из которых записывается информация, относящаяся к одному знаку. Такой информацией могут быть код знака и его атрибут, определяющий цветность контура, режим отображения контура (постоянный или мигающий), цветность точек фона поля знака. Длина такого участка в памяти может занимать

до 4 байт (1 байт при монохромном режиме). Местоположение описания одного знака в запоминающей среде однозначно связано с местоположением соответствующего ему знакоместа на экране.

Таким образом, информацию в БЗУ можно рассматривать как кодированную знаковую модель экрана (кадра). При использовании линейной растровой развертки поверхности экрана синхронно с перемещением луча по экрану изменяется адрес обращения к БЗУ таким образом, что при текущем положении луча в некотором знакоместе осуществляется обращение к локации БЗУ, где хранится описание знака, который должен быть отображен в этом знакоместе.

Емкость БЗУ ($V_{\text{БЗУ}}$) определяется как

$$V_{\text{БЗУ}} = pfv_{\text{зн}},$$

где $v_{\text{зн}}$ – объем информации, описывающей один знак в БЗУ;

p – количество знаковых строк;

f – количество знаков в строке.

Код знака представляется одним байтом, для задания цветности может быть использовано от одного бита до трех байт.

Блок формирования знака

По принципу формирования знака на носителе можно выделить:

- БФЗ, использующий набор готовых знаков;
- БФЗ знаковосинтезирующего типа.

В БФЗ, использующем набор готовых знаков, формирование знака по заданному коду сводится к выбору соответствующего контура из имеющегося множества готовых контуров. Это множество контуров знаков включает контуры всех знаков алфавита, с которым работает БФЗ. В настоящее время такой принцип формирования контура знака используется крайне редко.

Знакосинтезирующие БФЗ

В БФЗ знаковосинтезирующего принципа контур знака формируется как набор некоторых элементов из имеющегося набора фрагментов. Наиболее часто в качестве общего набора фрагментов используется точечная двумерная матрица, причем каждому пикселу знакоместа на экране ставится в соответствие одна точка матрицы.

При отображении контура знака осуществляется сканирование знакоместа и, используя описание знака, в очередной точке (пикселе) наносится отметка, если эта точка принадлежит контуру.

Пример точечной матрицы знакоместа и его сканирование с помощью линейного раstra приведены на рис. 3.9 для случая отображения знака «4», а также кодовое описание знака «4». Описание контура знака находится в памяти. Для распознаваемого отображения контура знаков, включая цифры, буквы русского и латинского алфавита и некоторые спецзнаки, достаточно иметь матрицу точек размерностью 8x8, однако качество отображения контуров знаков в этом случае будет далеко от качества типографского шрифта, который используется как эталон качества отображения знака. В современ-

ных видеотерминалах используются матрицы, в которых количество строк и колонок измеряется десятками единиц.

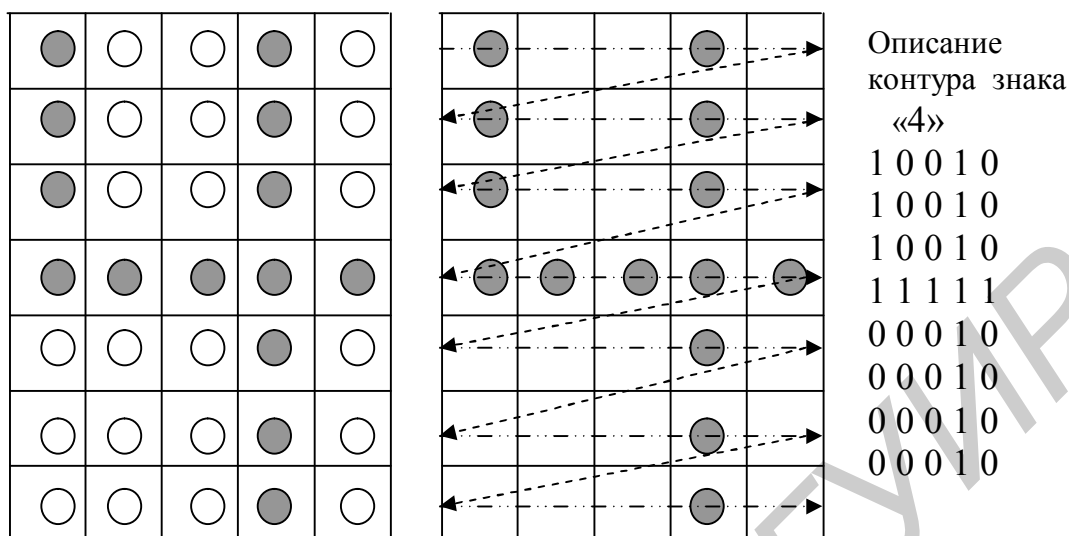


Рис. 3.9

При отображении контура знака на основании кода знака осуществляется обращение к области памяти, где хранится описание соответствующего контура. В процессе сканирования очередного строчного фрагмента знако-места из памяти извлекается код, соответствующий очередной растровой строке. Этот код используется для управления яркостью соответствующих пикселей.

Сканирование отдельного знако-места локальным линейным растром (см. рис. 3.9) (локальный растр), как правило, не применяется, т. к. в этом случае усложняется режим управления отклонением лучом. Наиболее часто используется для отображения знаков полный линейный растр, приведенный на рис. 3.2.

Блок-схема средств видеотерминала при использовании полного растра приведена на рис. 3.10, где приняты следующие обозначения:

БЗУ1 используется для хранения кодовой модели кадра;

БЗУ2 используется для хранения описания контуров знака;

РД БЗУ1 – регистр данных БЗУ1;

РА БЗУ1 – регистр адреса БЗУ1;

РА БЗУ2 – регистр адреса БЗУ2;

РД БЗУ2 – сдвигающий регистр данных БЗУ2;

БПЗ – блок позиции знака;

БР – блок развертки, вырабатывающий соответствующие сигналы;

УПР монитором – блок управления монитором, вырабатывающий сигналы, определяющие координаты XU текущего пикселя и его цветность;

БУ – блок управления, осуществляющий выработку сигналов управления всеми блоками рассматриваемой схемы.

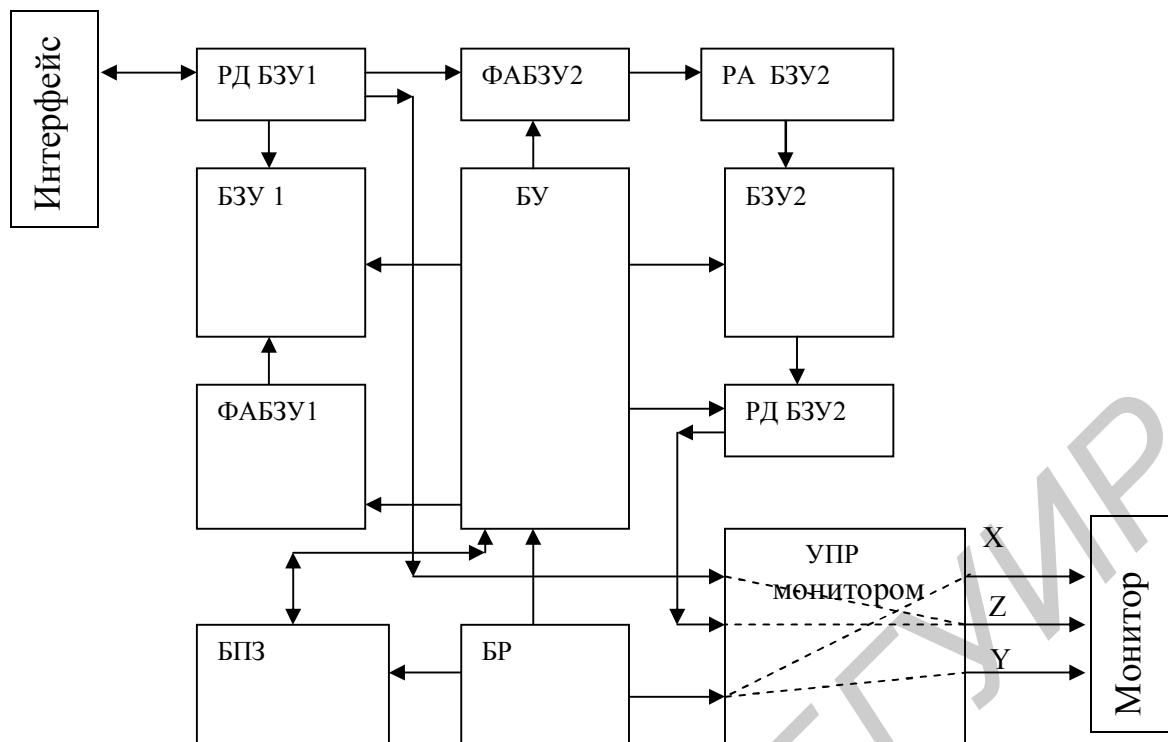


Рис. 3.10

Приведенная схема (см. рис. 3.10) работает следующим образом.

Для начальной растровой строки осуществляется обращение к БЗУ1 и читается информация о коде знака, который необходимо отобразить в начальном знакоместе начальной строки знаков. Прочитанная информация попадает в РД БЗУ1. Информация, определяющая цветность (атрибут), направляется в БУ монитором для задания сигнала Z . На основании прочитанного кода знака и текущего значения J (номер текущей строки раstra в знаковой строке) БФА БЗУ2 формирует адрес для обращения к БЗУ2 за счет суммирования адреса начала области, в которой хранится описание знака, код которого находится в РД БЗУ 2, и j (для начальной растровой строки $j = 0$). Адреса начала области, в которой хранится описание знака, однозначно определяется кодом знака. Прочитанная информация о текущем фрагменте знака направляется в РД БЗУ2.

При каждом перемещении луча к следующему пикселу текущей растровой строки код в регистре РД БЗУ2 сдвигается. Бит, появляющийся при этом на выходе РД БЗУ2, определяет принадлежность текущего пиксела к контуру знака. Его значение используется для модуляции сигнала Z . При поступлении с блока позиции знака сигнала начала следующего знакоместа осуществляется обращение к следующему адресу БЗУ1, в котором находится информация о знаке, отображаемом в следующем знакоместе, и процедура повторяется для нового знака.

Эта процедура повторяется до тех пор, пока от блока позиции знака не поступит сигнал об окончании последнего знакоместа в текущей строке знаков. Дальнейшие действия определяются значением j .

Если текущее значение j не соответствует последней текущей растровой строке знаковой строки, то выполняются следующие действия:

- в РА БЗУ1 устанавливается адрес, соответствующий местоположению в запоминающей среде записи о знаке, отображаемом в начальной позиции текущей знаковой строки;

- БПЗ увеличивает значение j на «1», и начинается процесс обработки очередной растровой строки текущей строки знаков, который аналогичен процессу обработки предыдущей растровой строки.

Если текущее значение j соответствует завершению текущей растровой строки знаков, то устанавливается $j = 0$ и увеличивается на «1» адрес в РА БЗУ 1, т. е. устанавливается адрес обращения к записи, соответствующей следующему знакоместу, а т. к. текущее знакоместо является последним в обрабатываемой строке знака, то это означает переход к начальному знакоместу следующей строки знаков.

После того как будет закончена обработка всех фрагментов последней строки знаков, текущий цикл регенерации кадра считается завершенным и осуществляется очередное обращение к началу описания кадра в БЗУ1.

При описании изменения адреса обращения к БЗУ1 условно принято, что в одном адресе находится описание одного знака.

3.4. Графический режим работы видеотерминала

В графическом режиме на экране монитора отображается графическая информация, поступающая из памяти компьютера или вводимая пользователем вручную.

Графический режим характеризуется тем, что каждый пиксел в выходном описании задается отдельно, причем описание отдельных пикселов располагается в последовательности, соответствующей развертке экрана.

Память, в которой хранится выходное графическое описание, называется *видеопамятью* или *видеобуфером*. Часто видеопамять занимает некоторый диапазон адресов в общем адресном пространстве оперативной памяти ЭВМ. Она одинаково доступна и для системы, и для видеоадаптера. Чтобы адаптер не занимал системный интерфейс при обращении к видеопамяти, видеопамять снабжается двумя каналами доступа, что позволяет освободить системный интерфейс.

Характер распределения объема памяти для по пиксельного описания графической информации определяет логическую организацию памяти.

Наиболее часто используется линейная организация, при которой информация о последовательности пикселов располагается в последовательных адресах запоминающей среды с учетом количества бит, отводимых для описания одного пиксела. Здесь возможны следующие соотношения «пиксел – байт»:

- 1 пиксел – 1 бит; монохромный режим, в 1 байте памяти записывается информация о 8 пикселах;

1 пиксел – 2 бита; в одном байте памяти записывается информация о 4 пикселах;

1 пиксел – 8 бит (1 байта); в одном байте памяти записывается информация об одном пикселе;

1 пиксел – 15 бит; информация о пикселе размещается в памяти в 2 байтах;

1 пиксел – 16 бит; информация о пикселе размещается в памяти в 2 байтах;

1 пиксел – 3 байта;

1 пиксел – 4 байта.

Общий объем видеопамати, требуемый для попиксельного выходного описания графической информации одного кадра, зависит от длины описания одного пиксела (т. е. от цветности) и разрешающей способности экрана. Данные об объеме видеопамати при работе с различными цветностью и разрешающей способности приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Бит/пиксел	Число цветов	Разрешение			
		640x480	800x600	1024x768	1280x1024
4	16	150 кбайт	234	384	640
8	256	300	469	768	1250
15	32768	600	938	1500	2200
16	65536	600	938	1500	2200
24	16 777 216	900	1300	2250	3750

Выходное описание графической информации для одного кадра имеет весьма внушительный объем. В связи с этим затруднительно хранить в основной памяти графическую информацию и передавать ее в видеобуфер дисплея в форме выходного попиксельного описания. Поэтому в основной памяти используется сжатая форма представления графической информации. В сжатой форме графическая информация представлена на уровне описания отдельных ее областей, компактного задания информации о линиях, кодирования различных объектов и т. д.

Для перехода от сжатой формы представления графической информации к ее выходному описанию используется графический процессор, функции которого могут выполнять центральный процессор или специальный автономный графический процессор. В последнем случае существенно разгружается центральный процессор от обработки графической информации и уменьшаются затраты времени на ее выполнение.

Графический процессор в структуре видеотерминала может быть использован в двух режимах: режиме реального времени и без использования реального времени.

В режиме *реального времени* графический процессор должен обрабатывать информацию (например, переходить от сжатого описания к выходному описанию графической информации) непосредственно в процессе ее вывода на экран.

Положение графического процессора в структуре адаптера при использовании режима реального времени приведено на рис. 3.11.

Без использования режима реального времени перед выводом графической информации процессор выполняет все виды обработки исходной информации и формирует выходное описание. Полностью сформированное выходное описание кадра используется при очередной регенерации (рис. 3.12).

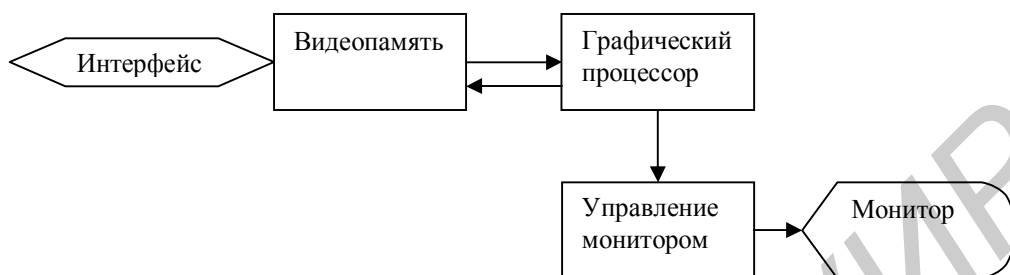


Рис. 3.11

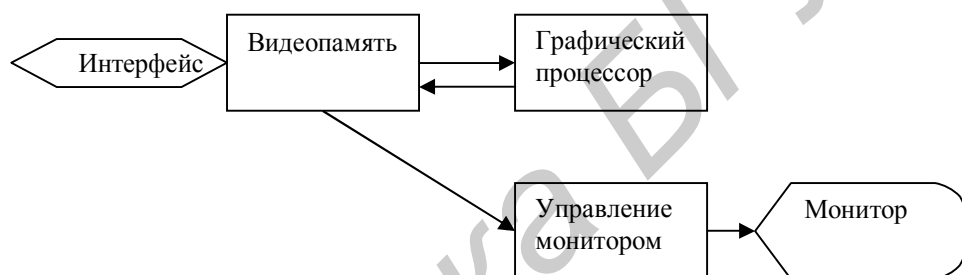


Рис. 3.12

При использовании режима разделения времени требуется меньший объем видеопамяти и увеличивается оперативность вывода графической информации, однако в этом случае предъявляются жесткие требования к быстродействию графического процессора.

Помимо формирования выходного описания графический процессор может выполнять и другие функции, например:

- перемещать информацию из одной части памяти в другую;
- формировать отдельные графические элементы;
- организовывать работу с вложенными окнами;
- выполнять заливку (закраску) областей;
- выполнять параллельную обработку графической информации.

Задание цвета и механизм палитры

При задании общего цвета каждому базовому цвету выделяется одинаковое количество бит. Если это невозможно, большее количество битов отводится зеленому цвету.

В некоторых случаях количество цветов, с которыми пользователь хотел бы работать, и имеющаяся емкость видеопамяти вступают в противоречие. Особенно это противоречие проявляется при использовании коротких (2- или 4-битного) описаниях пиксела. Частично это противоречие можно избежать,

используя механизм палитры. В простейшем случае физический цвет пиксела можно задать двумя кодами – кодом логического цвета, задаваемого в описании пиксела, и кодом палитры.

На рис. 3.13 использование 2-битного описания пиксела и 2-разрядного кода палитры позволяет задавать 16 физических цветов, в то время как код цветности, задаваемый в поле описания пикселя (2 бита), позволяет работать только с четырьмя цветами. Однако, определив однажды код палитры, пользователь может работать только с четырьмя цветами заданной палитры. Если ему потребуется использовать другие из 16 имеющихся физических цветов, необходимо предварительно задать соответствующий код палитры.

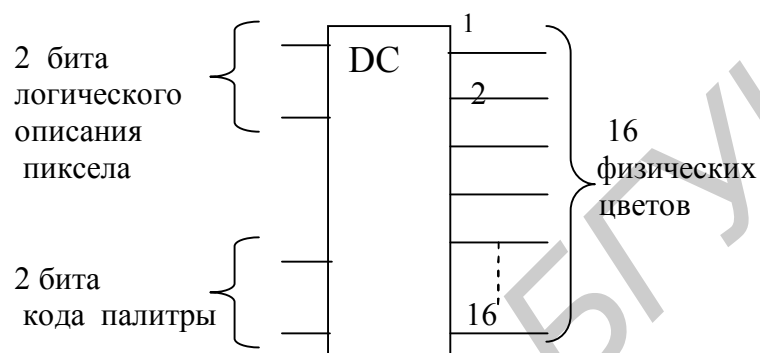


Рис. 3.13

Практика показала, что появившийся из-за нехватки объема видеопамати, механизм палитры может решать и другие задачи, например, перекодировку цветов, что позволяет выполнять цифровую обработку цвета. В связи с этим, при наличии большой разрядности кода цвета, позволяющей в видеобуфере задавать напрямую огромное количество цветов, по просьбе пользователей механизм палитры закладывается разработчиками в новые устройства.

Механизм палитры современных устройств представлен на рис. 3.14.

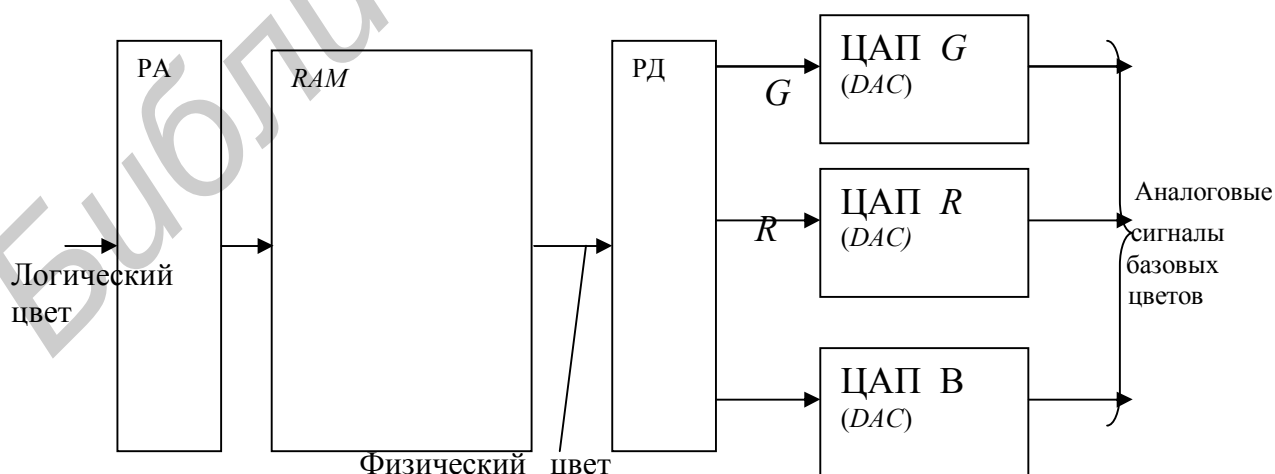


Рис. 3.14

На рис. 3.14 приняты следующие обозначения:

RAM – память с равновероятным доступом;

РА– регистр адреса;

РД – регистр данных;

ЦАП – цифроаналоговый преобразователь (DAC);

физический цвет – код реального цвета пиксела на экране;

логический цвет – код цвета, задаваемый в видеопамяти;

G, R, B – коды базовых цветов: зеленый, красный, голубой.

По своему усмотрению пользователь может записать в отдельные ячейки RAM физические коды цветов и сослаться на них через логические коды цветов, осуществляя таким образом перекодировку цветов. Физический цвет, читаемый из RAM, поступает в регистр данных, в котором он разделяется на коды базовых цветов. Преобразователи формируют аналоговые сигналы яркости отдельных базовых цветов. Такая реализация механизма палитры называется системой RAM-DAC.

Структура средств видеотерминала, используемых в графическом режиме, приведена на рис. 3.15.

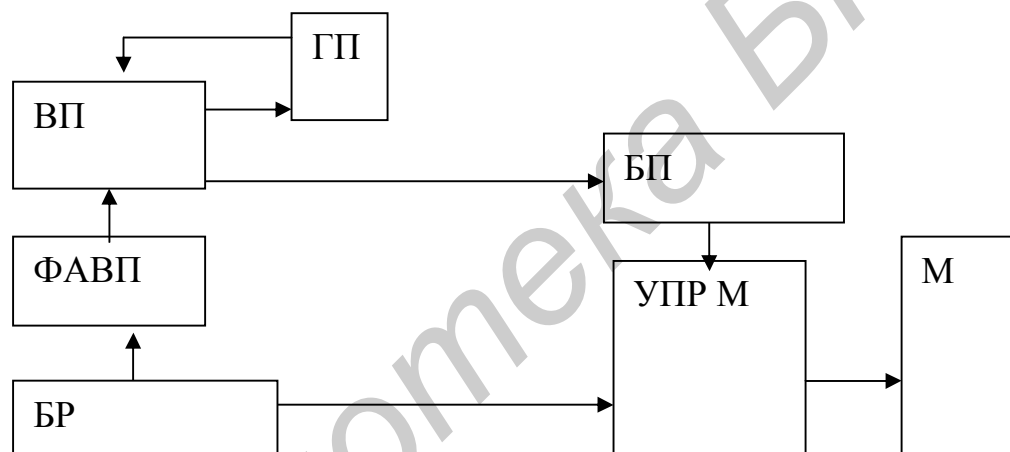


Рис. 3.15

На рис. 3.15 приняты следующие обозначения:

ВП – видеопамять;

ГП– графический процессор;

ФАВП – формирователь адреса обращения к видеопамяти;

БР – блок развертки, задающий координаты X, Y текущего пиксела;

М – монитор;

УПР М – управление монитором;

БП – блок палитры.

В процессе растровой развертки поверхности экрана информация, определяющая положение пиксела на экране, поступает в ФАВП, который формирует адрес в ВП, где находится описания обрабатываемого в данный момент логического пиксела экрана. Прочитанная по этому адресу информация поступает на блок палитры, который определяет код физического цвета и передает его на УПР М. На основании этой информации и сигналов, определяю-

щих местоположения пиксела на экране, которые поступают от БР, УПР М отображает соответствующий цвет физических пикселов, образующих выби-
раемый логический пиксел.

4. УСТРОЙСТВА ОПЕРАТИВНОГО ВВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Оперативный ввод графической информации выполняется с помощью устройств оперативного ввода графической информации (УОВГИ или *полу-автоматические устройства ввода*).

Устройства оперативного ввода графической информации позволяют вводить координаты X и Y точек изображения в процессе его создания пользователем.

По принципу построения УОВГИ можно подразделить на акустические, электромагнитные и оптические.

4.1. Акустические устройства

В *акустических* устройствах местоположения координат X , Y пишущего инструмента на носителе определяются посредством измерения времени распространения звуковой волны от карандаша, с помощью которого вычерчивается контур на планшете, до приемника. В качестве генератора звуковой волны может использоваться искровая пробой между электродами, устанавливаемыми на кончике карандаша. Измеряя с помощью электронной схемы момент времени восприятия волны микрофонами, можно определить место возникновения искры, т. е. текущее положение кончика карандаша на планшете.

Пример акустического УОВГИ приведен на рис. 4.1. Карандаш K этого устройства имеет на конце разрядник в виде двух электродов. При работе устройства кончик карандаша перемещается по поверхности планшета Π , формируя линию Γ . Блок генерирования сигналов $\Gamma 1$ посылает импульсы

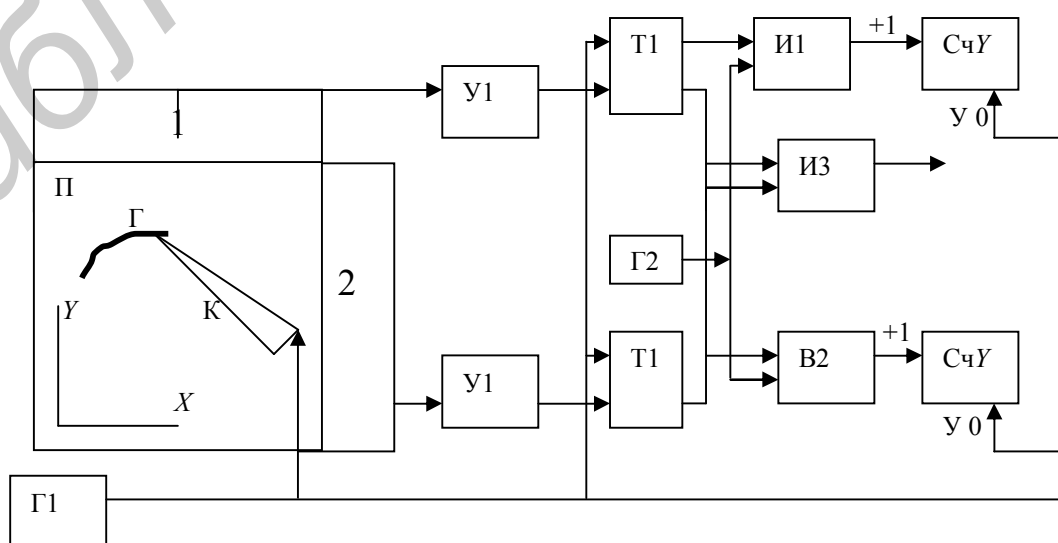


Рис. 4.1

низкой частоты (частота порядка несколько сотен герц), вызывающие искровые разряды. Этими же импульсами триггеры Т1 и Т2 устанавливаются в единичное состояние и сбрасываются в ноль координатные счетчики СчХ и СчУ. Единичное значение триггеров обеспечивает через схемы И1 и И2 поступление от блока Г2 импульсов высокой частоты (порядка нескольких десятков килогерц) на счетные входы +1 счетчиков. По достижении звуковой волной, вызванной искровым разрядом, микрофонов 1 и 2, через усилители У1 и У2 осуществляется установка триггеров Т1 и Т2 в нулевое состояние. При этом логические схемы И1, И2 блокируют дальнейшее поступление импульсов высокой частоты на счетные входы СчХ и СчУ. Таким образом, в счетчиках фиксируются значения, соответствующие количеству импульсов высокой частоты, поступивших за периоды времени, в течение которого звуковая волна распространялась от кончика карандаша до микрофонов 1 и 2. При постоянной скорости распространения акустической волны и постоянстве периода импульсов высокой частоты значения в СчХ и СчУ будут соответствовать координатам Х и У карандаша на планшете.

Появление нулевых значений на обоих триггерах свидетельствует о том, что акустическая волна дошла до обоих микрофонов. В этом случае с выхода схемы И3, на входы которой подаются нулевые выходы триггеров, появляется сигнал об окончании формирования координат карандаша.

Данное устройство отличается простотой, но имеет ряд недостатков, к числу которых относятся сравнительно низкие быстродействие и точность фиксации координат, слабая помехозащищенность.

Для повышения помехозащищенности используется распространение акустической волны (сжатия и расширение материала) в твердом теле. В этом случае планшет может представлять собой прямоугольную стеклянную поверхность, по правой и верхней сторонам которой устанавливаются пьезоэлектрические пластины (пластина Х и У). На эти пластины подаются импульсы низкой частоты, причем импульсы, подаваемые на пластину Х, сдвинуты на полпериода по отношению к импульсам, подаваемым на пластину У. При подаче импульса на пьезопластину последняя сжимается и расширяется и в материал стекла посылается акустическая волна.

При этом принципе волны, распространяющиеся в материале планшета, воспринимаются пьезоэлементом, установленным на кончике карандаша. Как только волна достигает кончика карандаша, прижатого к поверхности планшета, пьезоэлемент вырабатывает электрический сигнал. Этот сигнал запрещает дальнейший подсчет импульсов высокой частоты в соответствующем счетчике, начатый в момент подачи сигнала на соответствующую пьезопластину. За одну половину периода низкой частоты осуществляется подсчет координаты Х, за другую половину периода – координаты У.

4.2. Электромагнитные устройства

Примером *электромагнитного* УОВГИ является устройство, использующее при считывании координат емкостную связь карандаша с планшетом (рис. 4.2). Планшет может быть выполнен на основе тонкой пленки, покрытой координатными шинами X и Y . Шины создаются путем травления слоев меди, нанесенных на обе стороны планшета. Разрешающая способность планшета составляет порядка нескольких точек на миллиметр.

Устройство работает следующим образом. С помощью генератора импульсов Γ и блока кодирования БКХ в момент t_1 на каждую вертикальную шину (шины X) подается последовательность импульсов, которая в коде Грея

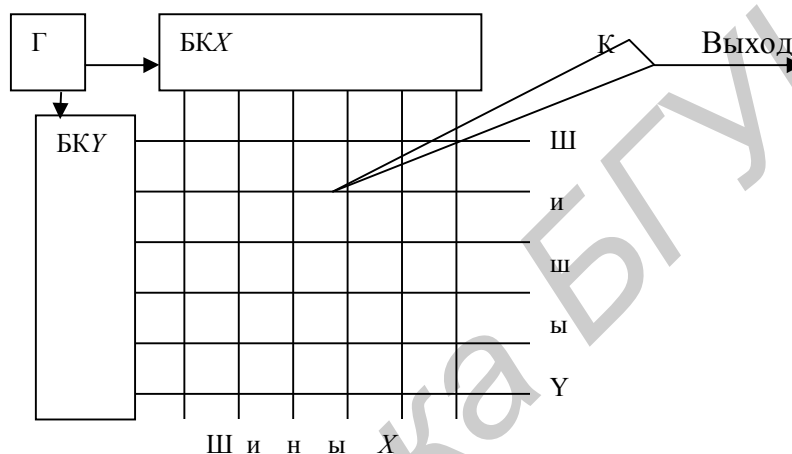


Рис. 4.2

отображает координату X шины. После завершения подачи последовательности импульсов по шинам X генератор Γ и блок кодирования БКУ формируют на каждой горизонтальной шине последовательность импульсов, соответствующую координате Y этой шины.

На конце карандаша имеется колебательный контур, который через емкостную связь воспринимает импульсы от ближайших координатных шин. Таким образом, последовательность сигналов с выхода карандаша будет однозначно отображать в коде Грея его координаты: первая серия сигналов соответствует координате X , вторая – координате Y .

4.3. Оптические устройства

При построении *оптических* УОВГИ в качестве планшета используется поверхность монитора, например экран ЭЛТ, на котором нужно создать изображение с помощью светового пера. На рис. 4.3 приведена конструкция светового пера, вырабатывающего на своем выходе z_j сигнал в случае попадания светового луча на участок экрана 1 , в котором находится апертура 5 светового пера. Световое пятно, попавшее в апертуру 5, проецируется линзой 3 на световод 4, закрепленный в корпусе пера 2. Световой поток по

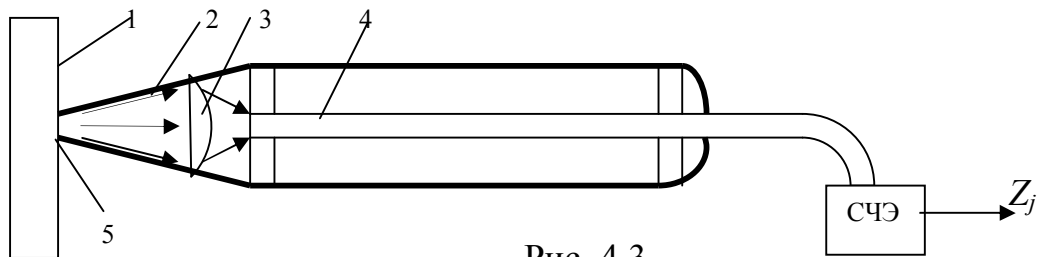


Рис. 4.3

световоду передается на светочувствительный элемент СЧЭ, на выходе которого появляется сигнал при попадании светового пятна в апертуру пера.

При нанесении изображения с помощью светового пера последовательность координат его перемещения определяется по следящему или сканирующему способу.

При *следящем способе* используется специальный растр-элемент (микрорастр), следящий за световым пером. На рис. 4.4 приведены примеры микрорастра в виде перекрестия (рис. 4.4, а) и в виде матрицы (рис. 4.4, б) с координатами центра x_0, y_0 . Кружочком указано положение апертуры светового пера. Вектор F отражает направление перемещения центра микрорастра, а Δx и Δy – изменение координат его центра $x_{п}, y_{п}$. Микрорастр на экране формируется с помощью специальной схемы управления микрорастром, приведенной на рис. 4.5.

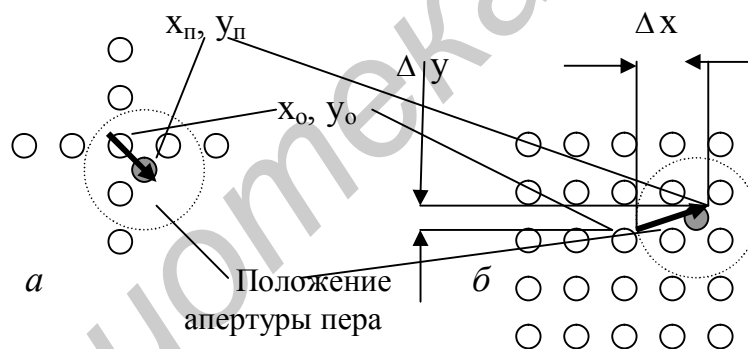


Рис. 4.4

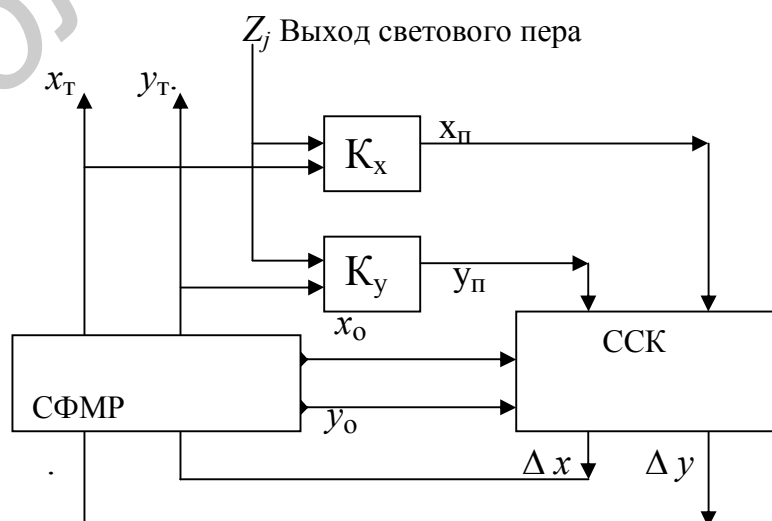


Рис. 4.5

На рис. 4.5 приняты следующие обозначения:

СФМР – схема формирования микрорастра;

ССК – схема сравнения координат;

K_x, K_y – коммутаторы координат;

x_T, y_T – координаты текущей формируемой точки микрорастра;

x_P, y_P – текущие координаты светового пера (апертуры);

x_0, y_0 – текущие координаты центра микрорастра;

$\Delta x, \Delta y$ – рассогласование координат пера и центра микрорастра.

Для получения стабильного отображения микрорастр периодически регенерируется.

Перед началом ввода графической информации оператор помещает световое перо в область микрорастра, который в начальном состоянии находится в некоторой периферийной части экрана. В момент формирования очередной точки микрорастра с координатами x_T, y_T , попавшей в апертуру пера, на выходе светового пера появляется сигнал Z_j , поступающий на схему управления микрорастром.

По сигналу Z_j коммутаторы K_x, K_y открываются и координаты x_T, y_T проходят через них и подаются в виде координат светового пера x_P, y_P на ССК. Последняя сравнивает их с координатами центра микрорастра x_0, y_0 и вырабатывает сигналы рассогласования координат $\Delta x, \Delta y$, которые поступают на СФМР, и координаты центра микрорастра изменяются на значения, соответствующие величинам рассогласования $\Delta x, \Delta y$. Таким образом осуществляется отслеживание микрорастром кончика светового пера, перемещающегося по поверхности экрана.

В качестве координат точек, представляющих траекторию перемещения пера, берутся значения координат центра микрорастра. При необходимости можно запоминать координаты x_P, y_P и периодически засвечивать экран в этих точках, что позволяет фиксировать на экране графический образ, рисуемый оператором с помощью светового пера.

При *сканирующем способе* для определения координат пера используется полный растр экрана. Луч, попавший в апертуру пера в процессе растровой развертки, обеспечивает появление сигнала с выхода СЧЭ. Адрес, который находится в регистре адреса видеобуфера в момент появления этого сигнала, соответствует координатам расположения апертуры пера на экране.

4.4. УОВГИ типа мышь

Конструкция *механической мыши* включает координатную сферу, вращение которой через фрикционные валики приводит к вращению двух синхродисков, у которых по периферийной окружности располагается дорожка сквозных отверстий. При вращении диска отверстия на дорожке считываются парой, включающей фотодиод и светодиода. Фрикционные валики распола-

гаются на сферической поверхности таким образом, чтобы качение сферы по плоскости в одном направлении отражалось вращением одного диска, а перемещение сферы в другом, перпендикулярном, направлении отражалось вращением второго диска. Таким образом, число сигналов, считанных с первого и второго дисков, определяет изменение положения мыши по осям координат X и Y соответственно.

В *оптической мыши* с помощью телекамеры считывается рельеф поверхности, находящейся в зоне телеобъектива. При перемещении мыши по поверхности стола описание нового участка под объективом сравнивается с предыдущим и формируется вектор перемещения мыши.

5. ПЕЧАТАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Основным назначением печатающих устройства (принтера) является вывод знаковой информации на «твердый» носитель. Эти устройства используются и для вывода графической информации на носители ограниченного размера, если к точности отображения графической информации не предъявляется особых требований.

Обобщенная структурная схема печатающего устройства представлена на рис. 5.1.

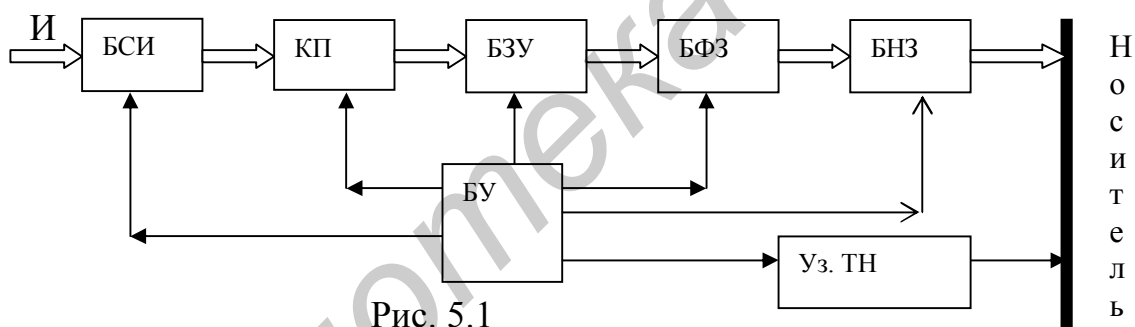


Рис. 5.1

На рис. 5.1 приняты следующие обозначения:

- И – интерфейс;
- БСИ – блок согласования с интерфейсом;
- КП – кодопреобразователь;
- БЗУ – буферное запоминающее устройство;
- БФЗ – блок формирования знака;
- БНЗ – блок нанесения знака;
- Уз. ТН – узел транспортировки носителя;
- БУ – блок управления.

По способу вывода текста все печатающие устройства можно подразделить на *построчные* и *постраничные*. Построчными называются устройства, обеспечивающие нанесение отдельных знаков на бумагу последовательно во времени, знак за знаком. К *постраничным* относятся устройства, в которых процесс нанесения всех знаков одной строки совмещен во времени. В постра-

ничных устройствах БЗУ накапливает данные обо всех знаках одной строки. В построчных устройствах БЗУ может быть представлено регистром для хранения кода только одного текущего печатаемого знака.

По принципу построения БФЗ печатающие устройства подразделяются на устройства, использующие набор готовых контуров знаков, и устройства знакосинтезирующего типа, в которых контур каждого знака формируется из подмножества фрагментов, выбираемых из общего множества фрагментов, представленных в виде матрицы.

По принципу построения БНЗ можно выделить *ударные* и *безударные* печатающие устройства.

Ударные устройства обеспечивают нанесение знака за счет перемещения и механического воздействия печатающего инструмента на бумагу.

В безударных устройствах нанесение знака на бумагу выполняется без механического воздействия печатающего инструмента на носитель. Как правило, в последнем случае сначала на носителе формируется скрытое изображение знака, которое превращается в визуальное после проявления и фиксации изображения.

Печатающие устройства характеризуются следующими параметрами:

- величиной алфавита;
- количеством знаков в строке;
- размером знака и качеством изображения знака;
- количеством копий, формируемых за раз;
- скоростью печати.

Существующие устройства, как правило, могут работать с несколькими алфавитами, причем число знаков в алфавите не превышает $256 (2^8)$; предусматривается также возможность изменения размеров знаков и качества отображения их контуров.

5.1. Знакосинтезирующие печатающие устройства

В знакосинтезирующих устройствах для синтеза контура знака, используются линейные матрицы печатающих элементов, каждый из которых наносит отметку в виде точки. В устройства построчной печати линейная матрица располагается перпендикулярно печатаемой строке и захватывает всю высоту поля знака, как это показано на рис. 5.2.

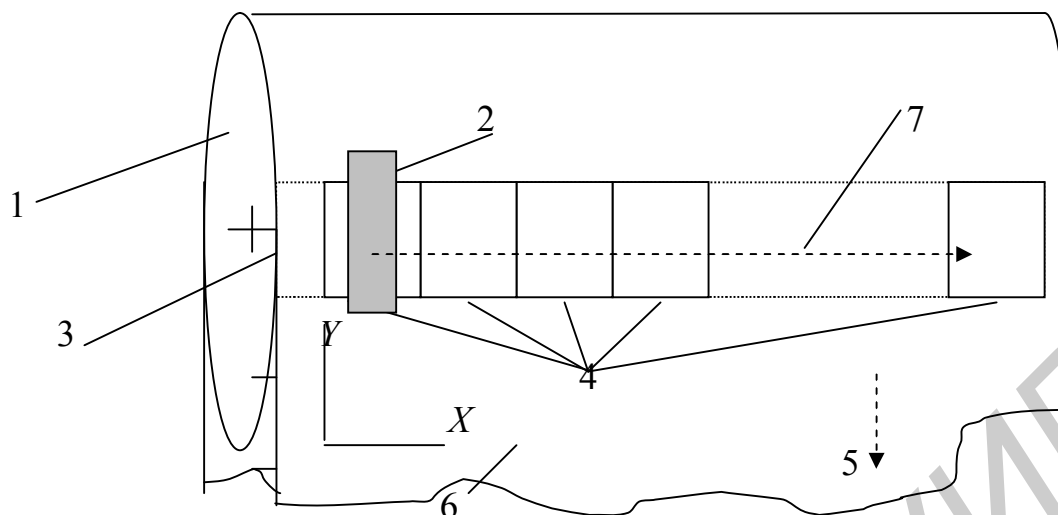


Рис. 5.2

На рис. 5.2 приняты следующие обозначения:

1 – опорный вал, на который укладывается носитель 6;

2 – линейка печатающих элементов, которая при печати строки (3), состоящей из нескольких знакомест (4), перемещается в направлении 7;

5 – направление перемещения бумаги.

Знаки строки печатаются последовательно. Более того, последовательно печатаются и отдельные вертикальные фрагменты формируемого контура знака.

Количество элементов в печатающей линейке N_1 определяется количеством элементов в вертикальном фрагменте контуров знака (количество точек в столбце матрицы).

Приведенный механизм отличается простотой, однако обладает сравнительно низким быстродействием.

В устройстве постраничной печати линейная матрица печатающих элементов располагается вдоль печатаемой строки знаков и захватывает по ширине всю печатаемую строку (т. е. всю страницу), как это показано на рис. 5.3. На рис. 5.3 приняты те же обозначения, что и на рис. 5.2. Количество элементов линейной матрицы N_2 в устройствах постраничной печати определяется как

$$N_2 = nm,$$

где n – ширина знака в точках; m – количество знакомест в строке.

В ударных печатающих устройствах печатающие элементы могут быть представлены в виде перемещающихся под действием электромагнитов иголок, которые в процессе печати ударяют через красящую ленту по носителю (бумаге).

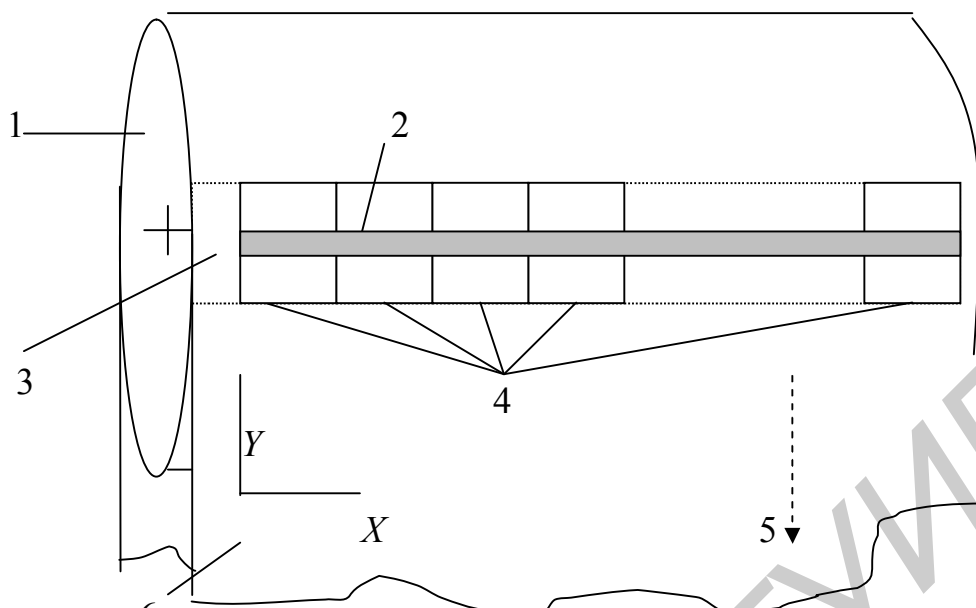


Рис. 5.3

Наличие механических перемещений в данных печатающих устройствах обуславливает их низкое быстродействие и низкую надежность. Еще одним недостатком таких механизмов является шум. Достоинство таких устройств – низкая стоимость.

5.2. Устройства печати безударного принципа

Безударные устройства печати получили широкое распространение благодаря сравнительно высокому быстродействию и экологичности. К числу наиболее часто используемых принципов безударной печати относятся *электрофотографическая* (лазерная) печать и *струйная* печать.

Лазерная печать

Лазерная печать основана на применении фотополупроводниковых материалов, проводимость которых резко возрастает при их освещении.

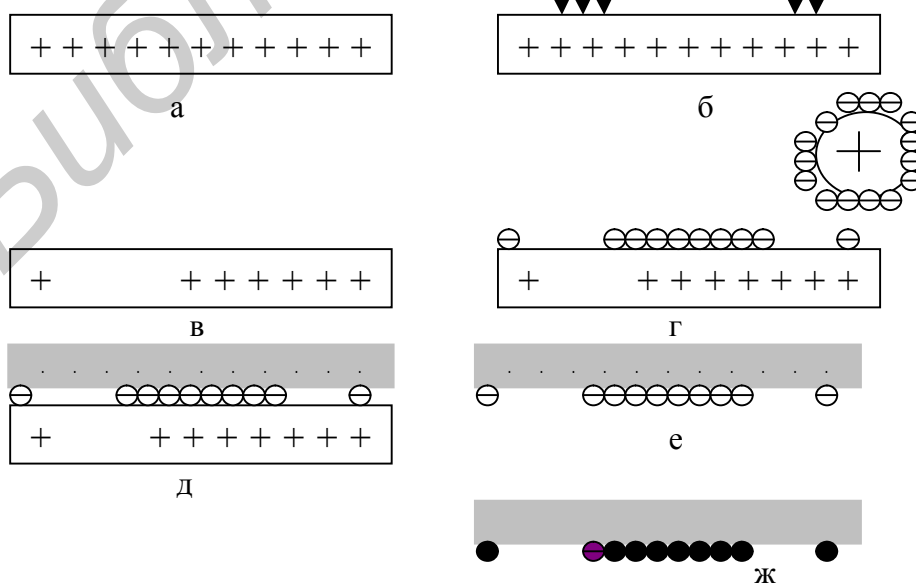


Рис. 5.4

Весь процесс ксерографической печати можно подразделить на 6 этапов.

На первом этапе происходит подготовка фотополупроводникового промежуточного носителя путем его заряда в темной камере (примерно 500–600 В). Заряд осуществляется с помощью коронного разряда. Отдельные участки заряженного промежуточного носителя можно рассматривать как элементарные конденсаторы, обкладками которого служат стороны фотополупроводникового слоя (рис. 5.4, а). Эти конденсаторы из-за высокого омического сопротивления промежуточного носителя способны в темноте длительное время сохранять свой заряд.

На втором этапе осуществляется экспонирование знака (рис. 5.4, б). В тех местах фотополупроводникового слоя, куда падает световой поток, резко уменьшается сопротивление материала, что приводит к разряду элементарных конденсаторов в засвеченных частях поверхности, т. е. на носителе появляется потенциальный рельеф, отражающий контур выводимого изображения (рис. 5.4, в).

На третьем этапе выполняется проявление скрытого изображения. Для этого поверхность фотополупроводникового слоя посыпается порошком, состоящим из мелких и крупных зерен. Материал крупных и мелких зерен выбирается таким образом, чтобы перемешивание красящего порошка за счет трения привело к положительному заряду крупных красящих зерен и к отрицательному заряду мелких (красящих) зерен. Из-за притяжения разноименных зарядов в массе порошка образуются конгломераты из положительно заряженных крупных частиц, облепленных отрицательно заряженными мелкими красящими компонентами. При попадании такого порошка на промежуточный носитель под действием положительного заряда отдельных участков поверхности мелкозернистый порошок оседает на фотополупроводниковый слой, проявляя тем самым скрытое изображение (рис. 5.4, г).

Четвертый этап заключается в перенесении изображения с промежуточного носителя на бумагу. Бумага прикладывается одной стороной к поверхности фотополупроводникового слоя с проявленным изображением, а на другой стороне бумаги коронным разрядом создается положительный потенциал (рис. 5.3, д). Под действием положительного заряда часть отрицательно заряженных красящих частиц с промежуточного носителя прилипает к поверхности бумаги, (рис. 5.4, е).

На пятом этапе фиксируется изображение на бумаге. Фиксация осуществляется нагревом бумаги; при этом красящий порошок, содержащий мелкие частицы смолы, спекается и надежно прилипает к поверхности бумаги (рис. 5.4, ж).

На шестом этапе промежуточный носитель механически очищается от оставшихся на его поверхности частиц красящего порошка. Таким образом промежуточный носитель подготавливается к повторному использованию.

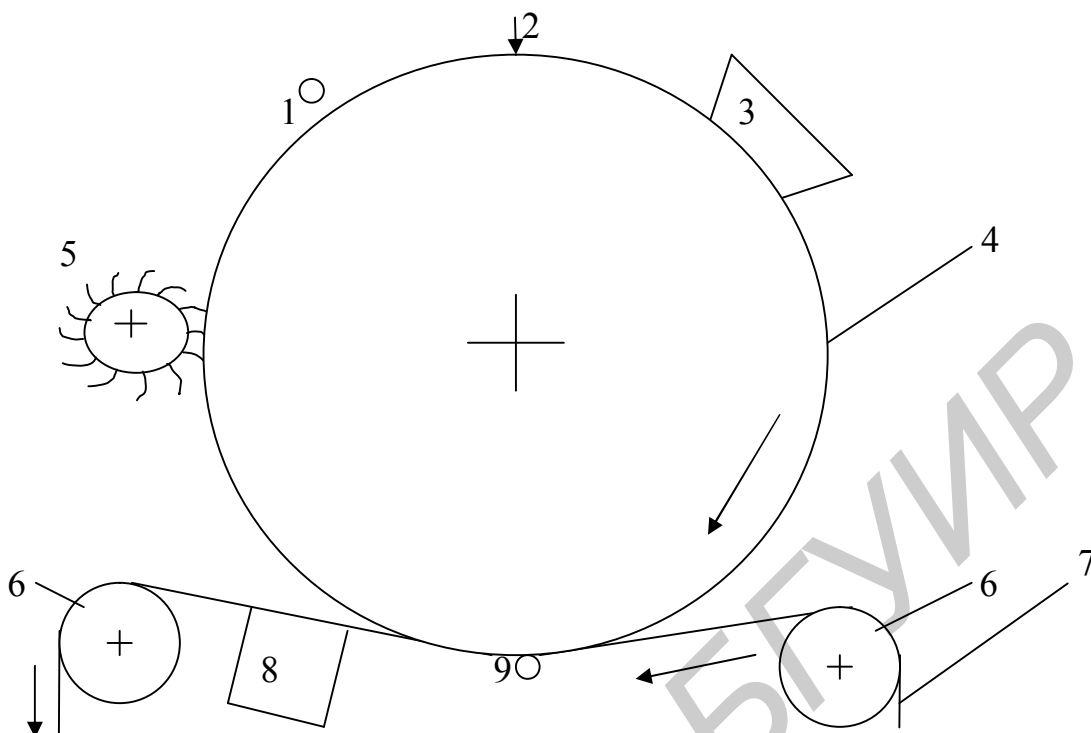


Рис. 5.5

На рис. 5.5 приведена схема реализации электрофотографического принципа печати, на которой приняты следующие обозначения:

- 1 – электрод для предварительной зарядки промежуточного носителя;
- 2 – поток света, модулируемый формируемой графической информацией;
- 3 – бункер с красящим порошком;
- 4 – барабан, покрытый слоем селена;
- 5 – щетки механической очистки поверхности барабана;
- 6 – направляющие валики, на которые заправляется бумага;
- 7 – бумага;
- 8 – камера нагрева бумаги;
- 9 – электрод для заряда поверхности бумаги.

Используемый в данном механизме конвейерный способ выполнения отдельных этапов печати позволяет обеспечить высокую среднюю скорость печати. Поверхность селенового барабана может засвечиваться бегущим лучом лазера или с помощью линейной матрицы светодиодов.

Струйная печать

В устройствах данного типа изображение наносится на бумагу с помощью жидкого чернила. Эти устройства создают изображения с наиболее яркими цветами.

Конструкция струйного принтера приведена на рис. 5.6 .

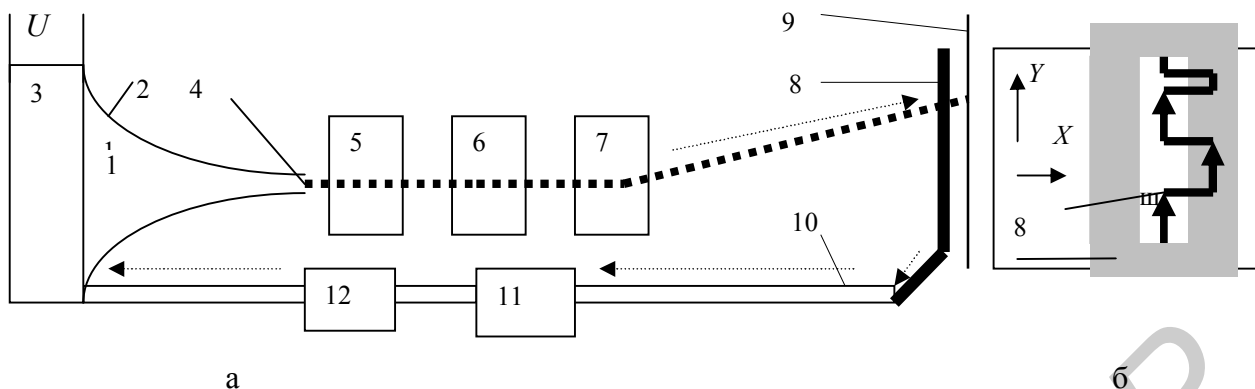


Рис. 5.6

На рис. 5.6 приняты следующие обозначения:

- 2 – чернильница, наполненная чернилами 1;
- 3 – пьезоэлемент, образующий одну из стенок чернильницы;
- U – переменное напряжение, подаваемое на пьезоэлемент;
- 4 – струя из капель чернила, выталкиваемых из чернильницы;
- 5 – узел зарядки капель чернила;
- 6, 7 – системы отклонения струи чернила по оси X , Y ;
- 8 – маска с щелью;
- 9 – бумага;
- 10 – чернилопровод;
- 11 – насос;
- 12 – фильтр.

Под действием переменного напряжения U пьезоэлемент 3 сжимается и разжимается, создавая изменяющееся давление в чернильнице 2. В результате этого из чернильницы вылетают капли чернил, образующие струю. В зоне узла 5 капли заряжаются электростатическим зарядом.

Система 7 обеспечивает линейное отклонение по оси Y струи из капель чернила в щели маски. С помощью бинарного сигнала, подаваемого на систему отклонения струи по оси X , можно выводить чернильную струю чернила из щели. Чернила, попавшие в щель (рис. 5.6, б), наносят визуальную отметку на бумаге. Чернила, не попавшие в щель, стекают с маски, попадают в чернилопровод и с помощью насоса через фильтр направляются в чернильницу для повторного использования.

6. УСТРОЙСТВА ВЫВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Контурные знаков, которые формируются в печатающих устройствах, являются частным случаем графической информации, поэтому многие решения, связанные с реализацией печати, применимы и при решении общей задачи вывода графической информации.

Вывод графической информации на носитель ограниченного размера

решается с помощью печатающих устройств. В тех случаях, когда речь идет о носителях больших габаритов, используются специальные устройства вывода графической информации – графопостроители (плоттеры).

На рис. 6.1 приведена конструкция графопостроителя.

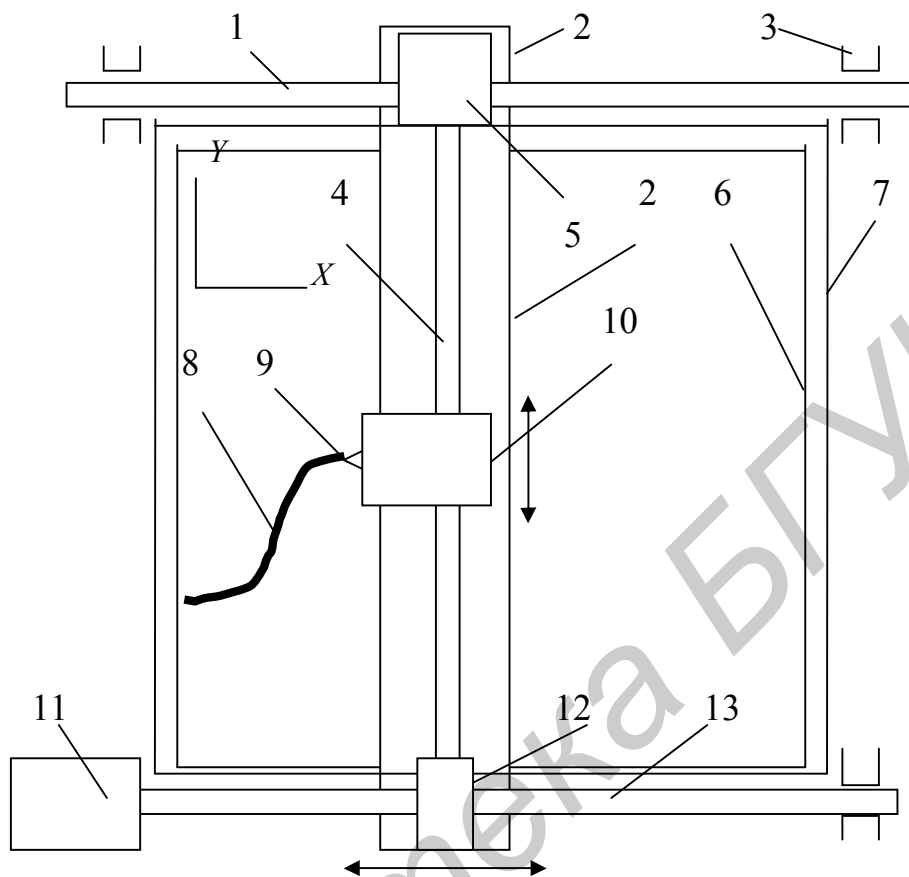


Рис. 6.1

На рис. 6.1 приняты следующие обозначения:

- 1 – направляющий вал;
- 2 – каретка, которая может перемещаться в горизонтальном направлении;
- 3 – направляющие;
- 4 – первый ходовой винт;
- 5 – первый шаговый двигатель;
- 6 – лист бумаги, на который выводится графическая информация;
- 7 – планшет, на который укладывается лист бумаги;
- 8 – фрагмент выводимой графической информации;
- 9 – регистрирующий элемент;
- 10 – станция регистрации;
- 11 – второй шаговый двигатель;
- 12 – направляющая второго ходового винта;
- 13 – второй ходовой винт.

Первый двигатель через первый ходовой винт обеспечивает перемещение станции регистрации по координате Y . Второй двигатель через второй ходовой винт обеспечивает перемещение каретки по координате X .

Регистрирующий элемент в точке касания с поверхностью бумаги наносит на нее визуальную отметку чернилами или особой пастой. Если в текущем положении отметку не надо делать, специальный механизм поднимает регистрирующий элемент над поверхностью бумаги.

При выводе цветной информации на станции регистрации устанавливается несколько цветных перьев, каждое из которых формирует один базовый цвет в логическом пикселе. Количество базовых цветов может достигать 8–10 единиц. Различная интенсивность базового цвета обеспечивается изменением количества точек данного базового цвета в логическом пикселе. В современных устройствах вывода графической информации обеспечивается разрешающая способность порядка тысячи точек на квадратный дюйм.

7. УСТРОЙСТВА ВВОДА ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В устройствах ввода графической информации осуществляется восприятие оптических неоднородностей и анализ считанного сигнала, на основании которого принимается решение о цветности считанного пиксела.

Считывание оптических параметров точки иллюстрируется рис. 7.1 .

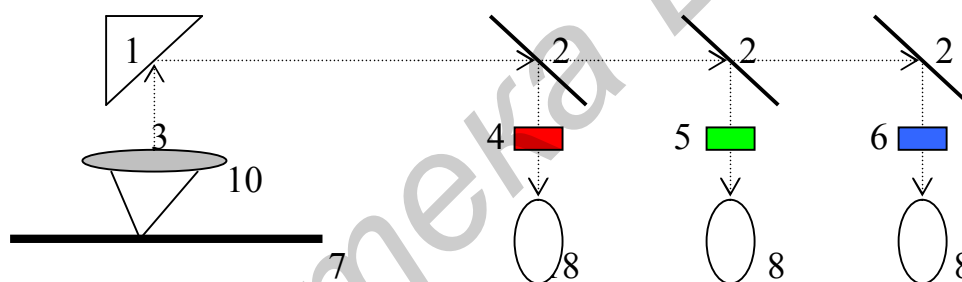


Рис. 7.1

На рис. 7.1 используются следующие обозначения:

1– оптическая треугольная призма, поворачивающая свет в нужном направлении;

2 – полупрозрачное зеркало;

3 – световой поток;

4 – фильтр красного цвета;

5 – фильтр зеленого цвета;

6 – фильтр голубого цвета;

7 – носитель графической информации;

8 – светочувствительный элемент.

Зону считывания на носителе с графической информацией подсвечивают, для чего могут использоваться специальные лампы или светодиоды, обеспечивающие точечное подсвечивание.

При построчном считывании на носителе ограниченного размера подсвечивается вся строка и отраженный свет через оптическую систему направляется на линейку светочувствительных элементов.

Программная и аппаратная поддержка устройств, считывающих графическую информацию, может включать средства распознавания, которые при считывании символьной информации осуществляют кодирования считанных контуров.

При считывании носителей больших габаритов использование линейных считывающих матриц по понятным техническим причинам затруднительно. В таких случаях используется последовательное считывание точек текущей строки.

Принцип построения устройства считывания графической информации с носителя большого габарита приведен на рис. 7.2.

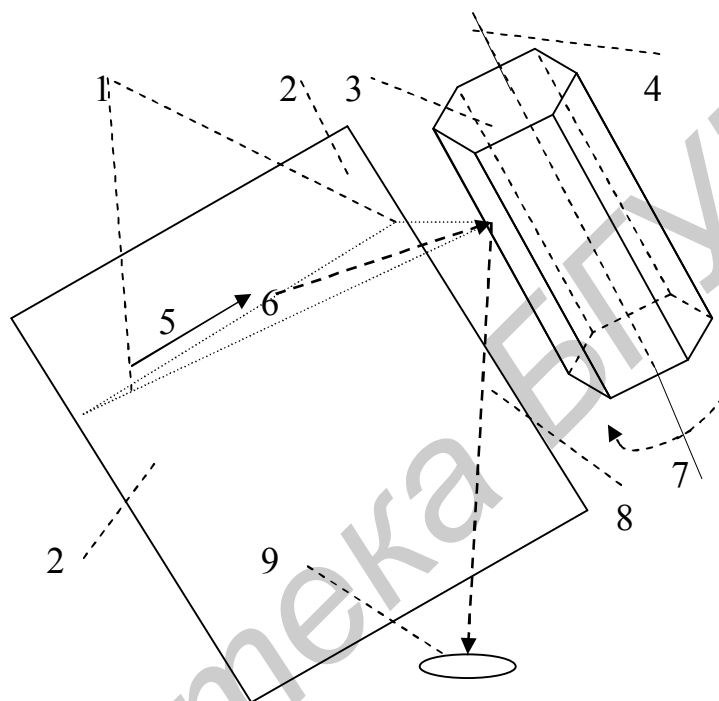


Рис. 7.2

На рис. 7.2 приняты следующие обозначения:

- 1 – линия сканирования носителя;
- 2 – носитель с графической информацией;
- 3 – барабан с плоскими зеркальными гранями;
- 4 – ось вращения барабана;
- 5 – траектория перемещения местоположения текущей точки сканирования при вращении барабана;
- 6 – точка сканирования при приведенном положении барабана;
- 7 – направление вращения барабана;
- 8 – линия проецирования текущей точки 6 на воспринимающий узел;
- 9 – узел, воспринимающий световой поток.

Применения в рассматриваемой конструкции зеркального барабана с плоскими боковыми гранями позволяет при одном обороте барабана выполнять n считываний, где n – число плоских граней барабана.

8. ВНЕШНИЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА

Существуют различные типы внешних запоминающих устройств (ВЗУ), отличающихся как используемыми физическими принципами, так и построением и техническими характеристиками.

В ВЗУ могут использоваться магнитные или оптические носители.

8.1. Внешние запоминающие устройства на магнитных носителях

Накопители на магнитных носителях применяются при создании различных баз данных, архивации, размножении, сбыте документации и программного обеспечения; издании и хранении энциклопедий, справочников, руководств и т. п.

В зависимости от формы используемого носителя эти ВЗУ подразделяются на накопители на магнитных лентах (НМЛ) и накопители на магнитных дисках (НМД).

8.1.1. Магнитные носители информации

Магнитные носители обладают такими характеристиками, как возможность многократного использования для записи–считывания информации, большая информативная емкость (до 10^6 бит/см²), одинаково высокая скорость записи и считывания информации.

Информация на магнитный носитель записывается посредством создания магнитных неоднородностей, определенным образом её отображающих. Для этого на материал, обладающий ферромагнитными свойствами, воздействуют магнитным полем. Под воздействием этого поля происходит изменение состояния носителя: он может быть намагничен или размагничен. Фиксация информации осуществляется благодаря способности магнитного носителя сохранять остаточную намагниченность после прекращения действия магнитного поля.

На рис. 8.1 приведено изменение магнитного состояния ферромагнитного материала под воздействием внешнего поля. Если магнитный материал в исходном состоянии был размагничен, то при воздействии на него с момента времени t_1 до момента времени t_2 внешнего поля напряженностью $+H_m$ состояние магнитного материала изменяется по кривой начального намагничивания (точки 0 – 1), пока магнитная индукция не достигнет предельного значения B_m . Точка 1 будет характеризовать состояние материала B_m в течение всего времени действия поля напряженностью $+H_m$.

После снятия поля материал переходит в точку 2, характеризуемую остаточным намагничиванием B_r .

Если воздействию магнитного поля напряженностью $-H_m$ подвергается размагниченный материал, то его состояние изменится по кривой 0 – 4. После снятия этого поля материал переходит в состояние, характеризуемое точкой 5. Материал, находящийся в состоянии $-B_r$, под действием магнитного поля напряженностью $+H_m$ меняет свое состояние по кривой 5 – 6 – 1 – 2. Если начальное

состояние материала $+B_r$, то воздействие поля напряженностью $-H_m$ вызовет изменение его состояния по кривой 2 – 3 – 4 – 5.

Таким образом, независимо от того, был ли размагничен магнитный материал в начальном состоянии или нет, по знаку остаточной намагниченности можно определить знак внешнего магнитного поля, воздействию которого магнитный материал подвергался в последний раз.

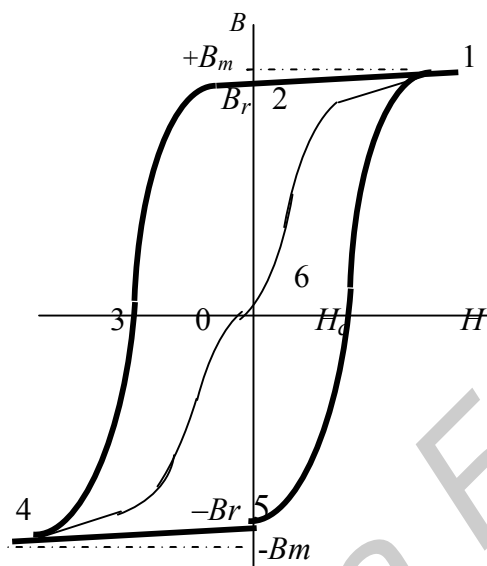


Рис. 8.1

Любой магнитный носитель является многослойным. Можно выделить по крайней мере 2 слоя: рабочий (или магнитный) слой и основание.

Функцией *основания* является придание магнитному носителю необходимых механических свойств. Материалом основания может быть проводник (металл) или диэлектрик. В качестве основания используются жесткие (металл, керамика, стекло) или эластичные (различные виды пластмассы) материалы. Металлическое основание изготавливается из немагнитных металлов, таких, как медь, алюминий и их сплавы. Жесткие основания используются при создании жестких магнитных дисков.

Примером эластичных оснований являются материал типа лавсан, пленки типа майлар. Наиболее перспективными являются полиэфирные пленки, позволяющие создавать высокопрочные, эластичные и тонкие носители, допускающие более 50 тыс. обращений для считывания и записи.

Рабочий (или магнитный) слой должен иметь высококачественную поверхность, постоянную толщину, быть однородным по всей площади носителя, не иметь механических и других дефектов. Этот слой может быть изготовлен из материала типа проводник или диэлектрик.

Примером используемого диэлектрика в качестве рабочего слоя являются гамма-окисел железа, магнетит, феррит кобальта, окисел хрома, покрывающие тонким слоем основание.

Металлический рабочий слой изготавливается из сплавов никель – кобальт, кобальт – вольфрам, из нержавеющей стали и других материалов. При создании такого рабочего слоя используются процессы напыления в вакууме, химическое или электрохимическое осаждение на металлические и пластмассовые основания.

Толщина рабочего слоя существенно влияет на общие характеристики носителя. Чем тоньше магнитный слой, тем более высокую плотность записи он обеспечивает, но тем меньше амплитуда сигнала при восприятии информации с магнитного носителя (сигнал отдачи). Толщина металлического слоя может быть менее 1 мкм; толщина диэлектрического слоя измеряется единицами микрон.

Помимо рабочего слоя и основания магнитный носитель может иметь дополнительный третий слой, выполняющий специальные функции. Примером служит магнитный носитель с антифрикционным покрытием, предназначенным для уменьшения износа органов записи-чтения и самого магнитного носителя. Обязательным требованием к такому покрытию является минимальная толщина защитного слоя для устранения его отрицательного влияния на электрические параметры носителя. При использовании полиацетатов и кремниевых масел с добавлением некоторых сортов лаков защитный слой толщиной в 1 мкм позволяет увеличить срок службы носителя в 5–10 раз при двукратном уменьшении износа органов записи-чтения информации. Антифрикционный материал может вводиться в состав рабочего слоя.

8.1.2. Магнитные головки

Магнитное поле создается магнитной головкой записи (МГЗп). Конструкция магнитной головки записи приведена на рис. 8.2. Она включает магнитопровод 1, на котором имеется обмотка записи 4. Зазор 3 магнитопровода заполнен немагнитным материалом (например медной пластинкой). При подаче тока $i_{зп}$ в обмотку записи в магнитопроводе создается магнитное поле, силовые линии которого в области 2 вблизи зазора 3 выходят из тела магнитной головки, образуя внешнее магнитное поле, воздействующее на магнитный материал, лежащий вблизи зазора 3. Для увеличения плотности записи, ширина зазора выбирается минимальной.

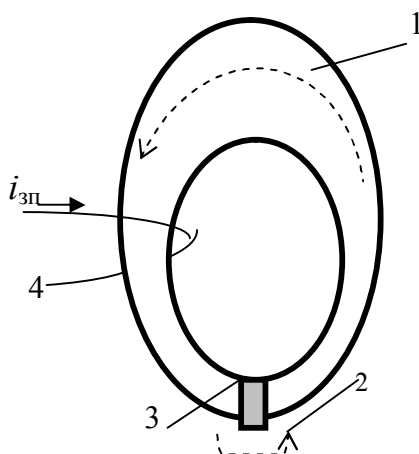


Рис. 8.2

Часть создаваемого около зазора магнитного потока Φ замыкается через магнитный слой носителя, движущегося с некоторой скоростью v вблизи зазора головки. Распределение намагниченности $J(x)$ вдоль носителя зависит от изменения магнитного потока, который в свою очередь определяется током $i_{3п}$ и скоростью v .

Процесс записи информации на носитель можно представить как последовательность преобразований:

$$N \rightarrow i_{3п}(t) \rightarrow \Phi(t) \rightarrow J(t, v) = J(x),$$

где N – записываемый код;

$J\{t, v\}$ – изменение намагниченности носителя при его движении;

$J(x)$ – намагниченность носителя по его длине.

В результате записи в магнитном материале создаются магнитные неоднородности в виде последовательности магнитных диполей с полюсами N и S , что в свою очередь обуславливает появление около поверхности носителя магнитного рельефа.

Восприятие информации с магнитного носителя осуществляется с помощью магнитной головки считывания (МГСч). Ее конструкция сходна с конструкцией МГЗп. Обмотка в МГСч называется обмоткой считывания. Считывание магнитного носителя происходит при его перемещения вблизи зазора МГСч. При этом МГСч воспринимает изменения внешнего магнитного поля около поверхности носителя, обусловленные неоднородной намагниченностью последнего по его длине, и за счет электромагнитной индукции формирует ЭДС считывания ($e_{сч}$) на выходе обмотки считывания.

Значение $e_{сч}$ определяется следующим образом:

$$e_{сч} = v m d \Phi_x / dl,$$

где m – число витков обмотки считывания;

Φ_x – поток, пронизывающий сердечник головки;

v и t – скорость и время перемещения носителя соответственно;

$l = vt$.

Так как намагниченность $J(x)$ определенным образом соответствует записанной на носителе информации, то и $e_{сч}(t)$ будет содержать сведения об информации, ранее записанной на носителе.

Сигнал $e_{сч}(t)$ имеет незначительную амплитуду (единицы милливольт), поэтому получаемый при считывании сигнал подвергается усилению до амплитуды, необходимой для нормальной работы логических схем (единицы вольт). Кроме того, из получающегося при считывании аналогового сигнала $e_{сч}(t)$ необходимо сформировать сигналы логической единицы или нуля, соответствующие записанной информации. Поэтому при считывании информации необходимо реализовать не только функцию усиления, но и функцию формирования логических сигналов, сложность которой будет определяться выбранным способом записи.

Стирание ранее записанной информации осуществляется с помощью стирающих магнитных головок. Конструкция их может быть аналогична конструкции МГЗп. Отличие заключается лишь в том, что при стирании в обмотку подается сравнительно большой ток, надежно переводящий материал в начальное состояние. При использовании в качестве начального значения остаточной намагниченности материала ($+Br$ или $-Br$) ток стирания представляет собой постоянный ток определенной полярности. Если в качестве начального используется размагниченное состояние носителя, то ток стирания представляет собой переменный ток высокой частоты.

8.1.3. Способы записи информации на магнитные носители

Процесс записи дискретной информации на магнитный носитель подразделяется на отдельные такты, каждый из которых отводится для записи 1 бита информации. При этом в МГЗп посылается ток, значение которого зависит от того, записывается ноль или единица, а также от принятого способа записи. Таким образом, формируемое при записи в головке магнитное поле, а следовательно, и магнитный рельеф на носителе определяются как видом записываемой информации, так и принятым способом записи.

Существующие способы записи можно подразделить по виду сигналов, посылаемых в обмотку записи, и по количеству используемых состояний магнитного материала.

По виду используемого сигнала можно выделить *импульсные* и *потенциальные* способы записи. К *импульсным* относятся такие способы, при которых в обмотку записи на отдельных тактах при записи нуля или единицы посылаются импульсы тока. При потенциальном способе запись единицы или нуля обеспечивается созданием фронта изменения тока в головке записи на текущем такте. Такие фронты формируются в характерных точках такта, в качестве которых используются начало или середина такта.

В компьютерной технике используются магнитные носители, имеющие петлю гистерезиса, близкую к прямоугольной. Намагниченность материала в этом случае может иметь бесконечное множество значений в диапазоне от $+J_m$ до 0 и от 0 до $-J_m$. Для записи дискретной информации используются только 3 устойчивых уровня: размагниченное состояние и 2 крайние значения остаточной намагниченности: $+J_r$ (положительная остаточная намагниченность) и $-J_r$ (отрицательная остаточная намагниченность), так как только эти 3 уровня магнитного состояния можно считать устойчивыми.

По количеству используемых состояний все существующие способы записи можно подразделить на способы записи по 3 уровням (используются все 3 уровня состояния магнитного материала: $-J_r$, 0, $+J_r$) и по 2 уровням (используются 2 крайних уровня намагниченности: $-J_r$ и $+J_r$). В первом случае в качестве исходного используется состояние размагниченного носителя ($J = 0$). Во втором случае в исходном состоянии носитель намагничен до одного из крайних состояний ($-J_r$ или $+J_r$).

Наиболее широко используются запись по 3 уровням, запись по 2 уровням без возврата к нулю с модификацией по 1 (или с модификацией по нулю), фазовый способ, частотный способ, модифицированный фазовый способ записи.

Импульсный способ записи

Импульсный способ записи относится к записи по 3 уровням и заключается в том, что на каждом такте в обмотку записи подается импульс тока положительной или отрицательной полярности в зависимости от того, записывается 0 или 1. В начальном состоянии ток в магнитной головке отсутствует.

На рис. 8.3 приведена временная диаграмма тока записи $i_{зп}$, намагниченности носителя J , которая образуется под действием магнитного поля, вызванного током $i_{зп}$, и сигнала считывания $e_{сч}$ в обмотке считывания, формируемого при считывании магнитного рельефа. На каждом такте записи единицы в обмотку записи подается импульс тока положительной полярности, а на тактах, где записывается 0, отрицательной. Под воздействием поля, вызванного током в обмотке записи, на магнитном носителе формируются магнитные отпечатки, полярность которых соответствует полярности импульсов тока.

При считывании перемещающихся магнитных отпечатков около головки

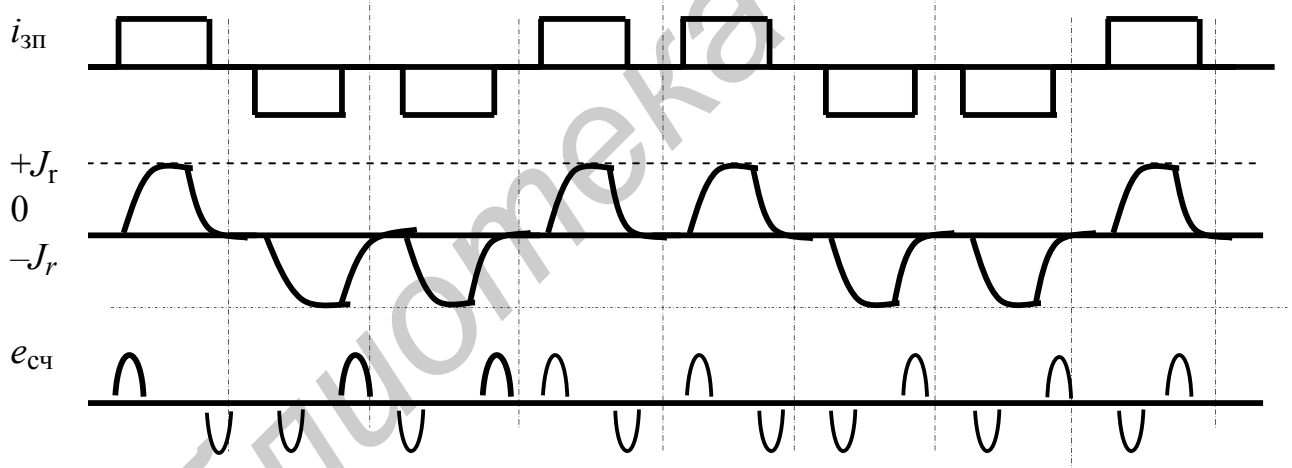


Рис. 8.3

считывания в последней создается изменяющееся магнитное поле, что обуславливает появление ЭДС $e_{сч}$ в обмотке считывания. Величина $e_{сч}$ пропорциональна скорости изменения намагниченности материала, проходящего под головкой считывания, т. е. $e_{сч}$ можно рассматривать как сигнал, пропорциональный производной от изменения намагниченности материала по длине носителя. На каждом такте считывания формируется двуполярный сигнал независимо от того, считывается ли нуль или единица. Фаза сигнала на такте однозначно соответствует считанной информации. Если первая фаза полученного сигнала положительная, то на данном такте считывается единица, а если отрицательная – то нуль.

Характерной особенностью способа записи по трем уровням является наличие при считывании сигналов на всех тактах. Это позволяет на основании сигналов с любой рабочей (информационной) дорожки формировать сигнал синхронизации. К другим достоинствам этого способа записи относится возможность выполнения локальной перезаписи ранее записанного носителя, что, правда, используется крайне редко. Как видно из временной диаграммы (см. рис. 8.3), замена в некотором i -м разряде магнитного отпечатка, соответствующего единице, на отпечаток, соответствующий нулю (или наоборот), не вызывает изменения рельефа на участке носителя, соответствующем разрядам, следующим за i -м разрядом.

К недостаткам данного способа относятся необходимость предварительного размагничивания носителя (требуется сравнительно сложная стирающая головка), малая амплитуда сигнала отдачи $e_{сч}$ (сигнал $e_{сч}$ формируется по изменению намагниченности $\Delta J = |J_r|$).

Как видно из приведенной диаграммы (см. рис. 8.3), нормальное воспроизведение записанной информации предполагает наличие четких фронтов изменения намагниченности материала. При сближении отдельных импульсов или, что то же самое, при увеличении плотности записи начинается наложение отдельных фронтов намагниченности друг на друга. Это приводит к смещению максимумов намагниченности и уменьшению амплитуды сигналов считывания. Последнее значительно усложняет задачу распознавания считанной информации и понижает надежность работы всей системы записи – считывания.

Очевидно, чем меньше фронтов изменения намагниченности на такте записи одного разряда, тем более высокая плотность записи может быть обеспечена. Поэтому рассматриваемый способ, требующий двукратного изменения намагниченности на каждом такте, относится к способам, обеспечивающим сравнительно низкую плотность записи. На каждом такте после формирования сигнала осуществляется возврат к начальному (нулевому) уровню. Поэтому этот способ иногда называют *способом с возвратом к нулю*.

Запись без возврата к нулю с модификацией по 1

При этом способе используется предварительно намагниченный до состояния $+J_r$ или $-J_r$ носитель (рис. 8.4). Сущность способа заключается в том, что на такте изменяется полярность тока, если записывается единица, и не изменяется, если записывается нуль. Способ относится к числу потенциальных. Запись информации осуществляется путем создания по длине носителя намагниченности материала, знак которой изменяется на тактах с записанными единицами. В связи с такой зависимостью магнитного рельефа от записанной информации при считывании в обмотке считывания наводятся сигналы положительной или отрицательной полярности на тех тактах, на которых под головкой считывания проходит участок носителя с записанной единицей. На тактах, где считывается нуль, сигнал $e_{сч}$ отсутствует.

Способ записи *по двум уровням без возврата к нулю с модификацией по нулю* отличается от рассмотренного способа записи с модификацией по единице тем, что ток записи меняется на тактах, на которых записывается нуль, со всеми вытекающими из этого последствиями.

Достоинства способа: сравнительно высокая амплитуда сигнала отдачи ($\Delta J = 2|J_r|$), а также повышенная плотность записи (не более одного перемагничивания на такт). Способ записи является потенциальным.

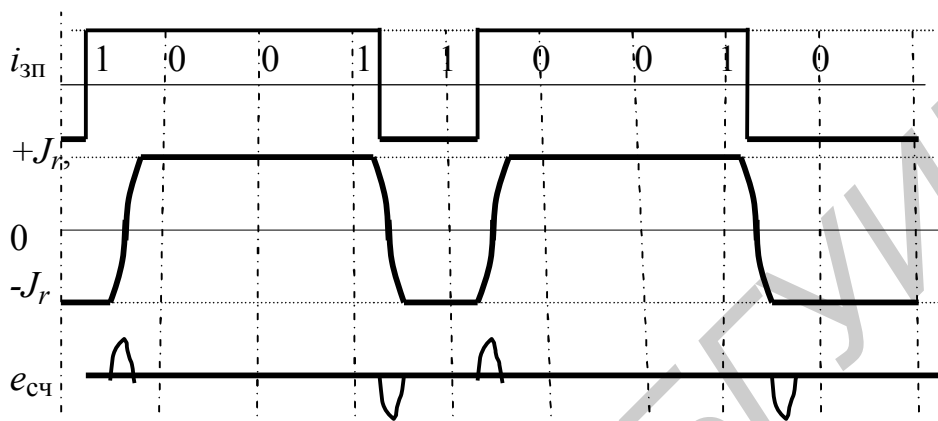


Рис. 8.4

Недостатки способа: трудность формирования сигналов синхронизации при чтении, т. к. не на всех тактах присутствуют сигналы $e_{сч}$ в головке считывания.

Частотный способ записи

Частотный способ записи относится к числу потенциальных и заключается в том, что количество смен полярности тока записи на такте зависит от того, записывается единица или нуль. На рис. 8.5 приведена временная диаграмма данного способа при условии, что на такте записи нуля осуществляется одна смена полярности тока $i_{зп}$ (в начале такта), а при записи единицы – две (в начале и середине такта). Присутствие во второй половине такта считывания сигнала означает, что считана единица.

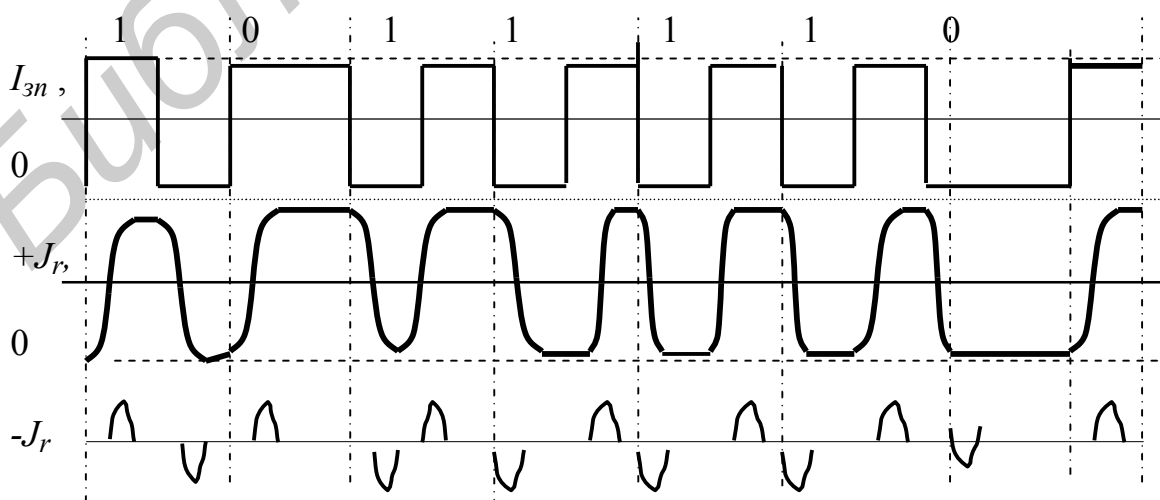


Рис. 8.5

Фазовый способ

При фазовом способе запись выполняется по двум уровням (рис. 8.6). В начальном состоянии материал намагничивается до одного из крайних состояний, например до $+J_r$. Способ относится к числу потенциальных. Его особенностью является то, что при записи нуля в определенной точке такта (например в середине) происходит смена тока одной (например положительной) фазы, а при записи единицы – противоположной (например отрицательной) фазы.

Распознавание информации при считывании производится следующим образом. Если во второй половине такта считывания в обмотке считывания формируется положительный сигнал, то считан ноль, если же этот сигнал отрицательный, то считана единица.

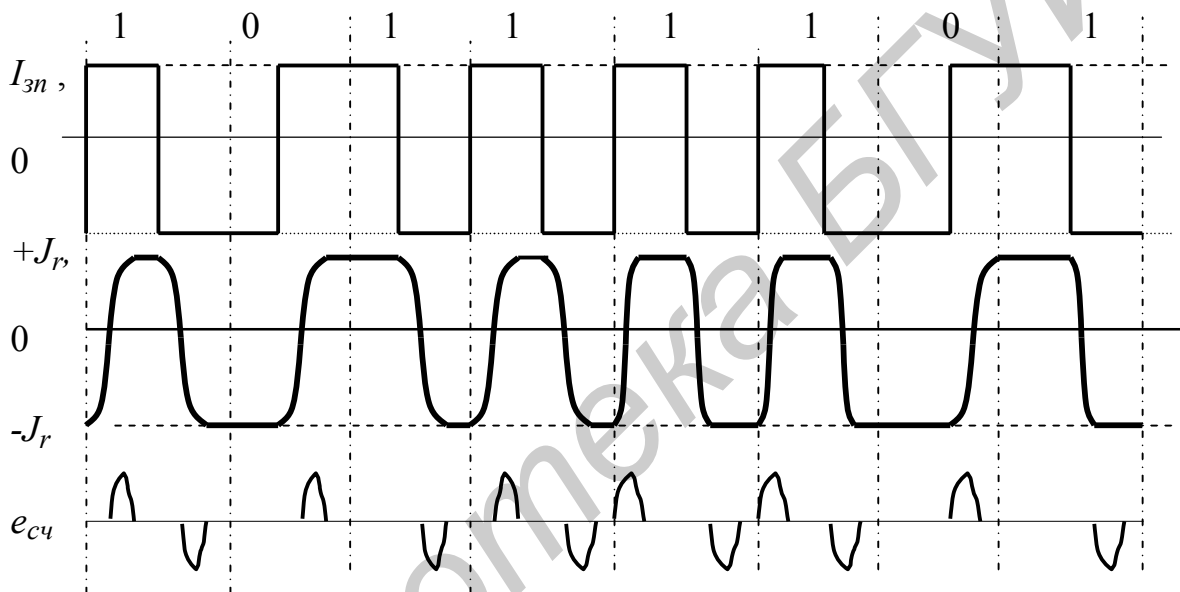


Рис. 8.6

При фазовом способе в канале записи необходимо использовать логическую схему, при помощи которой осуществляется анализ, определяющий, совпадает ли информация следующего такта с информацией текущего такта или нет. Если на очередном такте записывается та же информация, что и на предыдущем, то в начале очередного такта ток в головке записи меняет знак. Если записи подлежит противоположная двоичная цифра, то дополнительного изменения тока в начале очередного такта не происходит.

Необходимость формирования дополнительного изменения тока в начале некоторых тактов приводит к тому, что на такте записи может происходить двойное перемагничивание материала носителя. В результате обеспечиваемая этим способом плотность записи снижается по сравнению с методом записи без возврата к нулю.

Достоинствами фазового способа являются сравнительно высокая амплитуда сигнала отдачи, отсутствие необходимости использования специальной синхродорожки и возможность выполнения локальной перезаписи информации.

Модифицированный фазовый способ

Использование данного способа имеет своей целью обеспечить не более одного перемагничивания на такт и наличие при считывании хотя бы одного сигнала на периоде времени, соответствующем двум тактам. На рис. 8.7 приведена временная диаграмма, иллюстрирующая данный способ. При формировании тока записи на тактах, где записывается нуль, осуществляется переключение направления тока записи в середине такта. На тактах, на которых записывается единица, осуществляется смена полярности тока записи в начале такта, если на предыдущем такте была записана единица. Если на предыдущем такте записан нуль, то при записи единицы в текущем такте изменение тока записи не выполняется.

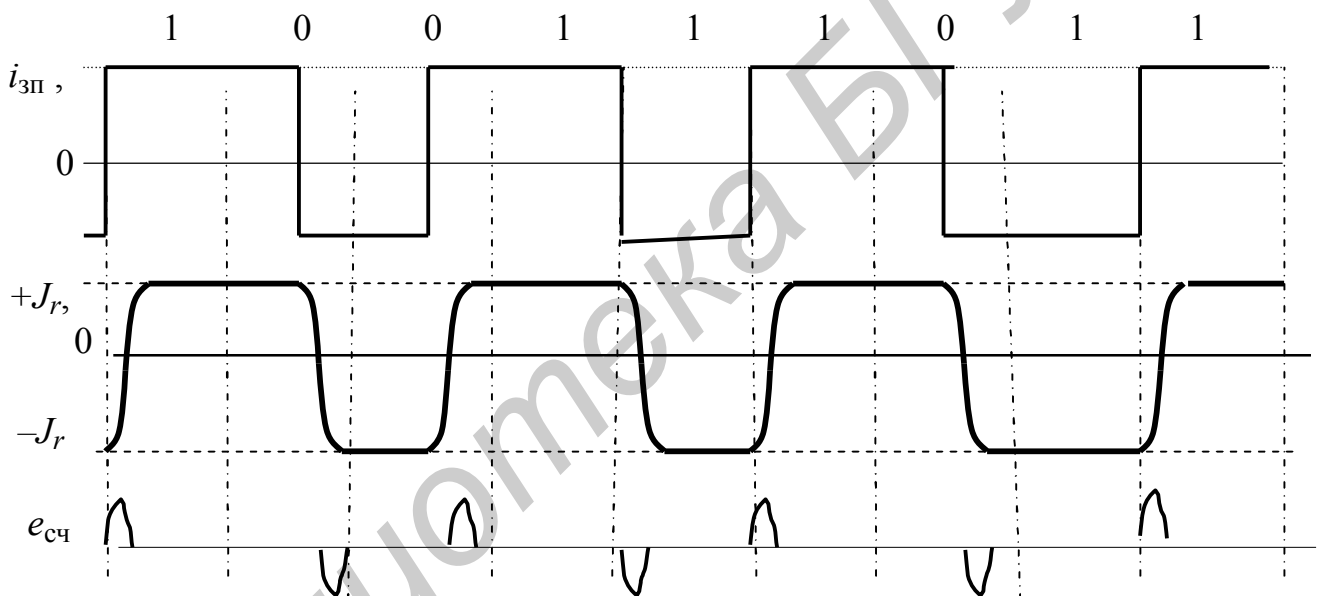


Рис. 8.7

Распознавание прочитанной информации при считывании осуществляется следующим образом. Если во второй половине такта имеет место сигнал любой полярности, то это означает, что читается нуль. Если в первой половине такта есть сигнал любой полярности, то это означает, что на такте читается единица. Если при считывании сигнал на такте отсутствует, а на предыдущем такте прочитан нуль, то это означает, что на данном такте читается единица.

Способ требует сравнительно сложную логику при формировании тока записи и распознавании прочитанной информации. При этом способе обеспечивается высокая плотность записи, имеется возможность решить проблему синхронизации без использования специальной синхродорожки.

8.1.4. Способы установки магнитных головок

Используются два способа установки магнитных головок: контактный и бесконтактный.

Контактный способ предполагает механический контакт магнитной головки с магнитным носителем. Обеспечивает более высокую плотность записи и большую амплитуду сигнала отдачи при считывании информации.

Недостатком способа является деформация магнитных головок и рабочего слоя в процессе записи – считывания информации. Нежелательные деформации частично уменьшаются путем тщательной шлифовки участка магнитной головки в области зазора и использования антифрикционного покрытия магнитного слоя носителя. Однако полностью устранить их невозможно, что сокращает срок службы магнитных головок и носителя.

Бесконтактный способ применяется в тех случаях, когда деформация магнитных головок и носителя нежелательна или недопустима. Он может обеспечиваться за счет фиксированной или плавающей установки магнитных головок.

Фиксированная установка магнитных головок предполагает жесткое их крепление к корпусу узла записи – считывания. При этом удастся уменьшить зазор до 15 мкм. Дальнейшее уменьшение зазора невозможно из-за неровностей на поверхности носителя и отсутствия идеально точного его перемещения относительно магнитных головок (биение магнитного диска при вращении). Указанная величина зазора позволяет записывать информацию с плотностью не более 3 – 7 бит/мм.

Использование *плавающих магнитных головок* позволяет уменьшить зазор между магнитными головками и носителем, что приводит к повышению плотности записи.

Разновидностями плавающей установки магнитных головок являются установки с использованием воздушной подушки и аэродинамического крыла.

К числу недостатков установки магнитных головок с использованием воздушной подушки можно отнести сложность оборудования (наличие средств для подачи воздуха и его фильтрации). Кроме того, весьма сложной является проблема стабилизации положения плавающего элемента относительно перемещения носителя, т. к. при незначительных перекосах происходит утечка воздуха и неконтролируемое изменение зазора.

Плавающая установка с использованием принципа аэродинамического крыла

Если взять (рис. 8.8) горизонтальную плоскость 1 (носитель) и наклонную к ней плоскость 2 (плавающий элемент), то при их взаимном перемещении со скоростью V поток воздуха создает подъемную силу F , прикладываемую к плоскости 2. Эта сила будет пропорциональна величине скорости V , площади плоскости 2, углу атаки φ и обратно пропорциональна зазору h . При уменьшении зазора подъемная сила увеличивается, при увеличении зазора – уменьшается, что позволяет использовать эту силу в системе отслеживания постоянной величины h .

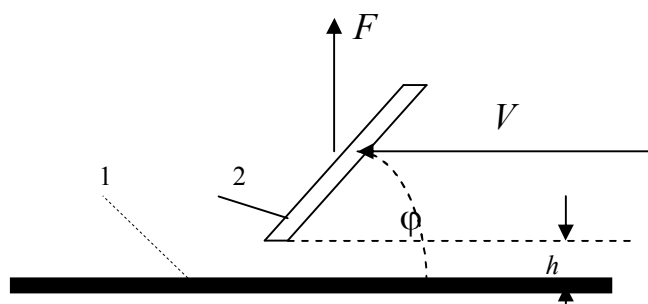


Рис. 8.8

8.1.5. Накопители на магнитной ленте

Характерной особенностью внешних запоминающих устройств на магнитной ленте (НМЛ или стримеры) является минимальная стоимость хранения 1 бита информации при большой информационной емкости. Кроме того, их достоинством является возможность создания на нескольких кассетах магнитной ленты банков данных, библиотек программ, справочников большого объема, архивов и т. п.

Используемая в НМЛ в качестве носителей магнитная лента представляет собой эластичную основу, покрытую магнитным слоем. Запись, считывание и стирание информации в НМЛ осуществляется при перемещении магнитной ленты относительно магнитных головок. Для сокращения времени поиска необходимой информации и ее считывания в НМЛ обеспечивается чтение как при прямом движении ленты, так и при движении ленты в обратном направлении. Перемещение магнитной ленты относительно магнитных головок выполняет лентопротяжный механизм (ЛПМ).

Информация на магнитной ленте располагается по параллельным дорожкам, идущим вдоль носителя. Длина ленты может быть различной и измеряться от десятков до сотен метров. Число магнитных головок определяется числом дорожек на ленте; конструктивно они выполняются в виде одного блока.

Число магнитных дорожек зависит от ширины магнитного носителя и составляет 4, 9 и более дорожек. Если информация на носитель записывается методом, требующим применения синхродорожки, то одна из дорожек магнитной ленты отводится для записи непрерывной последовательности синхроимпульсов. На каждом такте записи магнитные головки осуществляют запись 1 бита информации на всех дорожках, образуя строку записи. Строки записываются последовательно друг за другом и группируются по зонам. Длина зон может быть различной.

Между соседними зонами имеются межзонные промежутки, внутри которых запись отсутствует. Для межзонных промежутков используется постоянная длина носителя, однако она может изменяться в большую сторону, что используется при обходе дефектных мест на поверхности ленты (дефектный участок «покрывается» межзонным промежутком). Минимальная длина межзонного промежутка определяется инерционностью ЛПМ: она должна быть достаточной для обеспечения внутри межзонного

промежутка полного останова ленты и последующего ее разгона до номинальной скорости (2 – 4 м/с). Обычно длина межзонного промежутка измеряется несколькими миллиметрами.

Адресация к информации на магнитной ленте выполняется с точностью до одной зоны – при каждом обращении считывается или записывается целая зона. Как правило, разрешается перезапись только последней зоны и запись новых зон, лежащих за последней, уже записанной зоной при прямом движении носителя.

НМЛ относятся к запоминающим устройствам с последовательным доступом. Среднее время поиска информации здесь весьма значительно и зависит от общей длины носителя и скорости его перемещения. Большие затраты времени на поиск информации при обращении к произвольному участку запоминающей среды являются главным недостатком данного типа накопителя.

В простейшем случае каждая зона сопровождается *меткой* или номером зоны. Запись номеров всех зон (разметка ленты) при использовании зон фиксированной длины может быть выполнена заблаговременно. Начало и конец зоны могут быть определены и другими способами, например по отсутствию синхроимпульсов, которые сопровождают только информацию зоны. При разметке ленты выполняется процедура обхода дефектных участков, обнаруженных на поверхности носителя.

Контроль информации на магнитной ленте

Наиболее простым и распространенным способом контроля является *контроль по модулю 2* (контроль по четности или нечетности), требующий дополнительного контрольного бита информации на каждую контролируемую группу бит, например строка записи (байт). Такой способ контроля каждой строки записи называют *поперечным* или *вертикальным контролем*.

При использовании контроля по нечетности в каждой строке находится хотя бы одна единица. Это положение используется для решения проблемы синхронизации без введения специальной синхродорожки – синхроимпульсы в этом случае могут быть получены логическим объединением при считывании сигналов одной строки. Объединенный сигнал будет иметь место при считывании каждой строки, следовательно, его можно использовать в качестве сигнала синхронизации.

Аналогично может быть организован контроль информации вдоль дорожки (*продольный контроль*). При этом в конце записи на каждой дорожке формируется контрольный бит. Все контрольные биты образуют строку продольного или горизонтального контроля. Сочетание продольного и поперечного контроля позволяет при воспроизведении определить местоположение одиночной ошибки в зоне. Эта ошибка принадлежит байту, отмеченному как ошибочный поперечным контролем, а ошибочный бит в байте принадлежит той дорожке, на которой обнаружена ошибка продольным контролем.

8.1.6. Накопители на магнитных дисках

Носителем информации в накопителях на магнитных дисках (НМД) являются плоские диски с магнитным покрытием.

Запись и чтение информации осуществляется по концентрическим дорожкам плоской поверхности. Дорожки могут объединяться в зоны.

В НМД используются подвижные магнитные головки. Одна дорожка, как правило, обслуживает все дорожки одной поверхности магнитного диска.

Упрощенная конструкция НМД приведена на рис. 8.9.

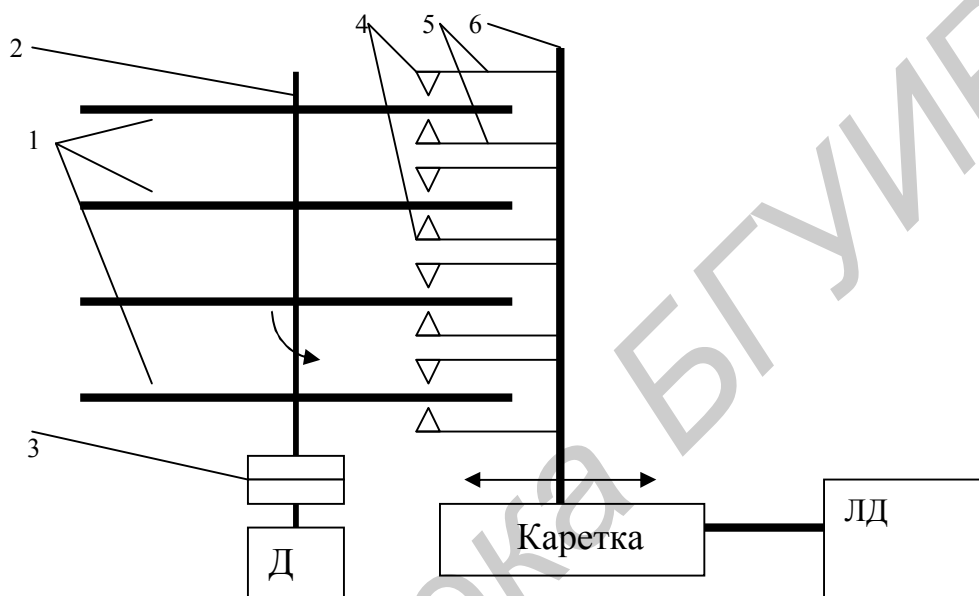


Рис. 8.9

На рис. 8.9 приняты следующие обозначения:

1 – магнитные диски;

2 – ось, на которой жестко закреплены диски;

3 – соединительная муфта;

4 – плавающие магнитные головки;

5 – рычаги, несущие головки;

6 – стойка, которая крепится к каретке, перемещаемой линейным двигателем ЛД;

Д – двигатель, вращающий пакет дисков.

Выбор магнитной дорожки при такой конструкции осуществляется перемещением головки по радиусу диска с помощью линейного двигателя. Одновременно перемещаются все магнитные головки, закрепленные на стойке 6. При этом в каждый фиксированный момент времени отдельные головки будут находиться над одной из дорожек своей рабочей поверхности. Набор таких одновременно адресуемых дорожек называется *цилиндром*. Количество цилиндров в пакете дисков равно количеству дорожек на одной рабочей поверхности.

Процесс перемещения головок для уменьшения затрат времени на адресацию может включать режимы грубого и точного поиска. Первый отличается повышенной скоростью движения и применяется тогда, когда адрес текущей магнитной дорожки существенно отличается от искомого. Режим точного поиска используется тогда, когда расстояние от магнитной головки до искомой дорожки невелико.

В накопителях на жестких магнитных дисках (НЖМД) для позиционирования головок используются либо шаговый двигатель, либо двигатель с сервоприводом. Привод головок при этом является частью электромеханической системы, включающей систему, контролирующую скорость движения головок.

Шаговый двигатель по каждому импульсу от системы управления обеспечивает линейное перемещение головки на фиксированное расстояние (шаг между дорожками) и позиционирование головки на нужное место. Обратной связи в системе нет. Здесь трудно учесть расширение и сокращение материалов (а следовательно, и изменение расстояния между дорожками) под влиянием внешних факторов. Поэтому в этом случае используется сравнительно малая поперечная плотность записи (число дорожек на единицу длины), а следовательно, и сравнительно малый объем запоминающей среды.

В жестких дисках с сервоприводом система управления определяет местоположение головки путем постоянного чтения специальных данных, записанных на определенном участке запоминающей среды НМД, который называется «сервоповерхность». Система с сервоприводом работает в 2 – 3 раза быстрее.

Запись – считывание информации в НЖМД осуществляется, как правило, бесконтактным способом, хотя в состоянии покоя магнитные головки могут иметь контакт с поверхностью диска. Исключением является использование малоинерционных пленочных магнитных головок, когда головки можно устанавливать контактным способом (контакт магнитной поверхности при ее движении с малоинерционной головкой не приводит к заметным механическим повреждениям).

Цилиндрам присваиваются номера соответствующих дорожек. Данные, записанные на каждой дорожке, разбиты на секторы по несколько сотен байт в каждом. Полный адрес сектора в пакете дисков состоит из трех частей:

- номера цилиндра;
- номера магнитной головки;
- номера сектора на дорожке.

Используются пакеты с 3, 4 или 5 магнитными дисками. Иногда в одном пакете используется большее количество дисков.

Конкретный формат представления данных на диске определяется внутренней программной конфигурацией ПЭВМ и техническими характеристиками адаптера накопителя.

Начало каждого сектора обозначается адресным маркером. Сектор включает поле идентификатора и поле данных. В начале каждого поля записыва-

ются байты синхронизации, служащие для синхронизации схемы выделения данных. Идентификатор сектора содержит длину сектора, адрес сектора, представленный номером цилиндра, номером головки и номером сектора. В идентификатор дополнительно вводятся байты сравнения и флага. Байт сравнения представляет одинаковое для каждого сектора число, с помощью которого осуществляется контроль правильности считывания идентификатора. Байт флага содержит указатель состояния дорожки (основная или запасная, исправная или дефектная).

В конце каждого поля сектора записываются контрольные байты. В поле идентификатора эти байты формируются однократно при записи идентификатора, а в поле данных – каждый раз заново при каждой новой записи данных в сектор. Характерной особенностью контрольных байт, используемых в НМД, является то, что они служат не только для контроля считываемой информации, но и для исправления отдельных видов ошибок.

Перед использованием НМД производится его начальное форматирование. Эта процедура, выполняется под управлением специальной программы, при работе которой на дисковый пакет записываются секторы со служебной информацией и проверяется пригодность отдельных секторов. В результате начального форматирования определяется расположение секторов и устанавливаются их логические номера.

В некоторых случаях для эффективного чтения и записи информации используется нумерация, при которой секторы с последовательными номерами размещаются через N физических секторов. Такое расположение (рис. 8.10) позволяет обращаться к последовательным секторам при минимальном количестве оборотов диска и обеспечивать необходимое время на подготовку адаптера к операциям записи – чтения для следующего сектора. Число N называется коэффициентом чередования.

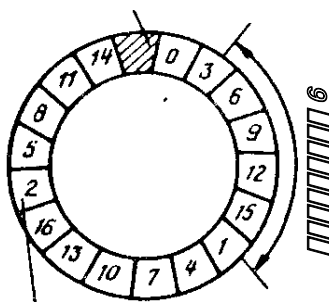


Рис. 8.10

Значение коэффициента чередования задается при форматировании диска и позволяет достигнуть оптимальную производительность при обмене информацией с дисковой памятью. Первые модели типа РС/ХТ комплектовались НЖМД с коэффициентом чередования 6:1, но модели РС/АТ уже имели жесткие диски, для которых этот показатель составлял 3:1. В настоящее время

мя в НЖМД используют коэффициент чередования 1:1, а их контроллеры считывают с диска за одно обращение информацию со всей дорожки и размещают ее в буфере. Адресуемый сектор при этом выбирается из буфера.

8.2. Накопители на оптических носителях

По сравнению с магнитными дисками оптические диски, кроме большей информационной емкости (плотность записи до 10^9 бит/см²), не подвержены влиянию внешнего магнитного поля. К недостаткам накопителей на оптических носителях (НОД) относятся сравнительно большое время доступа, сравнительно низкая скорость передачи данных, а также наличие сложных механических и оптических узлов.

Запись информации на оптические носители осуществляется за счет формирования оптических неоднородностей на поверхности носителя. Оптический рельеф может быть представлен различным коэффициентом отражения светового потока на отдельных участках носителя. В качестве светового потока используется лазерный луч, т. к. в этом случае имеется возможность обеспечения высокой степени фокусировки светового потока (диаметр сфокусированного лазерного луча измеряется десятками долями микрона). Плотность записи на носителя определяется минимально возможными размерами создаваемого оптического отпечатка (питы). Питы располагаются по спиральной или концентрической дорожке. В самом простом случае пит представлен в виде «вырова» (углубления) на поверхности с высоким коэффициентом отражения оптического луча.

На рис. 8.11 приведен пример расположения питов на диске.

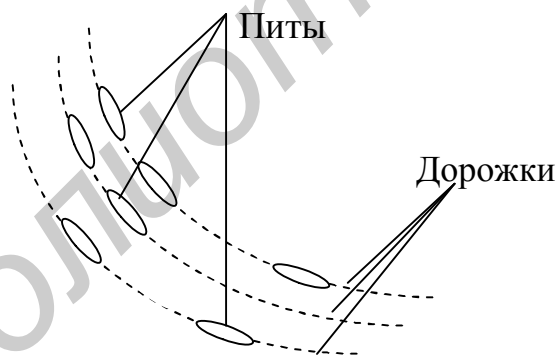


Рис. 8.11

8.2.1. Типы НОД

По способу записи – считывания НОД подразделяются на три больших класса.

НОД только для чтения (CD ROM-Compact Disc Read Only Memory). Используются как постоянные запоминающие устройства (ПЗУ).

НОД с однократной записью и многократным считыванием (WORM – Write Once Read Memory). В этих накопителях запись осуществляется пользователем однократно, стирание и перезапись информации невозможны.

НОД, допускающие стирание и многократную перезапись информации.

Применяются различные способы записи информации на оптические носители, среди которых наиболее часто используются:

- абляционный – запись осуществляется путем прожигания отверстий в непрозрачной среде оптического носителя;
- перевод запоминаящей среды из кристаллической фазы в аморфную и наоборот;
- изменение магнитного состояния носителя;
- изменение цвета локальной области.
-

8.2.2. Оптический носитель

Оптический носитель имеет несколько слоев.

Основой оптического носителя (диска) служит круглая подложка, изготавливаемая из синтетических материалов, например полимеров с использованием поликарбоната или из полиметилметакрилата. Используется также стекло. В общем случае материал подложки должен обеспечивать высокое качество чистоты поверхности, большую температурную и временную стабильность механических параметров диска.

В качестве *рабочего* слоя в оптических дисках используются многослойные пленочные структуры, которые могут включать:

отражающий слой, (например из алюминия), обеспечивающий более рациональное использование энергии луча при записи информации и лучшее соотношение сигнал – шум при считывании;

слой диэлектрика с низкой теплопроводностью, который предотвращает распространение тепла к хорошо проводящему тепло отражающему слою;

информационный (рабочий) слой из металлов или сплавов с низкой температурой плавления (как правило, это соединение теллура с мышьяком и селеном или свинцом и селеном);

защитное покрытие, которое должно обладать высокой оптической пропускной способностью.

8.2.3. Технология изготовления НОД

При создании *CD ROM* используется технология, включающая создание диска-матрицы, с помощью которой «печатаются» нужное количество копий.

При создании матрицы на диск, покрытый материалом типа «фоторезист», воздействуют модулированным лазерным лучом. На участках, на которые попал свет, у материала фоторезиста в несколько раз повышается коэффициент растворимости. Поэтому при последующей обработке поверхности диска слабым раствором кислоты эти участки вымываются, за счет чего на поверхности диска создается механический рельеф.

Далее на полученную рельефную поверхность наносится тонкий металлический слой. В качестве металла используются серебро, никель и другие металлы, имеющие хорошую пластичность. Затем наносится прочный слой

другого более дешевого металла. После этого металлическое покрытие отделяется от исходного диска и концентрированной кислотой с него удаляются остатки фоторезиста.

При тиражировании диски-копии создаются следующим образом.

На диск-матрицу 1 (рис. 8.12) наносится капля смолы 2, которая прижимается диском-основанием изготавливаемой копии (3). К последнему прикладывается сила F , которая, начиная с центра, по спиральной траектории прижимает диск-основание к матрице. В результате этого смола, растекаясь, заполняет неровности на поверхности матрицы. Далее диск 3 с рельефным слоем смолы, отражающим диск-матрицу, отделяется от матрицы и на его поверхность наносится защитное покрытие. Диск-копия готов.

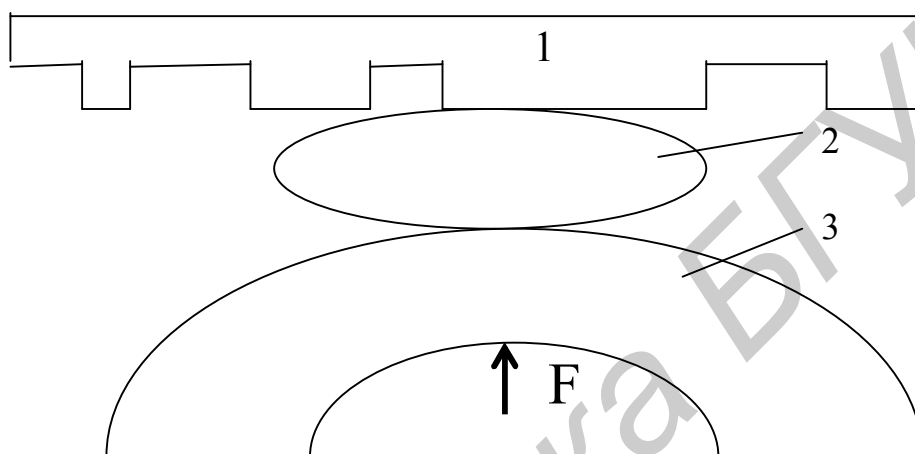


Рис. 8.12

В НОД с однократной записью и многократным считыванием

Однократная запись информации осуществляется пользователем за счет процедуры «прожига» (абляционный метод записи). При считывании информации используется луч лазера меньшей мощности.

В НОД, допускающих стирание и многократную перезапись, рабочий слой может быть представлен материалом, который под воздействием температуры может переходить из аморфного состояния в кристаллическое и наоборот. Здесь используется зависимость коэффициента отражения кристаллического вещества от плоскости поляризации падающего на него светового потока.

Материал рабочего слоя незаписанного носителя находится в кристаллическом состоянии. При записи в местах формируемых битов под воздействием лазерного луча повышенной мощности материал рабочего слоя переходит в аморфное состояние, что изменяет его коэффициент отражения.

Стирание носителя выполняется за счет воздействия на носитель лазерным лучом соответствующей мощности. Материал рабочего слоя расплавляется, а после охлаждения переходит в кристаллическую структуру, и можно записать новую информацию.

На рис. 8.13 приведена конструкция оптической головки НОД.

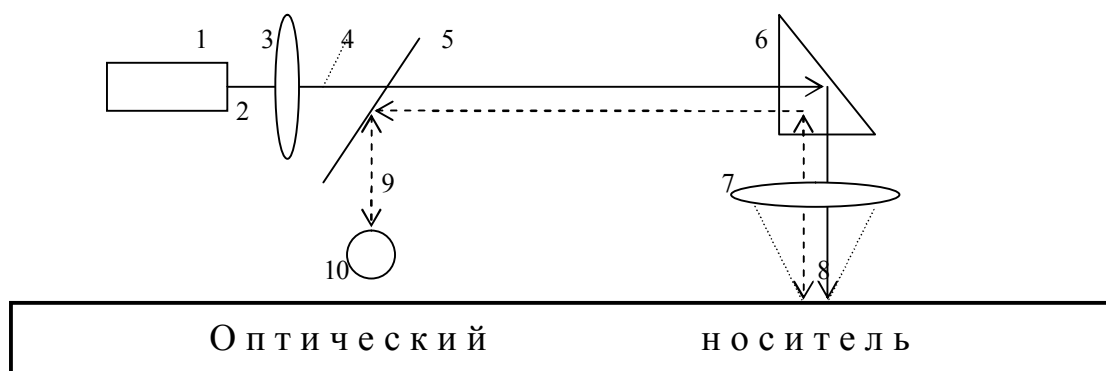


Рис. 8.13

На рис. 8.13 используются следующие обозначения:

- 1 – генератор, формирующий лазерный луч 2;
- 3 – оптическая система (коллиматор), формирующая параллельный световой поток 4;
- 5 – полупрозрачное зеркало;
- 6 – оптическая призма;
- 7 – фокусирующая система (объектив);
- 8 – сфокусированный лазерный луч, засвечивающий носитель;
- 9 – отраженный лазерный луч;
- 10 – светочувствительный элемент (фотодиод).

При записи лазерный луч, модулируемый записываемыми данными, от генератора проходит через коллиматор, полупрозрачное зеркало и линзу объектива и, попадая на носитель, формирует пик на его информационном слое.

При чтении используется луч пониженной мощности. Не меняя состояние рабочего слоя, луч отражается от оптического носителя и идет в обратном направлении. Встретив на своем пути полупрозрачное зеркало, луч направляется на светочувствительный элемент. По степени засветки этого элемента определяется, находится ли пик на отражающем участке носителя.

8.2.4. Оптико-магнитные запоминающие устройства

Оптико-магнитные запоминающие устройства – это попытка создания накопителя, объединяющего в себе высокую плотность записи НОД и простоту процедуры перезаписи накопителей на магнитных носителях.

В рассматриваемых накопителях применяется магнитный носитель.

При записи используется эффект уменьшения коэрцитивной силы H_c магнитного материала при повышении температуры. Участок носителя, где нужно создать магнитный отпечаток, подвергается двойному воздействию – магнитным полем с напряженностью H и лазерным лучом (рис. 8.14). Луч лазера в месте падения нагревает материал до температуры t^0 . Напряженность магнитного поля H выбирается так, чтобы при нормальной температуре t_n^0 выполнялось условие $H_c > H$, а при температуре t^0 имело место $H_c < H$.

Такой выбор величины напряженности магнитного поля и мощности лазерного луча приводит к тому, что под действием магнитного поля перемагничивается только тот участок носителя, на который падает луч лазера. При этом имеет место поперечное намагничивание материала, при котором можно обеспечить плотность записи, в несколько раз превышающую плотность при продольном намагничивании, которое имеет место в обычных устройствах на магнитных носителях.

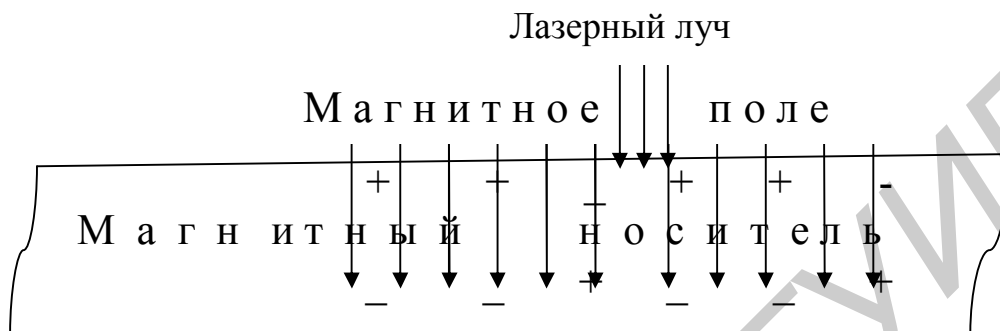


Рис. 8.14

Считывание информации осуществляется когерентным излучением за счет использования магнитооптических эффектов Керра (изменение поляризации при отражении) и Фарадея (вращение плоскости поляризации света) при прохождении через намагниченный участок. Поляризованный определенным образом луч лазера меняет плоскость поляризации при отражении от намагниченного участка, что используется при детектировании сигнала считывания.

8.2.5. Сервосистемы НОД

В накопителях на оптических дисках используется несколько сервосистем:

- позиционирования головок;
- фокусировки лазерного луча на рабочую поверхность;
- отслеживания дорожки.

Система позиционирования головок обеспечивает установку головки (оптической или магнитной) на нужную дорожку.

На рис. 8.15 приведена схема механизма позиционирования, в которой

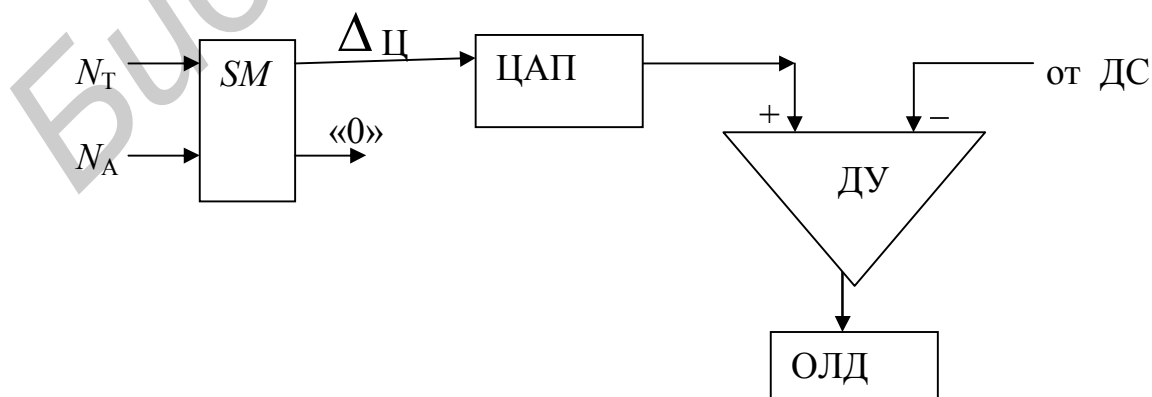


Рис. 8.15

приняты следующие обозначения:

N_T – номер текущего цилиндра;
 N_A – номер адресуемого цилиндра;
 SM – сумматор, формирующий $\Delta Ц$, определяющую расстояние от текущего до адресуемого цилиндра;
 «0» – сигнал нулевого значения $\Delta Ц$, используемый для включения тормоза каретки с головками записи – считывания;
 ЦАП – цифроаналоговый преобразователь;
 ДУ – дифференциальный усилитель, формирующий на своем выходе сигнал, определяемый разностью сигналов от ЦАП и сигнала от датчика скорости (ДС);
 ОЛД – обмотка линейного двигателя, перемещающего каретку.
 Сигнал, подаваемый в обмотку линейного двигателя привода каретки, будет тем больше, чем больше $\Delta Ц$ и чем меньше скорость движения каретки. Приведенная схема обеспечивает быстрое движение каретки, если искомым цилиндр далеко от адресуемого цилиндра, и уменьшение скорости по мере приближения к адресуемому цилиндру.
 В НОД для высокоточного подвода головки к адресуемой дорожке используется механизм типа «черепаха» (рис. 8.16).

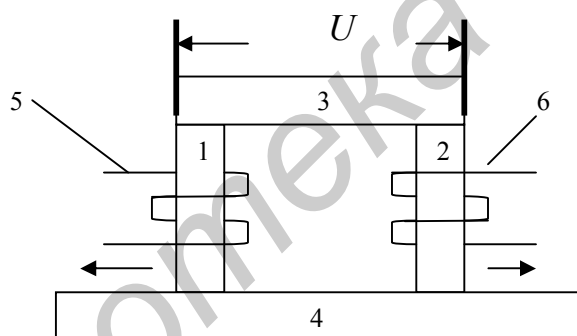


Рис. 8.16

На рис. 8.16 приняты следующие обозначения:

- 1 – электромагнит с обмоткой 5 (левая нога);
- 2 – электромагнит с обмоткой 6 (правая нога);
- 3 – пьезопластина;
- 4 – металлическая поверхность;
- U – электрическое напряжение.

Фиксированное положение механизма обеспечивается за счет подачи тока в обе обмотки 5 и 6, в результате чего обе ноги примагничиваются к поверхности 4. Если необходимо переместить «черепаху» вправо, то сначала обесточивается обмотка 6, затем подается напряжение U на пьезоэлемент 3, в результате чего последний увеличивает и перемещает незафиксированную ногу 2 вправо. Далее подается ток в обмотку 6 и обесточивается обмотка 5. Магнитная фиксация левой ноги исчезает. Потом снимается напряжение с

пьезоэлемента, который сокращается, принимая свой нормальный размер, и незафиксированная нога 1 подтягивается к левой ноге «черепахи». Шаг вправо выполнен. Аналогично выполняется перемещение «черепахи» влево. Длина одного шага измеряется десятными долями микрона.

Сервосистема фокусировки луча следит за точностью фокусировки лазерного луча на рабочую поверхность оптического носителя.

Одна из реализаций такой системы основана на использовании угла преломления луча света при прохождении через границу двух сред с различной плотностью. В системе используется свойство отраженного света, а именно – хорошо сфокусированный луч создает сфокусированное отражение, в то время как плохо сфокусированный световой поток дает рассеянное отражение (рис. 8.17).

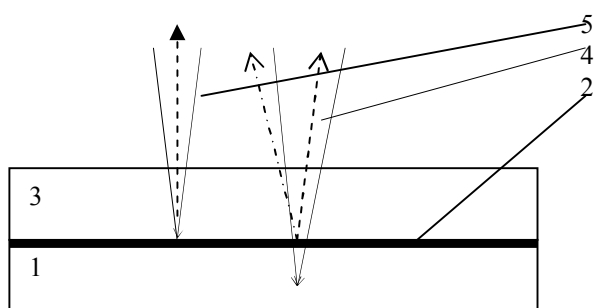


Рис. 8.17

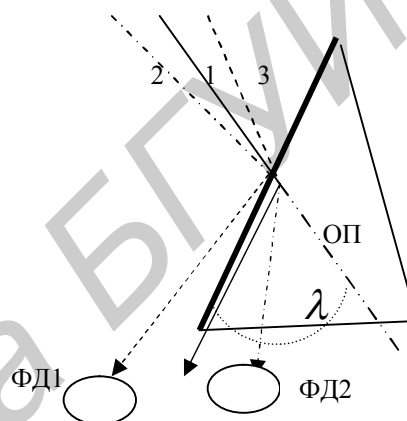


Рис. 8.18

На рис. 8.17 приведены следующие обозначения:

- 1 – основание;
- 2 – рабочий (информационный слой);
- 3 – оптический слой носителя;
- 4 – плохо сфокусированный световой поток;
- 5 – хорошо сфокусированный луч.

Для получения сигнала о расфокусировке луча используется оптическая призма (ОП на рис. 8.18), отражающая поверхность которой устанавливается с учетом угла преломления λ таким образом, чтобы сфокусированный луч 1 после пересечения границы двух сред не выходил из тела ОП. При таком положении оптической призмы часть несфокусированного светового потока (луч 2 и 3 на рис. 8.18) будет отражаться от поверхности на фотодиод ФД1 или преломляться и попадать на ФД2. Сигнал с фотодиодов используется следящей системой для управления механизмом фокусировки лазерного луча. Изменение фокусировки осуществляется за счет продольного перемещения объектива, которое осуществляется подобно тому, как это делается при перемещении диффузора динамика.

Система отслеживания дорожки обеспечивает установку считывающего лазерного луча на дорожку на оптическом носителе.

Один из принципов реализации этой сервосистемы предполагает направление на носитель трех лучей: основного л1 для считывания и двух вспомогательных л2 и л3 (рис. 8.19). Эти лучи отражаются и направляются на три фотодиода, выходы которых подключаются к интегратору, который формирует аналоговые сигналы ИС1, ИС2, ИС3, амплитуда которых соответствует интенсивности усредненного отраженного потока лучей л1, л2, л3.

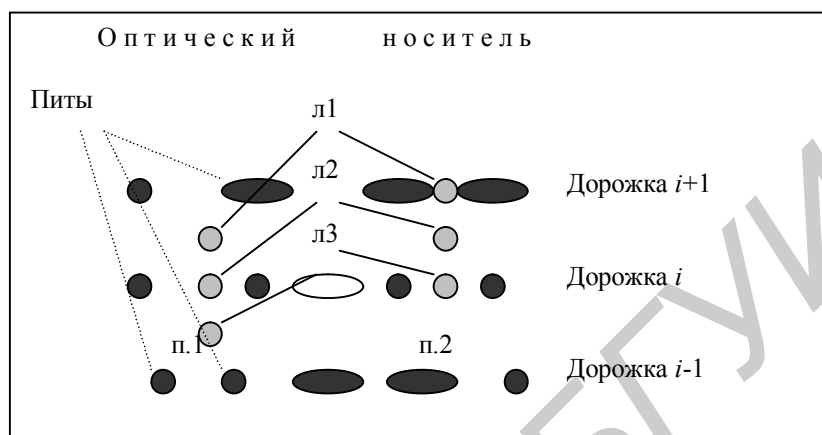


Рис. 8.19

Легко заметить, что если считывающий луч л.1 находится в правильном положении (п. 1 на рис. 8.19), то его усредненный отраженный поток ИС2 будет меньше, чем ИС1 и ИС2. Если считывающий луч л1 находится в неправильном положении (п. 2 на рис. 8.19), то его усредненный отраженный поток ИС2 будет больше, чем отраженный поток от других лучей. При работе сервосистема сравнивает амплитуды ИС1, ИС2, ИС3, и если луч л1 начинает уходить с дорожки, т. е. ИС1 начинает сравнительно увеличиваться, то система посылает сигналы на механизм позиционирования лазерной головки, чтобы вернуть считывающий лазерный луч в правильное положение.

В данном случае шаги перемещения головки измеряются десятными долями микрона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гук, М. Аппаратные интерфейсы ПК / М. Гук. – М.-С.Пб. : Питер, 2005.
2. Чепурной, В. Устройства хранения информации / В. Чепурной. – М.-С.Пб. : Питер, 1999.
3. Фролов, А. В. Графические адаптеры EGA/VGA / А. В. Фролов. – М. : МИФИ, 1998.
4. Universal Serial Bus 3.0. Specification. / Hewlett-Pack Company, Intel Corporation, Microsoft Corporation, ST-NXP Wireless, Texas Instruments. – Revision 1.0, 2008.

Учебное издание

Пешков Анатолий Тимофеевич
Кобайло Александр Серафимович

ПЕРИФЕРИЙНЫЕ УСТРОЙСТВА

Учебно-методическое пособие

Редактор *Н. В. Гриневич*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная верстка *Е. Г. Бабичева*

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Times».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. 6,0. Тираж 100 экз. Заказ 224.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0494371 от 16.03.2009. ЛП №02330/0494175 от 03.04.2009.
220013, Минск, П. Бровка, 6.