

Министерство образования Украины
Севастопольский государственный технический университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторному практикуму по дисциплине

”Интерфейсы персональных компьютеров”

для студентов специальностей 7.090801 и 7.090804

Севастополь
2002

Целью цикла лабораторных работ является изучение методов подключения внешнего устройства к персональному компьютеру, освоение навыков по проектированию устройств сопряжения персонального компьютера с внешним устройством, и организации обмена данными между внешним устройством и персональным компьютером.

Методические указания утверждены на заседании кафедры ЭЛТ.
Протокол № 7 от 15 сентября 2002г.

Рецензент: Астраханцев Александр Владимирович, канд. техн. наук, доцент

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВНЕШНИХ ИНТЕРФЕЙСАХ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА.....	3
2. СИСТЕМНАЯ МАГИСТРАЛЬ ISA	
Особенности магистрали ISA	
Сигналы магистрали ISA	
Циклы магистрали ISA	
Электрические характеристики линий ISA	
3. ИНТЕРФЕЙС CENTRONICS	
Особенности интерфейса Centronics	
Назначения контактов и порядок обмена по интерфейсу Centronics	
Проектирование программного обеспечения для обмена через Centronics	
4 Последовательный интерфейс RS-232C	
4.1 Способы последовательной передачи	
4.2 Назначения контактов и порядок обмена по интерфейсу RS-232C	
4.3 Электрический интерфейс	
4.4 Форматы обмена с приемопередатчиком RS-232C	
2. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНО - АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ	
2.1 СЕРВИСНАЯ ПРОГРАММНАЯ ОБОЛОЧКА	
2.1.1 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА РАБОТЫ С АССЕМБЛЕРОМ МК - 51...	
2.1.2 ОСНОВЫ РАБОТЫ С СИМУЛЯТОРОМ	
2.2 ОПИСАНИЕ СХЕМЫ АППАРАТНОГО БЛОКА	
3. ХОД ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ	
4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЗАДАНИЙ	
БИБЛИОГРАФИЯ	

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы выполняются индивидуально на программно-аппаратных комплексах включающих сервисную программную оболочку и аппаратный блок.

Сервисная программная оболочка позволяет набирать программы или их фрагменты в текстовом редакторе, производить их корректировку, создавать командный файл, а также получать подсказки по системе команд микроконтроллера.

Аппаратный блок представляет собой макеты, подключаемые к портам персонального компьютера, что дает возможность реально убедиться в правильности выполнения задания.

Приступая к выполнению лабораторных работ необходимо ознакомиться с содержанием настоящих рекомендаций, типами стандартных внешних интерфейсов персонального компьютера, а также хорошо изучить схему подключения периферийных устройств к компьютеру.

1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ВНЕШНИХ ИНТЕРФЕЙСАХ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА

Интерфейс — это совокупность унифицированных аппаратных, программных и конструктивных средств, необходимых для реализации взаимодействия различных функциональных элементов в системах при условиях, предписанных стандартом и направленных на обеспечение информационной, электрической и конструктивной совместимости указанных элементов.

К персональному компьютеру типа IBM PC внешние устройства могут быть подключены тремя путями, соответствующими трем типам стандартных внешних интерфейсов, средства которых входят в базовую конфигурацию компьютера:

- через системную магистраль;
- через параллельный интерфейс Centronics;
- через последовательный интерфейс RS-232C.

Каждый из трех указанных методов подключения имеет свои преимущества и недостатки. Выбор одного из них — важнейший шаг в самом начале процесса проектирования устройства сопряжения (УС). В таблице 1.1 приведено сравнение трех методов подключения по восьми параметрам, которые надо учитывать при выборе одного из них. Из таблицы видно, что выбор системной магистрали обеспечивает наибольшую скорость обмена. При этом не требуется ни отдельного конструктива (плата УС устанавливается в корпус компьютера), ни дополнительного источника питания (используется тот, который есть в компьютере). В то же время одноплатное исполнение ограничивает сложность УС, а соседство с быстродействующими и мощными цифровыми узлами компьютера приводит к высокому уровню электромагнитных помех и наводок по цепям питания.

Выбор Centronics или RS-232C позволяет расположить УС (причем УС любой сложности) на большом расстоянии от компьютера. Но при этом достигается гораздо меньшая скорость обмена, а также требуется внешний конструктив и дополнительный источник питания, что существенно увеличивает стоимость системы. Немаловажно и то, что без специальных методов через эти интерфейсы можно подключить только одно УС. Что касается сложности узлов сопряжения (интерфейсной части УС), то понятно, что обмен в параллельном формате гораздо проще, чем в последовательном.

При разработке УС необходимо в первую очередь сформулировать требования, предъявляемые к нему, проанализировать функции, которые компьютер должен выполнять с помощью данного УС. В общем случае эти функции могут быть реализованы как аппаратурой УС, так и программным обеспечением компьютера. В свою очередь, УС может включать в себя процессор, однокристалльный контроллер, микропрограммный автомат или жесткую логику. Сочетания перечисленных решений различаются между собой стоимостью, сложностью решаемых задач, гибкостью (способностью перенастройки на другую задачу), быстродействием.

Функции, выполняемые УС, можно разделить на две группы. К первой группе относятся интерфейсные функции, то есть те, которые обеспечивают обмен с выбранным интерфейсом компьютера (ISA, Centronics, RS-232C или какие-нибудь еще). Вторую группу образуют операционные или основные функции, ради которых, собственно, и создается УС. Если УС предназначено для сопряжения компьютера с каким-нибудь другим устройством, также имеющим стандартный интерфейс, то добавляются еще и функции обмена с этим интерфейсом.

Соответственно с этими двумя выделенными группами функций в структуре УС можно также выделить две части: интерфейсную и операционную. При этом подходы к проектированию этих двух имеют принципиальные отличия. Ведь операционные части различных УС могут быть самыми разнообразными. Здесь можно использовать нестандартные решения, оптимизацию и экспериментирование с целью наилучшего решения той уникальной задачи, для которой создается УС.



Табл. 1.1. Сравнение методов подключения УС.

	Системная магистраль ISA	Интерфейс Centronics	Интерфейс RS-232C
Скорость обмена	Высокая (до 5 Мбайт/с и выше)	Средняя (до 100 Кбайт/с)	Низкая .
Длина и тип линии связи с компьютером	Встроенные УС (линия связи отсутствует)	До 2 м, многопроводный кабель	До 15м, одиночный провод
Допустимая сложность УС	От малой до средней	Любая	Любая
Сложность узлов сопряжения с интерфейсом	От малой до средней	От малой до средней	От средней до высокой
Дополнительный конструктив	Не нужен	Нужен	Нужен
Внешний источник питания	Не нужен	Нужен	Нужен
Формат и разрядность данных	Параллельный, 8 или 16 разрядов	Параллельный, 8 разрядов	Последовательный
Количество УС, подключаемых к ПК	До 6	1	1

Интерфейсные части практически у всех УС одинаковы или очень похожи между собой, так как интерфейсные функции жестко определяются протоколом выбранного стандартного интерфейса. В соответствии с определением интерфейса, необходимо обеспечить информационную, электрическую и конструктивную совместимость. Конструктивная совместимость относится к этапу проектирования печатной платы и сводится к точному соблюдению всех размеров платы, разъемов и крепежных элементов. Информационная совместимость предполагает точное выполнение протоколов обмена и правильное использование сигналов магистрали. Электрическая совместимость подразумевает согласование уровней входных, выходных и питающих напряжений и токов.

2 СИСТЕМНАЯ МАГИСТРАЛЬ ISA

Структура персонального компьютера типа IBM PC с точки зрения разработчика УС, ориентированных на ISA, может быть условно представлена на рисунке 1.1. Помимо центрального процессора, системной памяти (оперативной и постоянной), стандартных средств ввода/вывода, входящих в любую микропроцессорную систему, здесь следует отдельно выделить встроенные контроллеры прерываний и прямого доступа к памяти (ПДП), перестановщик байтов данных, программируемый таймер и контроллер регенерации памяти. Все эти устройства, расположенные на материнской (системной) плате (motherboard) компьютера или вставленные в слоты ISA (устройства ввода/вывода), участвуют в обмене по магистрали и могут быть использованы разрабатываемыми УС. Задатчиками (хозяевами) шины могут выступать центральный процессор (самая обычная ситуация), контроллер ПДП, контроллер регенерации и некоторые внешние платы. В каждом цикле обмена задатчиком всегда является только одно устройство. Контроллер ПДП захватывает магистраль (запрещает работу центрального процессора) на время прямой передачи информации между устройством ввода/вывода и памятью (по запросу устройства ввода/вывода). Контроллер регенерации периодически становится задатчиком магистрали для проведения циклов регенерации системной динамической памяти через заданные интервалы времени. Для 32-разрядных компьютеров (386DX, 486, Pentium и т.д.) обмен процессора с памятью (а иногда и с другими устройствами) осуществляется через быстродействующую локальную шину VLB или через PCI.

2.1 Особенности магистрали ISA

Магистраль ISA была разработана специально для персональных компьютеров типа IBM PC AT (начиная с процессора i80286) и является стандартом для всех изготовителей этих компьютеров. ISA явилась расширением магистрали компьютеров IBM PC и-IBM PC XT. В ней было увеличено количество разрядов адреса и данных, увеличено число линий аппаратных прерываний и каналов ПДП, а также повышена тактовая частота. К 62-контактному разъему прежней магистрали был добавлен 36-контактный новый разъем. Характерное отличие ISA состоит в том, что ее тактовый сигнал не совпадает с тактовым сигналом процессора, поэтому скорость обмена по ней не пропорциональна тактовой частоте процессора. Магистраль ISA относится к демультиплексированным, (то есть имеющим отдельные шины адреса и данных) 16-разрядным системным магистралям среднего быстродействия. Обмен осуществляется 8- или 16-разрядными данными. На магистрали реализован отдельный доступ к памяти компьютера и к устройствам ввода/вывода (для этого имеются специальные сигналы). Максимальный объем адресуемой памяти составляет 16 Мбайт (24 адресные линии). Максимальное адресное пространство для устройств ввода/вывода -- 64 Кбайта (16 адресных линий), хотя практически все выпускаемые платы расширения используют только 10 адресных линий (1 Кбайт). Магистраль поддерживает регенерацию динамической памяти, радиальные прерывания и прямой доступ к памяти. Допускается также захват магистрали. Наиболее распространенное конструктивное исполнение магистрали — разъемы (слоты), установленные на материнской плате компьютера, все одноименные контакты которых соединены между собой, то есть все разъемы абсолютно равноправны. Особенностью конструктивного решения магистрали является то, что платы расширения (дочерние платы), подключаемые к ее разъемам, могут иметь самые различные размеры (длина платы ограничена снизу размером разъема, а сверху — длиной корпуса компьютера). Платы расширения имеют интерфейсные разъемы магистрали, выполненные печатными проводниками. Количество установочных мест для плат расширения зависит от типа корпуса компьютера и составляет обычно 2-3 для Ultra-slimline корпусов, 3-4 для Slimline корпусов, 5-6 для Desktop корпусов, 4-5 для Mini-tower корпусов, 5-7 для Midi-tower корпусов и более 8 для Big-tower корпусов.

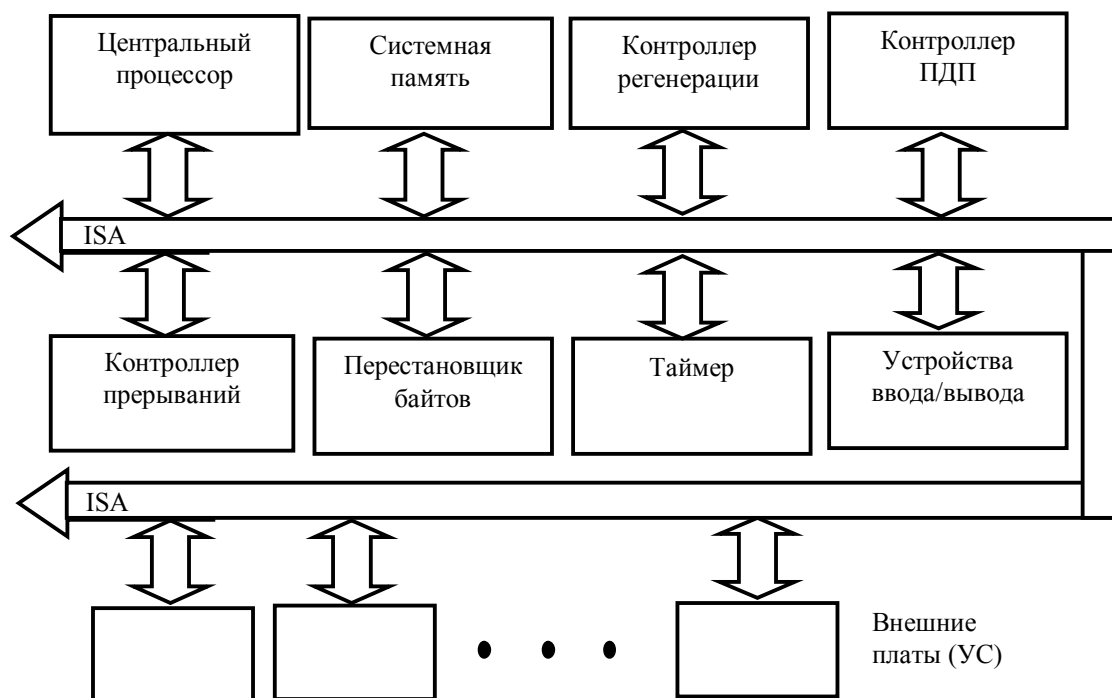


Рисунок 2.1 - Структура персонального компьютера.

Разъем магистрали ISA разделен на две части, что позволяет уменьшать размеры 8-разрядных плат расширения, а также использовать платы, разработанные для компьютеров IBM PC XT. Отметим, что в магистрали ISA используется положительная логика на шинах адреса и данных, то есть единице соответствует высокий уровень напряжения, а нулю — низкий). На магистрали присутствуют четыре напряжения питания: +5 В, -5 В, +12 В и -12 В, которые могут использоваться платами расширения.

2.2 Сигналы магистрали ISA

Назначение сигналов магистрали ISA и их особенности:

SA0...SA19 — фиксируемые адресные разряды (они действительны в течение всего цикла обмена). Используются для передачи 20 младших разрядов адреса памяти и для адресов устройств ввода/вывода. При обращении к устройствам ввода/вывода действительны только сигналы SA0...SA15 (но практически все платы расширения работают только с SA0...SA9). Распределение адресов устройств ввода/вывода представлено в таблице 2,1, а распределение адресов памяти - в таблице 2.2. Легко заметить, что значительная часть этих адресов занята стандартными устройствами компьютера. При регенерации памяти действительны только сигналы SA0...SA7, состояния старших разрядов не определены. Логика всех сигналов SA0...SA19 - положительная. В режиме MASTER эти сигналы вырабатывает устройство, захватившее магистраль. Тип выходных каскадов — три состояния.

LA17...LA23 - нефиксируемые адресные разряды. Используются для адресации памяти и выработки сигнала -MEM CS 16. Действительны только в начале цикла обмена. Исполнитель должен фиксировать их по отрицательному фронту сигнала BALE. При обращении к устройствам ввода/вывода эти сигналы имеют уровень логического нуля. Логика положительная. Тип выходного каскада — три состояния. Для фиксации необходимо использовать регистр типа "защелка" (с записью по уровню), стробируемый сигналом BALE (например, КР1533ИР33, К555ИР22). При прямом доступе к памяти эти сигналы действительны в течение всего цикла обмена, как и SA0...SA19. В режиме MASTER эти сигналы вырабатывает устройство, захватившее магистраль. Тип выходных каскадов - три состояния.

BALE (Bus Address Latch Enable — разрешение защелкивания адреса) — сигнал стробирования адресных разрядов. Его отрицательный фронт соответствует действительности адреса на линиях SA0...SA19 и LA17...LA23. Может использоваться устройствами ввода/вывода для заблаговременной подготовки к предстоящему обмену информацией (применяется редко). Тип выходного каскада - ТТЛ.

-SBHE (System Bus High Enable — разрешение старшего байта) — определяет тип цикла передачи данных (8- или 16-разрядный). Вырабатывается параллельно с сигналами SA0...SA19 и может рассматриваться как дополнительный разряд адреса. Становится активным при передаче старшего 20 байта или 16-разрядного слова (определяется сигналом SA0), пассивен при передаче младшего байта. В режиме MASTER источником этого сигнала является устройство, которое захватило магистраль. Тип выходного каскада — три состояния. В таблице 1.5 приведены типы выполняемых операций при различных значениях сигналов -SBHE и SA0 в случае программного обмена, а в таблице 1.6 — в случае прямого доступа к памяти.

Таблица 2.1 - Распределение адресов устройств ввода/вывода ISA (адреса даны в 16-ричном коде)

Адреса	Назначение
000...01F	Контроллер ПДП I
020...03F	Контроллер прерываний 1
040...05F	Программируемый таймер
060...06F	Контроллер клавиатуры
070...07F	Часы реального времени
080...09F	Регистр страницы ЦДЛ
0A0...0BF	Контроллер прерываний 2
0C0...0DF	Контроллер ПДП 2
0F0...0FF	Математический сопроцессор
170...177	Накопитель на жестком диске (второй)
1F0...1F7	Накопитель на жестком диске (первый)
200...207	Игровой порт (джойстик)
278...27F	Параллельный порт LPT2
2C0...2DF	Адаптер EGA 2
2F8...2FF	Последовательный порт COM2
300...31F	Прототипные платы
320...32F	Накопитель на жестком диске XT
360...36F	Резервные адреса
370...377	Накопитель на гибком диске (второй)
378...37F	Параллельный порт LPT1
380...38F	Контроллер бисинхронного обмена SDLC2
3A0...3AF	Контроллер бисинхронного обмена SDLC1
3B0...3DF	Адаптер VGA
3B0...3BF	Адаптер монохромного дисплея MDA и принтера
3C0...3CF	Адаптер EGA 1
3D0...3DF	Адаптер CGA
3F0...3F7	Накопитель на гибком диске (первый)
3F8...3FF	Последовательный порт COM1

Таблица 2.2 - Распределение адресов памяти.

Адреса памяти	Назначение
000000...0003FF	Таблица векторов прерываний
000000...09FFFF	Память DOS и пользовательских программ
0A0000...0AFFFF	Память дисплея EGA или VGA
0B0000...0B7FFF	Память монохромного дисплея MDA
0B8000...0BFFFF	Память дисплея CGA
0C0000...0C3FFF	ПЗУ BIOS для EGA/VGA
0C8000...0DFFFF	ПЗУ устройств ввода/вывода
0E0000...0EFFFF	Резерв ПЗУ BIOS на материнской плате
0F0000...0FFFFFFF	ПЗУ BIOS на материнской плате

SDO...SD15 — разряды данных. По линиям SDO...SD7 передается младший байт, полиция SD8...SD15 — старший байт. Обмен данными с 8-разрядными платами расширения осуществляется по линиям SDO...SD7. Устройство может активизировать шину данных, если к нему идет обращение с циклом чтения или если оно захватило магистраль (в режиме MASTER). Логика сигналов положительная. Тип выходных каскадов — три состояния.

-SMEMR, -MEMR (Memory Read — чтение памяти) — стробы чтения данных из памяти. Память должна выставлять данные при активизации этих сигналов. Сигнал -SMF.MR вырабатывается только при обращении к адресам, не превышающим FFFFF (в пределах 1 Мбайта) сигнал -MEMR — при обращении ко всем адресам. В режиме MASTER эти сигналы вырабатывает устройство, захватившее магистраль. Тип выходных каскадов — три состояния.

-SMEMW, -MEMW (Memory Write — запись памяти) — стробы записи данных в память. Память должна принимать данные по положительному (заднему) фронту этих сигналов. Сигнал -SMEMW вырабатывается только при обращении к адресам, не превышающим FFFFF (в пределах 1 Мбайта), сигнал -MEMW — при обращении ко всем адресам. В режиме MASTER эти сигналы вырабатывает устройство, захватившее магистраль. Тип выходных каскадов — три состояния.

-IOR (I/O Read) — строб чтения данных из устройств ввода/вывода. Устройство ввода/вывода должно выставлять свои данные при активизации сигнала -IOR и снимать их при снятии -IOR. В режиме MASTER этот сигнал вырабатывает устройство, захватившее магистраль. Тип выходного каскада — три состояния.

-IOW (I/O Write) — строб записи данных в устройства ввода/вывода. Устройство ввода/вывода должно принимать данные по положительному (заднему) фронту сигнала -IOW. В режиме MASTER этот сигнал вырабатывает устройство, захватившее магистраль. Тип выходного каскада — три состояния.

-MEM CS16 (Memory Cycle Select — выбор цикла для памяти) — сигнал выставляется памятью для сообщения задатчику о том, что она имеет 16-разрядную организацию. При отсутствии этого сигнала выполняется 8-разрядный обмен. Сигнал вырабатывается при распознавании памятью своего адреса на линиях LA17...LA23. Процессор фиксирует его по заднему фронту сигнала BALE. Тип выходного каскада — открытый коллектор.

-I/O CS16 (I/O Cycle Select — выбор цикла для устройства ввода/вывода) — сигнал выставляется устройством ввода/вывода для сообщения задатчику о том, что оно имеет 16-разрядную организацию. При отсутствии этого сигнала выполняется 8-разрядный обмен. Сигнал вырабатывается при распознавании устройством ввода/вывода своего адреса на линиях SA0...SA15. Тип выходного каскада — открытый коллектор.

I/O CH RDY (I/O Channel Ready — готовность канала ввода/вывода) — сигнал снимается (делается низким) исполнителем (устройством ввода/вывода или памятью) по переднему фронту сигналов -IOR и -IOW в случае, если он не успевает выполнить требуемую операцию в темпе задатчика. При этом реализуется асинхронный обмен. Если исполнитель успевает работать в темпе задатчика, сигнал не снимается (фактически не устанавливается в низкий уровень). Цикл обмена в ответ на снятие этого сигнала продлевается на целое число периодов сигнала SYSCLK. Сигнал I/O CH RDY не должен сниматься на время, большее заданного в данном компьютере (по стандарту — 15 мкс). иначе компьютер переходит к обработке немаскируемого прерывания. Тип выходного каскада — открытый коллектор.

-I/O CH CK (I/O Channel Check — проверка канала ввода/вывода) — сигнал вырабатывается любым исполнителем (устройством ввода/вывода или памятью) для информирования задатчика о фатальной ошибке, например об ошибке четности при доступе к памяти. Сигнал вызывает немаскируемое прерывание. Тип выходного каскада — открытый коллектор.

-OWS (0 Wait States — 0 тактов ожидания) — выставляется исполнителем для информирования задатчика о необходимости проведения цикла обмена без вставки такта ожидания, если длительность стандартного цикла обмена велика для него. Вырабатывается после перехода сигнала BALE в низкий уровень. Должен быть синхронизован с сигналом SYSCLK. Используется редко. Тип выходного каскада — открытый коллектор.

-REFRESH (Refresh — регенерация) — сигнал выставляется контроллером регенерации для информирования всех устройств на магистрали о выполнении циклов регенерации динамического ОЗУ компьютера (каждые 15 мкс). При регенерации выполняется псевдоочтение из одного из 256 адресов ОЗУ (активизируются только разряды адреса SA0...SA7). Полный цикл регенерации — около 4 мс. Тип выходного каскада — открытый коллектор.

RESET DRV (Reset of Driver — сброс устройства) — сигнал сброса в начальное состояние всех устройств на магистрали. Вырабатывается центральным процессором при включении или сбое питания, а также при нажатии на кнопку RESET компьютера. Внешние платы должны в ответ на этот сигнал (длительностью не менее 1 мс) перевести все свои выходы в высокоимпедансное состояние. Тип выходного каскада — ТТЛ.

SYSCLK (System Clock — системный такт) — сигнал системного тактового генератора со скважностью 2 (меандр). В большинстве компьютеров его частота равна 8 МГц независимо от тактовой частоты процессора. Если в программе SETUP предусмотрена возможность изменения тактовой частоты магистрали, пользователь может задавать ее в широких пределах. Но для обеспечения наибольшей совместимости со всеми имеющимися платами расширения ISA не рекомендуется поднимать эту частоту выше 8 МГц. К тому же на производительность новых компьютеров в целом она влияет незначительно. В компьютерах XT сигнал SYSCLK — это тактовый сигнал процессора. Тип выходного каскада — три состояния.

OSC — не синхронизированный с SYSCLK сигнал кварцевого генератора с частотой 14,31818 МГц со скважностью 2. Может использоваться платами расширения в качестве тактового сигнала, так как его частота одинакова для всех компьютеров с магистралью ISA. Тип выходного каскада — ТТЛ.

IRQ (Interrupt Request — запрос прерывания) — сигналы запроса радиальных прерываний. Запросом является положительный переход на соответствующей линии IRQ. Сигнал должен удерживаться до начала обработки процессором запрошенного прерывания. Тип выходного каскада — ТТЛ. На каждой линии IRQ должен быть один выход. Иногда в литературе можно встретить рекомендацию применять выходы с тремя состояниями, но все равно больше одного выхода на линию быть не должно во избежание конфликтов сигналов. Многие входы IRQ заняты системными ресурсами компьютера (табл. 1.7). Сигналы IRQ0...IRQ2, IRQ8 и IRQ13 задействованы на системной плате и недоступны платам расширения. В компьютере используются два 8-разрядных контроллера прерываний. Сигналы IRQ0...IRQ7 относятся к первому из них, а IRQ8...IRQ15 — ко второму. Для каскадирования второго контроллера прерываний задействован вход IRQ2. В связи с этим запросы прерывания имеют следующие приоритеты в порядке возрастания: IRQ7, IRQ6, IRQ5, IRQ4, IRQ3, IRQ15, IRQ14, IRQ12, IRQ11, IRQ10, IRQ9.

-DACK (DMA Acknowledge — подтверждение ПДП) — сигналы подтверждения предоставления прямого доступа. Вырабатываются в ответ на соответствующий сигнал DRQ в случае, если прямой доступ предоставлен данному каналу. Удерживаются до окончания прямого доступа. Тип выходного каскада — ТТЛ.

AEN (Address Enable — разрешение адреса) — используется в режиме ПДП для сообщения всем платам расширения, что производится цикл ПДП. Устанавливается и снимается параллельно с адресом. При его переходе в активное состояние все платы расширения, не участвующие в данном ПДП, должны отключаться от магистрали (переходить в пассивное состояние). Тип выходного каскада ~- ТТЛ.

T/C (Terminal Count — окончание счета) — устанавливается в режиме ПДП тогда, когда по текущему каналу ПДП закончен счет циклов пересылок данных. Тип выходного каскада — ТТЛ.

-MASTER (Master — хозяин, задатчик) — используется платой расширения, желающей стать задатчиком магистрали. В этом случае надо выставить сигнал DRQ и, получив в ответ сигнал

-DACK, установить сигнал -MASTER, а затем через минимум один период SYSCLK можно выставлять адрес и через минимум два периода SYSCLK можно вырабатывать стробы обмена. Если -MASTER удерживается более 15 мкс, то динамическое ОЗУ компьютера требует регенерации (разрешения сигнала -REFRESH). Тип выходного каскада — открытый коллектор.

Стандартом магистрали ISA установлены ограничения на максимальное значение тока, потребляемого каждой платой расширения (они связаны только с возможностями используемого разъема). Значения этих токов для всех напряжений питания приведены в таблице 2.3. Отметим, что максимальный ток потребления всеми используемыми платами расширения определяется типом источника питания данного компьютера и не стандартизован. Вообще же мощность блока питания зависит от класса компьютера и может варьироваться от 100—150 Вт (для slim-корпусов) до 300—330 Вт (для big-tower). Наиболее типичные параметры источника питания IBM PC AT мощностью 200 Вт приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.3 - Максимальные токи потребления платами расширения

Напряжение	8-разрядная плата (XT)	16-разрядная плата
+5 В	3,0 А	4,5 А
-5В	1,5А	1,5А
+12 В	1,5А	1,5А
-12В	1.5А	1,5А

Таблица 2.4 - Допустимые токи потребления от источника питания

Напряжение питания источника	Допустимый ток нагрузки
+5В	7,0 ... 19,8А
-5В	0,0 ... 0,3А
+12В	2,5 ... 7,3А
-12В	0,0 ... 0,3А

Выходные напряжения источника достигают номинального уровня за время не более 100 мс после включения питания. Источники, как правило, имеют встроенную защиту от перегрузок, которая включается за время 20 мс. Источник должен быть обязательно нагружен по напряжениям +5 В и +12 В. Если по этим выходам не будет обеспечен минимальный ток потребления, это воспринимается как перегрузка. Для выхода из перегрузки надо выключить и снова включить питание источника через время не менее 1с.

2.3 Циклы магистрали ISA

В режиме программного обмена информацией на магистрали ISA выполняются четыре типа циклов:



- цикл записи в память;
- цикл чтения из памяти;
- цикл записи в устройство ввода/вывода;
- цикл чтения из устройства ввода/вывода.

Наиболее часто УС проектируются как устройства ввода/вывода. Временные диаграммы циклов обмена для этого случая приведены на рис. 1.3 (все временные параметры приведены для частоты SYSCLK, равной 8 МГц). Циклы начинаются с выставления задатчиком адреса на линиях SA0...SA15 и сигнала -SBHE. Отметим, что несмотря на потенциальную возможность адресации по 16 линиям адреса, чаще всего используются только 10 младших линий SA0...SA9, так как большинство разработанных ранее плат расширения используют только их, и, следовательно, за исключением особых случаев нет смысла обрабатывать старшие разряды SA10...SA15. В ответ на получение адреса исполнитель, распознавший свой адрес, должен сформировать сигнал -I/O CS16 в случае, если обмен должен быть 16-разрядным.

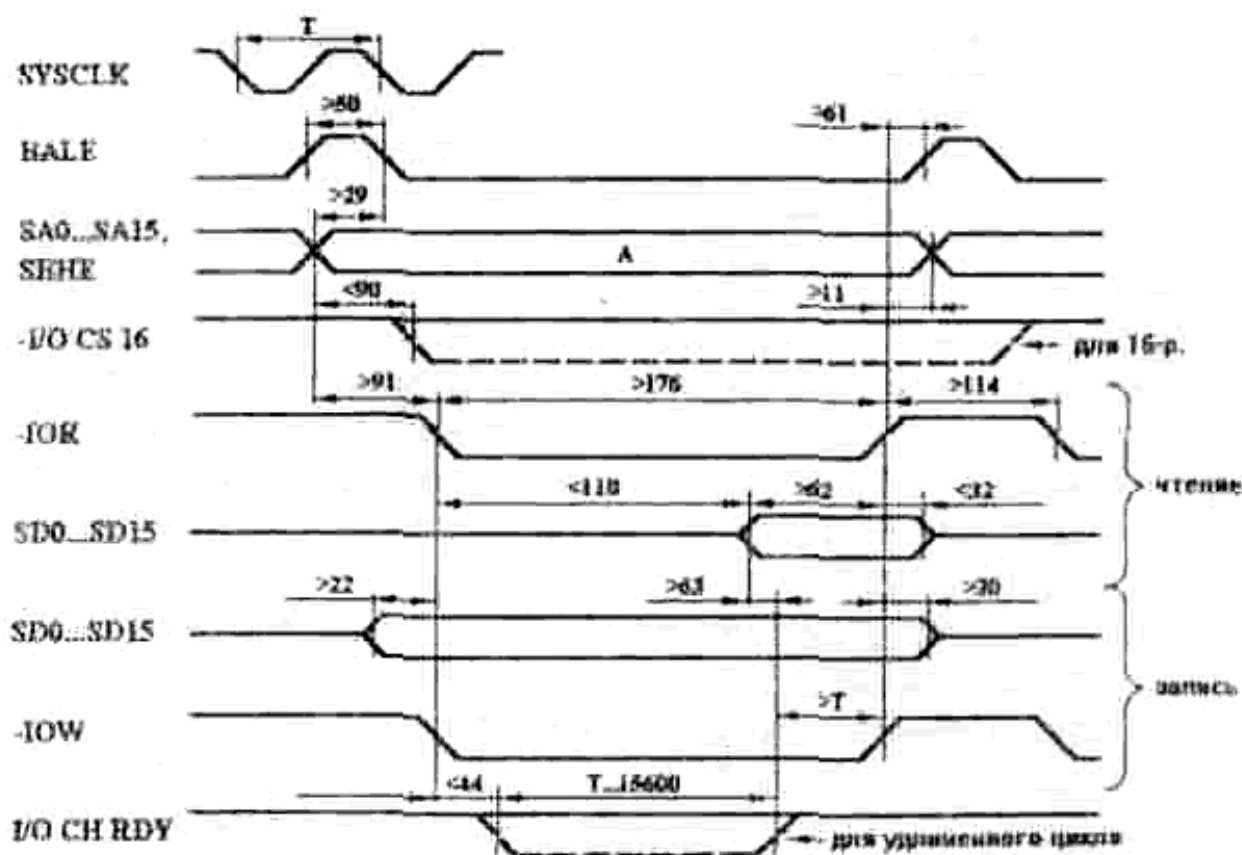


Рис. 1.3. Временные диаграммы циклов программного обмена с устройствами ввода/вывода (все временные интервалы в наносекундах).

Далее следует команда чтения или записи. При цикле чтения задатчик выставляет сигнал -IOR, в ответ на который исполнитель (УС) должен выдать данные на шину данных. Эти данные должны быть сняты исполнителем после окончания сигнала -IOR. В цикле записи задатчик выставляет записываемые данные и сопровождает их стробом записи -IOW. Здесь надо отметить, что хотя в соответствии со стандартом установка записываемых данных предшествует выставлению -IOW, в некоторых компьютерах реализуется обратный порядок: сначала выставляется -

IOW, а затем появляются данные. Поэтому при проектировании УС надо рассматривать как момент действительности данных только задний (положительный) фронт сигнала -IOW.

В случае, когда УС не успевает выполнить требуемую от него команду в темпе магистрали, оно может приостановить на целое число периодов сигнала SYSCLK завершение цикла чтения или записи с помощью снятия (перевода в низкий уровень) сигнала I/O CH RDY (так называемый удлинненный цикл). Это производится в ответ на получение сигнала -IOR или -IOW. Сигнал I/O CH RDY может удерживаться низким не более 15,6 мкс, в противном случае процессор переходит в режим обработки немаскируемого прерывания. Отметим, что некоторые изготовители персональных компьютеров указывают в сопроводительной документации другие допустимые величины этого временного интервала (например, 2,5 мкс), так что не следует ориентироваться на максимальную величину, указанную в стандарте, иначе нет гарантии работы УС во всех компьютерах.

На рис. 1.4 приведены временные диаграммы циклов обмена с памятью (указаны только временные интервалы, отличающиеся от аналогичных на рис. 1.3). Для асинхронного режима обмена (удлинненного цикла) здесь также используется сигнал I/O CH RDY. Отметим, что УС, работающее как память, должно обрабатывать все адресные разряды, включая LA17...LA23.

Помимо циклов программного обмена на магистрали ISA могут выполняться также циклы прямого доступа к памяти

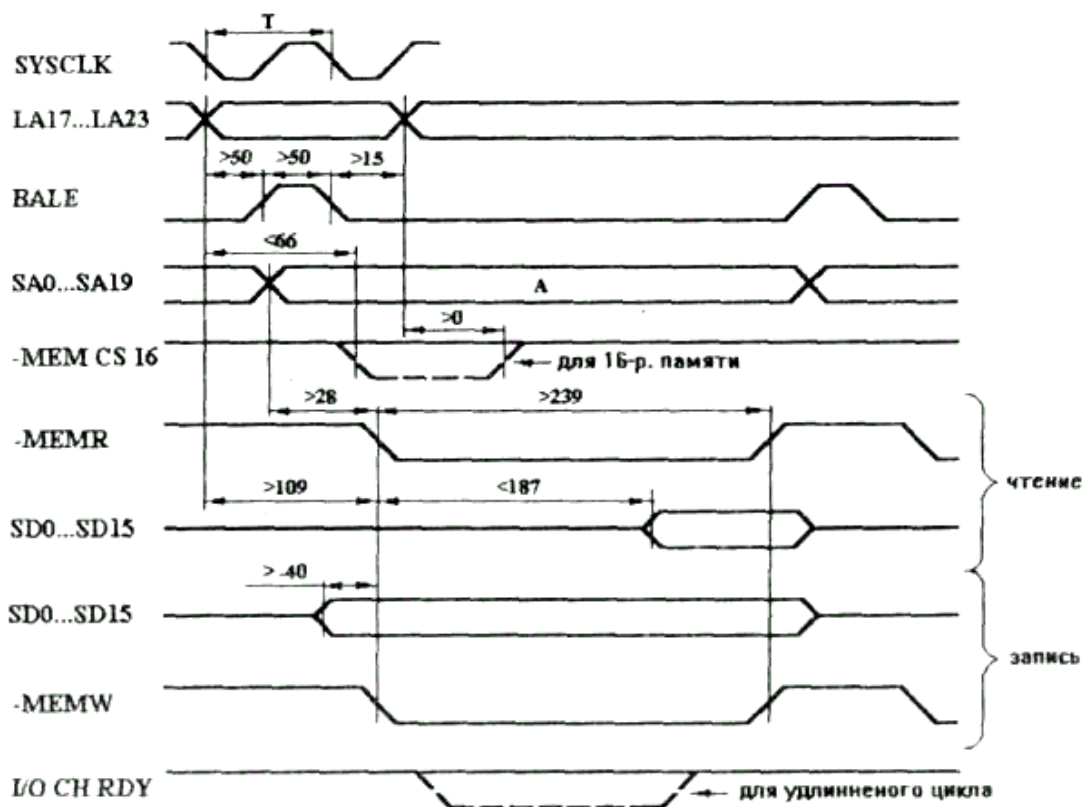


Рис. 1.4. Временные диаграммы циклов программного обмена с памятью (все временные интервалы в наносекундах).

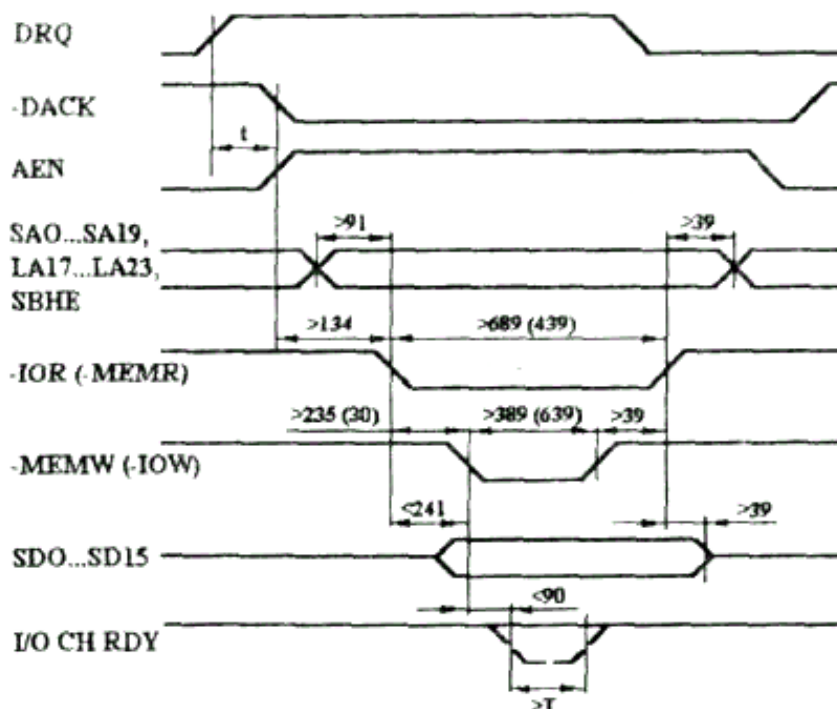


Рис. 1.5. Временные диаграммы циклов ПДП (t — время предоставления ПДП, T — период сигнала SYSCCLK; все временные интервалы в наносекундах).

(ПДП). Временная диаграмма для этого случая показана на рис. 1.5. Так как магистраль ISA имеет отдельные стробы чтения и записи для устройств ввода/вывода и для памяти, пересылка данных в режиме ПДП производится за один машинный цикл. То есть если данные надо переслать из устройства ввода/вывода в память, то одновременно производится чтение данных из устройства ввода/вывода (по сигналу -IOR) и их запись в память (по сигналу -MEMW). Аналогично производится пересылка данных из памяти в устройство ввода/вывода (по сигналам -MEMR и -IOW).

Цикл ПДП начинается с запроса ПДП от исполнителя, желающего произвести обмен, с помощью одного из сигналов DRQ. После освобождения магистрали текущим задатчиком (например, процессором) контроллер ПДП формирует соответствующий сигнал -DACK, говорящий о предоставлении ПДП запросившему его устройству. Затем контроллер ПДП вырабатывает адрес ячейки памяти, с которой будет производиться обмен в текущем цикле, и сигнал AEN, который говорит устройству ввода/вывода о том, что к нему идет обращение в режиме ПДП. После этого выставляется строб чтения (-IOR или -MEMR), в ответ на который источник передаваемых данных выставляет свою информацию на шину данных, и строб записи (-MEMW или -IOW), по которому данные записываются в приемник данных. Здесь так же, как и в обычном цикле возможен асинхронный обмен (удлиненный цикл) с использованием сигнала I/O CH RDY.

Одной из особенностей магистрали ISA является необходимость проведения регенерации динамической памяти компьютера с помощью специальных циклов регенерации на магистрали. Временная диаграмма цикла регенерации показана на рис. 1.6. Эти циклы выполняет входящий в состав материнской платы компьютера контроллер регенерации, который должен для этого получать управление магистралью каждые 15 микросекунд. Во время цикла регенерации производится чтение одной из 256 ячеек памяти (для адресации используются только восемь младших разрядов адреса SA0...SA7). При этом читаемая информация нигде не используется, то есть это цикл псевдоочтения. Проведение 256 циклов регенерации, то есть псевдоочтение из 256

последовательных адресов ОЗУ, обеспечивает полное обновление информации в ОЗУ и ее непрерывное сохранение. Если по каким-то причинам цикл регенерации не производится вовремя, то возможна утеря информации в ОЗУ. Цикл регенерации включает в себя выставление сигналов -REFRESH, адреса SA0...SA7 и -MEMR. В случае необходимости может использоваться сигнал I/O CH RDY.

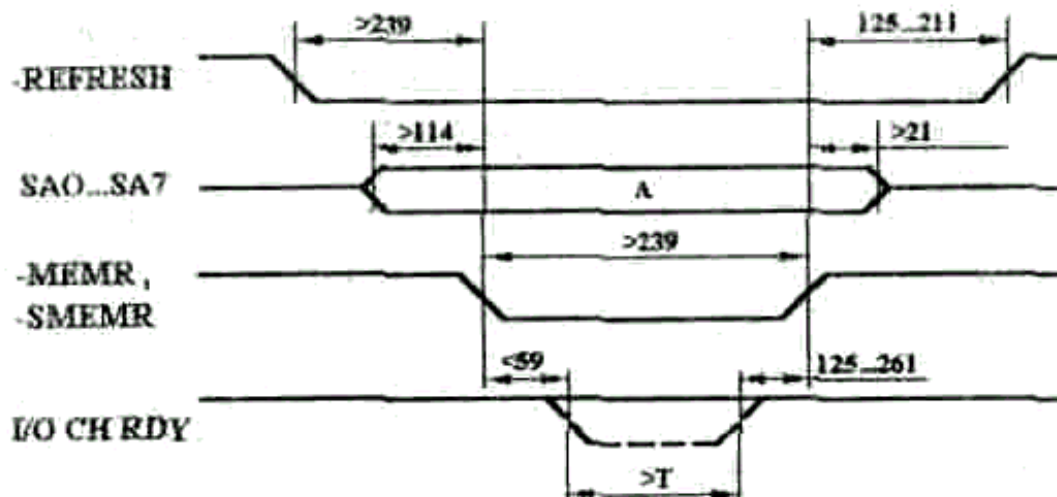


Рис. 1.6. Временные диаграммы циклов регенерации (Т — период сигнала SYSCLK, все временные интервалы в наносекундах).

2.4 Электрические характеристики линий ISA

При проектировании УС помимо протоколов обмена по магистрали надо учитывать также электрические характеристики сигналов. Стандарт магистрали определяет требования к входным и выходным токам приемников и источников сигнала каждой из плат расширения. Несоблюдение этих требований может нарушить функционирование всей компьютера и даже вывести его из строя.

Выходные каскады передатчиков магистральных сигналов УС должны выдавать ток низкого уровня не меньше 24 мА (это относится ко всем типам выходных каскадов), а ток высокого уровня — не меньше 3 мА (для выходов с тремя состояниями и ТТЛ).

Входные каскады приемников магистральных сигналов должны потреблять входной ток низкого уровня не больше 0,8 мА, а входной ток высокого уровня — не больше 0,04 мА.

Кроме этого необходимо учитывать, что максимальная длина печатного проводника от контакта магистрального разъема до

вывода микросхемы не должна превышать 65 миллиметров, а максимальная емкость относительно земли по каждому контакту магистрального разъема не должна быть больше 20 пФ.

К некоторым линиям магистрали подключены нагрузочные резисторы, идущие на шину питания +5 В. К линиям -IOR, -IOW, -MEMR, -MEMW, -SMEMR, -SMEMW, -I/O CH CK подключены резисторы 4,7 кОм, к линиям -I/O CS 16, -MEM CS 16, -REFRESH, -MASTER, -OWS — 300 Ом, а к линии I/O CH RDY — 1 кОм. Кроме того к некоторым линиям магистрали подключены последовательные резисторы: к линиям -IOR, -IOW, -MEMR, -MEMW, -SMEMR, -SMEMW и OSC — резисторы номиналом 22 Ом, а к линии SYSCLK — 27 Ом.

3. ИТЕРФЕЙС CENTRONICS

3.1 Особенности интерфейса CENTRONICS

Параллельные интерфейсы характеризуются тем, что в них для передачи бит в слове используются отдельные сигнальные линии, и биты передаются одновременно. Параллельные интерфейсы используют логические уровни ТТЛ (транзисторно-транзисторной логики), что ограничивает длину кабеля из-за невысокой помехозащищенности ТТЛ-интерфейса. Гальваническая развязка отсутствует. Параллельные интерфейсы используют для подключения принтеров. Передача данных может быть как однонаправленной (*Centronics*), так и двунаправленной (*Bitronics*).

Интерфейс Centronics благодаря простоте сопряжения и удобству программирования широко используется для подключения к компьютеру нестандартных внешних устройств. Однако выбор разработчиком именно этого интерфейса для связи своего устройства с компьютером должен быть осознанным и учитывать ряд уже упоминавшихся ограничений.

Во-первых, возможности реализации различных протоколов информационного обмена с устройством через параллельный порт невелики. Действительно, небольшое количество сигнальных линий интерфейса и возможности его программирования не позволяют реализовать обмен по прерываниям или прямой доступ к памяти. Практически приходится ограничиваться программно-управляемым обменом.

Кроме того, так как интерфейс Centronics является программно-управляемым, скорость информационного обмена не может быть особенно велика и оказывается напрямую связанной с быстродействием компьютера. Поэтому не имеет смысла сопряжение через параллельный порт устройств, требующих обработки или передачи информации в реальном масштабе времени, таких как устройства ввода изображения, звуковые системы и т.д. Кроме того, зависимость скорости информационного обмена от быстродействия компьютера делает практически нереализуемыми без специальных средств быстродействующие синхронные протоколы связи.

Имеется также ограничение на длину линии связи устройства, подключенного к интерфейсу Centronics. Оно должно располагаться на расстоянии не более 1.5—2 метров от компьютера.

Еще одной особенностью интерфейса Centronics является отсутствие на его разъеме шин питания (есть только "земля"). Это означает, что сопрягаемое устройство должно использовать внешний источник питания.

В 99% компьютеров имеется только один параллельный порт, к которому должен подключаться принтер. Но и это ограничение часто не является существенным. Во-первых, многие компьютеры, ориентированные на работу с внешней аппаратурой, прекрасно обходятся без принтера. Во-вторых, имеется масса простых и дешевых устройств (коммутаторов) для подключения к одному параллельному порту двух устройств.

Основным достоинством интерфейса Centronics является его стандартность — он есть на каждом компьютере и на всех компьютерах работает одинаково (правда, с разной скоростью). Для подключения внешнего устройства к параллельному порту не требуется открывать системный блок компьютера, что для многих пользователей может стать проблемой. Надо только подсоединить кабель к разъему на его задней стенке.

Можно также отметить такое достоинство интерфейса Centronics, как простота его программирования на любом уровне. В большинстве языков программирования имеются процедуры взаимодействия с принтером, которые легко использовать и для программирования нестандартного устройства. А так как с точки зрения программирования Centronics представляет собой три программно доступных регистра, не вызывает затруднений и написание программ нижнего уровня.

Итак, интерфейс Centronics можно рекомендовать в первую очередь для сопряжения с компьютером относительно несложных устройств без предъявления жестких требований по скорости информационного обмена и длине линии связи.

3.1 Назначения контактов и порядок обмена по интерфейсу Centronics

Основным назначением интерфейса Centronics является подключение к компьютеру принтеров различных типов. Поэтому распределение контактов разъема, назначение сигналов, программные средства управления интерфейсом ориентированы именно на это использование. В то же время с помощью данного интерфейса можно подключать к компьютеру и другие внешние устройства, имеющие разъем Centronics, а также специально разработанные УС.

Основным достоинством использования Centronics для подключения УС по сравнению с ISA является значительно меньший риск вывести компьютер из строя. Главный недостаток этого подхода — значительно меньшая скорость обмена. Назначение 36 контактов разъема Centronics приведено в таблице 1.10.

Сигналы Centronics имеют следующее назначение (тип выходных каскадов для всех сигналов — ТТЛ):

DO...D7 — 8-разрядная шина данных для передачи из компьютера в принтер. Логика сигналов положительная.

-STROBE — сигнал стробирования данных. Данные действительны как по переднему, так и по заднему фронту этого сигнала. Сигнал говорит приемнику (принтеру), что можно принимать данные.

-ACK — сигнал подтверждения принятия данных и готовности приемника (принтера) принять следующие данные. То есть здесь реализуется асинхронный обмен.

BUSY — сигнал занятости принтера обработкой полученных данных и неготовности принять следующие данные. Активен также при переходе принтера в состояние off-line или при ошибке, а также при отсутствии бумаги. Компьютер начинает новый цикл передачи только после снятия -ACK и после снятия BUSY.

-AUTO FD — сигнал автоматического перевода строки. Получив его, принтер переводит каретку на следующую строку.

Остальные сигналы не являются, вообще говоря, обязательными.

PE — сигнал конца бумаги. Получив его, компьютер переходит в режим ожидания. Если в принтер вставить лист бумаги, то сигнал снимается.

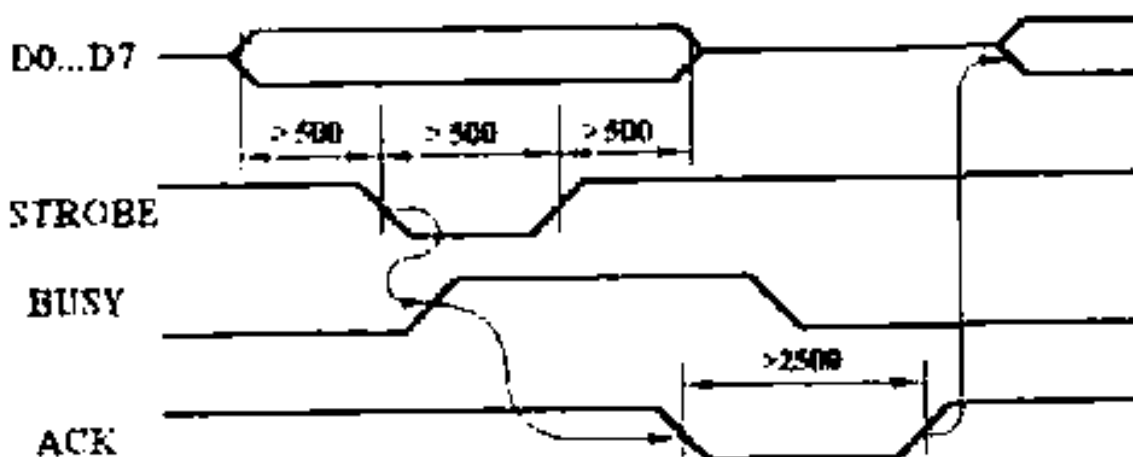
SLCT — сигнал готовности приемника. С его помощью принтер говорит о том, что он выбран и готов к работе. У многих принтеров имеет постоянно высокий уровень.

-SLCT IN — сигнал принтеру о том, что он выбран и последует передача данных.

-ERROR — сигнал ошибки принтера. Активен при внутренней ошибке, переходе принтера в состояние off-line или при отсутствии бумаги. Как видим, здесь многие сигналы дублируют друг друга.

-INIT — сигнал инициализации (сброса) принтера. Его длительность не менее 2,5 мкс. Происходит очистка буфера печати.

Контакт разъема компьютера	Цепь	I/O	Контакт разъема принтера
1	-STROBE	0	1
2	DO	0	2
3	D1	0	3
4	D2	0	4
5	D3	0	5
6	D4	0	6
7	D5	0	7
8	D6	0	8
9	D7	0	9
10	-ACK	I	10
11	BUSY	I	11
12	PE	I	12
13	SLCT	I	13
14	-AUTO FD	0	14
15	-ERROR	I	32
16	-INIT	0	31
17	-SLCT IN	0	36
18...25	GND	-	16, 17, 19...30, 33



Перед началом цикла передачи данных компьютер должен убедиться, что сняты сигналы BUSY и -ACK. После этого выставляются данные, формируется строб, снимается строб, и снимаются

данные. Принтер должен успеть принять данные с выбранным темпом. При получении строга принтер формирует сигнал BUSY, а после окончания обработки данных выставляет сигнал -ACK, снимает BUSY и снимает -ACK. Затем может начинаться новый цикл.

Все сигналы интерфейса Centronics передаются в уровнях ТТЛ и рассчитаны на подключение одного стандартного входа ТТЛ. Максимальная длина соединительного кабеля по стандарту — 1,8 м.

Как видно из таблицы 1.10, в интерфейсе Centronics для подключения к компьютеру произвольных УС мы можем использовать 17 линий, назначение которых можно выбирать по своему усмотрению.

3.3 Проектирование программного обеспечения для обмена через Centronics

Формирование и прием сигналов интерфейса Centronics производится путем записи и чтения выделенных для него портов ввода/вывода. В компьютере может использоваться три порта Centronics, обозначаемых LPT1 (базовый адрес 378h), LPT2 (базовый адрес 278h) и LPT3 (базовый адрес 3BCh). При этом LPT3 используется в том случае, когда контроллер принтера находится на плате графического адаптера Hercules или EGA. Прерывания портов принтеров (IRQ5 для LPT2 и IRQ7 для LPT1) используются очень редко.

Базовый адрес порта используется для передачи принтеру байта данных. Установленные на линиях данные можно считать из этого же порта.

Следующий адрес (базовый + 1) служит для чтения битов состояния принтера (бит 3 соответствует сигналу -ERROR, бит 4 — сигналу SLCT, бит 5 - сигналу PE, бит 6 — сигналу -ACK, бит 7 — сигналу BUSY). Последний используемый адрес (базовый + 2) предназначается для записи битов управления принтером (бит 0 соответствует сигналу -STROBE, бит 1 - сигналу -AUTO FD, бит 2 - сигналу -INIT, бит 3 - сигналу -SLCT IN и наконец бит 4, равный единице, разрешает прерывание от принтера).

Программное прерывание 17H предоставляет некоторые возможности по работе с параллельным портом принтера. Однако сразу же следует отметить, что этих возможностей недостаточно для полноценного программирования подключенных к этому порту внешних устройств. Тем не менее некоторые функции этого прерывания могут оказаться полезными.

Имеется три функции прерывания 17H, выбираемые значением регистра AH:

функция №0 — печать символа.

Вход: AH = 0, AL — символ, DX — номер порта (0, 1 или 2). Выход: AH — статус порта (см. функцию №2).

Функция №1 — инициализация порта.

Вход: AH = 1, DX — номер порта (0, 1 или 2). Выход: AH — статус порта (см. функцию №2).

Функция №2 — определение статуса порта. Вход: AH = 2, DX — номер порта (0, 1 или 2). Выход: AH — статус порта:

Значения "1" в битах: 0 — тайм-аут,

3 — ошибка,

4 — принтер выбран,

5 — конец бумаги,

6 — подтверждение,

7 — принтер не занят.

Легко видеть, что устанавливаемые всеми функциями биты статуса соответствуют сигналам шины состояния интерфейса Centronics. Поэтому функцию №2 можно использовать для чтения данных с этой шины. Однако, как и в других случаях, использование прерывания существенно замедляет работу программы, поэтому рекомендуется непосредственно считывать данные по соответствующему адресу.

Действительно полезной оказывается функция №1 — инициализация порта. Дело в том, что эту процедуру необходимо выполнять после окончания работы с портами, иначе возможны конфликты с принтером. Поэтому рекомендуется вызывать функцию №1 прерывания 17H при выходе из программы.

Программирование подключенной к параллельному порту аппаратуры заключается в установке определенных битов в регистрах данных и управления и чтении определенных битов из регистра состояния. При этом если с регистром данных проблем не возникает (это обычный байтовый регистр), то два других регистра имеют некоторые особенности. Во-первых, некоторые биты являются инверсными. При записи в регистр управления нуля в этих битах устанавливаются единицы, а

если на входах регистра состояния установлены нули, то из этих битов считываются единицы. Во-вторых, если четыре бита регистра управления расположены в младших битах байта (биты 0-3), то пять битов регистра состояния — в старших (биты 3-7). Полная информация об отображении сигналов шин управления и состояния интерфейса Centronics на регистры параллельного порта компьютера приведена в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Управляющие сигналы Centronics

ШИНА	СИГНАЛ	БИТ	ИНВЕРСИЯ
Управление	-STROBE	0	инверсный
	-AUTO FD	1	инверсный
	-INIT	2	прямой
	-SLCTIN	3	инверсный
Состояние	-ERROR	3	прямой
	SLCT	4	прямой
	PE	5	прямой
	-ACK	6	прямой
	-BUSY	7	инверсный

4 Последовательный интерфейс RS-232C

Последовательный интерфейс для передачи данных использует одну сигнальную линию, по которой информационные биты передаются друг за другом последовательно. Английские термины – *Serial Interface* и *Serial Port*. Последовательная передача позволяет сократить количество сигнальных линий и увеличить дальность связи. Характерной особенностью является применение не-ТТЛ сигналов. В ряде последовательных интерфейсов применяется гальваническая развязка внешних (обычно входных) сигналов от схемной земли устройства, что позволяет соединять устройства, находящиеся под разными потенциалами.

Выбор в пользу применения последовательного интерфейса (RS-232C) может быть сделан при наличии следующих требований:

- относительная удаленность объекта обмена информацией (внешнего устройства) от компьютера (стандартом оговорена длина кабеля до 15 м при наличии общего контура заземления, однако во многих практических случаях она может быть существенно увеличена, хотя и с некоторым снижением рабочих скоростей);
- сравнительно (по отношению к параллельным методам и локальным вычислительным сетям) невысокая скорость обмена данными (максимально возможная скорость передачи данных стандартного последовательного порта компьютера составляет 115200 бит/сек, что ограничивает скорость обмена величиной около 10 Кбайт/сек);
- применение стандартного интерфейса для подключения к компьютеру без его вскрытия.

Последовательный интерфейс *COM-порт* (Communication Port - коммуникационный порт) появился в первых моделях IBM PC. Он был реализован на микросхеме асинхронного приемопередатчика Intel 8250. Порт имел поддержку BIOS (INT 14), однако широко применялось (и применяется) взаимодействие с портом на уровне регистров. Поэтому во всех PC-совместимых компьютерах для последовательного интерфейса применяют микросхемы приемопередатчиков, совместимые с i8250. Говоря о COM-порте PC, по умолчанию будем подразумевать совместимость регистровой модели с i8250 и реализацию асинхронного интерфейса RS-232C.

4.1 Способы последовательной передачи

Последовательная передача данных может осуществляться в асинхронном или синхронном режимах. При *асинхронной* передаче каждому байту предшествует *старт-бит*, сигнализирующий приемнику о начале посылки, за которым следуют *биты данных* и, возможно, *бит паритета* (четности). Завершает посылку *стоп-бит*, гарантирующий паузу между посылками (рис. 2.1). Старт-бит следующего байта посылается в любой момент после стоп-бита, то есть между передачами возможны паузы произвольной длительности. Старт-бит, имеющий всегда строго определенное значение (логический 0), обеспечивает простой механизм синхронизации приемника по сигналу от передатчика. Подразумевается, что приемник и передатчик работают на одной скорости обмена. Внутренний генератор синхронизации приемника использует счетчик-делитель опорной частоты, обнуляемый в момент приема начала старт-бита. Этот счетчик генерирует внутренние стробы, по которым приемник фиксирует последующие принимаемые биты. В идеале стробы располагаются в середине битовых интервалов, что позволяет принимать данные и при незначительном рассогласовании скоростей приемника и передатчика. Очевидно, что при передаче 8 бит данных, одного контрольного и одного стоп-бита предельно допустимое рассогласование скоростей, при котором данные будут распознаны верно, не может превышать 5%. С учетом фазовых искажений и дискретности работы внутреннего счетчика синхронизации реально допустимо меньшее отклонение частот. Чем меньше коэффициент деления опорной частоты внутреннего генератора (чем выше частота передачи), тем больше погрешность привязки стробов к середине битового интервала, и требования к согласованности частот становятся более строгими. Чем выше частота передачи, тем больше влияние искажений фронтов на фазу



принимаемого сигнала. Взаимодействие этих факторов приводит к повышению требований к согласованности частот приемника и передатчика с ростом частоты обмена.



Рис. 2.1. Формат асинхронной передачи

Для асинхронного режима принят ряд *стандартных скоростей обмена*: 50, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19 200, 38 400, 57 600 и 115 200 бит/с. Иногда вместо единицы измерения "бит/с" используют "бод" (baud), но при рассмотрении двоичных передаваемых сигналов это некорректно. В бодах принято измерять частоту изменения состояния линии, а при двоичном способе кодирования (широко применяемом в современных модемах) в канале связи скорости передачи бит (бит/с) и изменения сигнала (бод) могут отличаться в несколько раз. Количество *бит данных* может составлять 5, 6, 7 или 8 (5- и 6-битные форматы распространены незначительно). Количество *стоп-бит* может быть 1, 1,5 или 2 ("полтора бита" означает только длительность стопового интервала).

Асинхронный обмен в РС реализуется с помощью *COM-порта* с использованием протокола RS-232C. *Синхронный режим* передачи предполагает постоянную активность канала связи. Посылка начинается с синхробайта, за которым сразу же следует поток информационных бит. Если у передатчика нет данных для передачи, он заполняет паузу непрерывной посылкой байтов синхронизации. Очевидно, что при передаче больших массивов данных накладные расходы на синхронизацию в данном режиме будут ниже, чем в асинхронном. Однако в синхронном режиме необходима внешняя синхронизация приемника с передатчиком, поскольку даже малое отклонение частот приведет к искажению принимаемых данных. Внешняя синхронизация возможна либо с помощью отдельной линии для передачи сигнала синхронизации, либо с использованием самосинхронизирующего кодирования данных, при котором на стороне приемника из принятого сигнала могут быть выделены импульсы синхронизации. В любом случае синхронный режим требует дорогих линий связи или окончательного оборудования. На *физическом уровне* последовательный интерфейс имеет различные реализации, различающиеся способом передачи электрических сигналов. Существует ряд родственных международных стандартов: RS-232C, RS-423A, RS-422A и RS-485.

4.2 Назначения контактов и порядок обмена по интерфейсу RS-232C

Интерфейс RS-232C предназначен для подключения к компьютеру стандартных внешних устройств (принтера, сканера, модема, мыши и др.), а также для связи компьютеров между собой. Основными преимуществами использования RS-232C по сравнению с Centronics являются возможность передачи на значительно большие расстояния и гораздо более простой соединительный кабель. В то же время работать с ним несколько сложнее. Данные в RS-232C передаются в последовательном коде побайтно. Каждый байт обрамляется стартовым и стоповыми битами. Данные могут передаваться как в одну, так и в другую сторону (дуплексный режим).

Компьютер имеет 25-контактный (DB25P) или 9-контактный (DB9P) разъем для подключения RS-232C. Назначение контактов разъема приведено в таблице 1.11.



Цепь	Контакт (25- контактный разъем)	Контакт (9- контактный разъем)	I/O
FG	1	.	-
-TxD	2	3	O
-RxD	3	2	I
RTS	4	7	O
CTS	5	8	I
DSR	6	6	I
SG	7	5	-
DCD	8	1	I
DTR	20	4	O
RI	22	9	I

Табл. 1.11. Назначение контактов разъемов интерфейса RS-232C

Сигнал	Назначение
CTS	<i>Clear To Send</i> - вход разрешения терминалу передавать данные. Состояние "выключено" аппаратно запрещает передачу данных. Сигнал используется для аппаратного управления потоками данных
DSR	<i>Data Set Ready</i> - вход сигнала готовности от аппаратуры передачи данных (модем в рабочем режиме подключен к каналу и закончил действия по согласованию с аппаратурой на противоположном конце канала)
DTP	<i>Data Terminal Ready</i> - выход сигнала готовности терминала к обмену данными. Состояние "включено" поддерживает коммутируемый канал в состоянии соединения
DCD	<i>Data Carrier Detected</i> - вход сигнала обнаружения несущей удаленного модема
RI	<i>Ring Indicator</i> - вход индикатора вызова (звонка). В коммутируемом канале этим сигналом модем сигнализирует о принятии вызова
PG	<i>Protected Ground</i> - защитная земля, соединяется с корпусом устройства и экраном кабеля
SG	<i>Signal Ground</i> - сигнальная (схемная) земля, относительно которой действуют уровни сигналов
TO	<i>Transmit Data</i> - последовательные данные - выход передатчика
RD	<i>Receive Data</i> - последовательные данные - вход приемника
RTS	<i>Request To Send</i> - выход запроса передачи данных: состояние "включено" уведомляет модем о наличии у терминала данных для передачи. В полудуплексном режиме используется для управления направлением -состояние "включено" служит сигналом модему на переключение в режим передачи

Наиболее часто используются трех- или четырехпроводная связь (для двунаправленной передачи). Для двухпроводной линии связи в случае только передачи из компьютера во внешнее устройство используются сигналы SG и TxD. Все 10 сигналов интерфейса задействуются только при соединении компьютера с модемом.

Интерфейс RS-232C предназначен для подключения аппаратуры, передающей или принимающей данные {О ОД - оконечное оборудование данных или АПД - аппаратура передачи данных; DTE - *Data Terminal Equipment*), к оконечной аппаратуре каналов данных (АКД, DCE - *Data Communication Equipment*). В роли АПД может выступать компьютер, принтер, плоттер и другое периферийное оборудование. В роли АКД обычно выступает модем. Конечной целью

подключения является соединение двух устройств АПД. Полная схема соединения приведена на рис. 2.3. Интерфейс позволяет исключить канал удаленной связи вместе с парой устройств АПД, соединив устройства непосредственно с помощью нуль-модемного кабеля (рис. 2.4). Стандарт описывает управляющие сигналы интерфейса, пересылку данных, электрический интерфейс и типы разъемов. В стандарте предусмотрены асинхронный и синхронный режимы обмена, но СОМ-порты поддерживают только *асинхронный режим*.

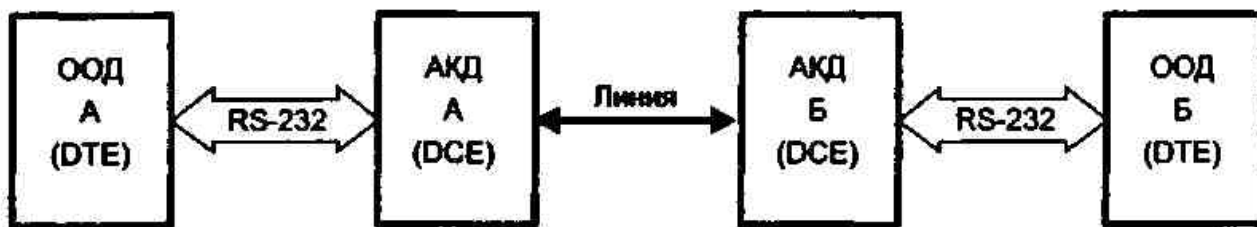


Рис. 2.3. Полная схема соединения по RS-232C

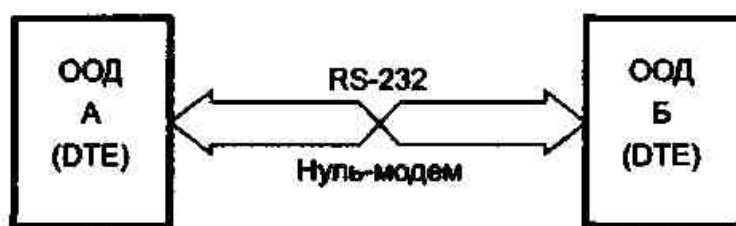


Рис. 2.4. Соединение по RS-232C нуль-модемным кабелем

4.3 Электрический интерфейс

Стандарт RS-232C использует несимметричные передатчики и приемники - сигнал передается относительно общего провода - схемной земли (симметричные дифференциальные сигналы используются в других интерфейсах - например, RS-422). Интерфейс НЕ ОБЕСПЕЧИВАЕТ ГАЛЬВАНИЧЕСКОЙ РАЗВЯЗКИ устройств. Логической единице соответствует напряжение на входе приемника в диапазоне -12...-3 В. Для линий управляющих сигналов это состояние называется ON ("включено"), для линий последовательных данных - MARK. Логическому нулю соответствует диапазон +3...+12 В. Для линий управляющих сигналов состояние называется OFF ("выключено"), а для линий последовательных данных - SPACE. Диапазон -3...+3 В - зона нечувствительности, обуславливающая гистерезис приемника: состояние линии будет считаться измененным только после пересечения порога (рис. 2.5). Уровни сигналов на выходах передатчиков должны быть в диапазонах -12...-5 В и +5...+12 В для представления единицы и нуля соответственно. Разность потенциалов между схемными землями (SG) соединяемых устройств должна быть менее 2 В, при более высокой разности потенциалов возможно неверное восприятие сигналов. Интерфейс предполагает наличие ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ для соединяемых устройств, если они оба питаются от сети переменного тока и имеют сетевые фильтры. Подключение и отключение интерфейсных кабелей устройств с автономным питанием должно производиться при отключенном питании. Иначе разность невыровненных потенциалов устройств в момент коммутации может оказаться приложенной к выходным или входным (что опаснее) цепям интерфейса и вывести из строя микросхемы. Для интерфейса RS-232C специально выпускаются буферные микросхемы приемников (с гистерезисом и передатчиком двуполярного сигнала). Вывести из строя интерфейсные микросхемы замыканием сигнальных цепей маловероятно: ток короткого замыкания передатчиков обычно не превосходит 20 мА. Интерфейс предполагает наличие ЗАЩИТНОГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ для соединяемых устройств, если они оба питаются от сети переменного тока и имеют сетевые фильтры. Подключение и отключение интерфейсных кабелей устройств с автономным питанием должно производиться при отключенном питании. Иначе разность невыровненных потенциалов устройств в момент

коммутации может оказаться приложенной к выходным или входным (что опаснее) цепям интерфейса и вывести из строя микросхемы.

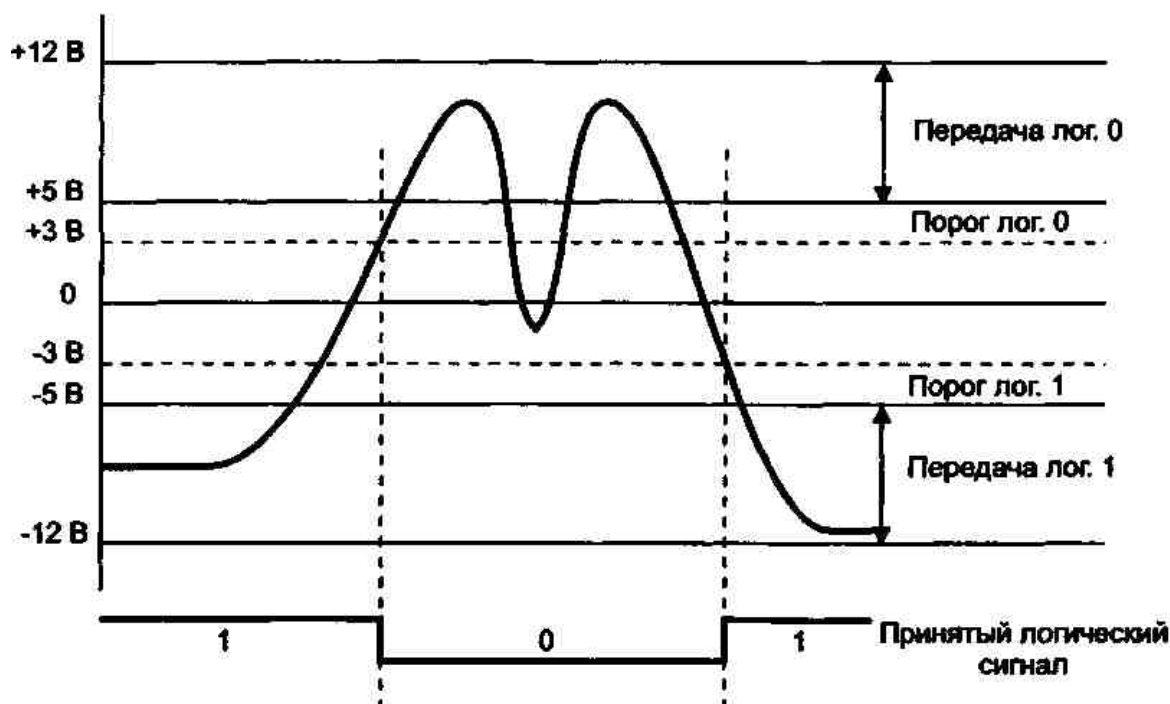


Рис. 2.5. Прием сигналов RS-232C

Стандарт RS-232C регламентирует типы применяемых разъемов.

На аппаратуре АПД (в том числе на COM-портах) принято устанавливать вилки (male - "папа") DB-25P или более компактный вариант - DB-9P. Девятиштырьковые разъемы не имеют контактов для дополнительных сигналов, необходимых для синхронного режима (в большинстве 25-штырьковых разъемов эти контакты не используются). На аппаратуре АКД (модемах) устанавливают розетки (female - "мама") DB-25S или DB-9S. Это правило предполагает, что разъемы АКД могут подключаться к разъемам АПД непосредственно или через переходные "прямые" кабели с розеткой и вилкой, у которых контакты соединены "один в один". Переходные кабели могут являться и переходниками с 9- на 25-штырьковые разъемы (рис. 2.7).

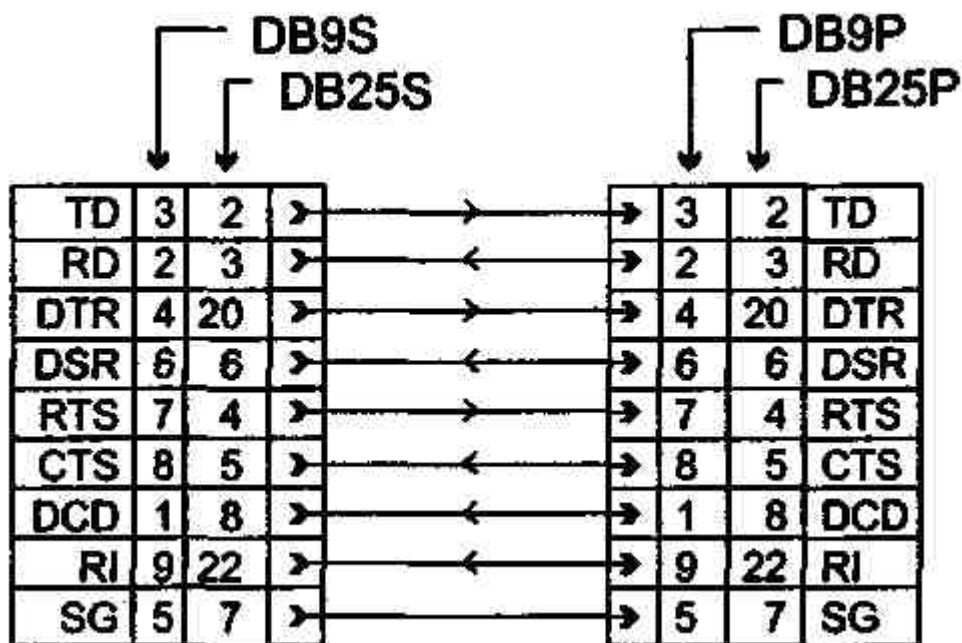


Рис. 2.7. Кабели подключения модемов

Если аппаратура АПД соединяется без модемов, то разъемы устройств (вилки) соединяются между собой *нуль-модемным кабелем* (Zero-modem или Z-modem), имеющим на обоих концах розетки, контакты которых соединяются перекрестно по одной из схем, приведенных на рис. 2.8.

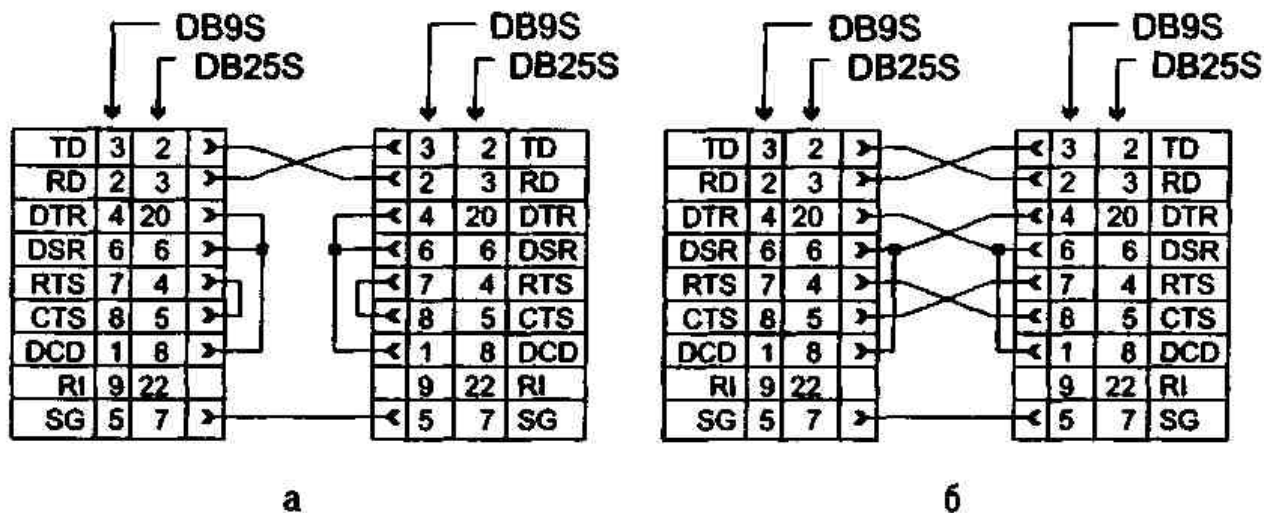


Рис. 2.8. Нуль-модемный кабель: а - минимальный, б - полный

4.4 Форматы обмена с приемопередатчиком RS-232C

Контроллер параллельного обмена (универсальный асинхронный приемопередатчик, УАГТП), входящий в состав персонального компьютера, реализует следующие функции:

- преобразование параллельного кода в последовательный при передаче и обратное преобразование при приеме;

- формирование стартового, стопового битов и бита четности при передаче и контроль их правильности при приеме;
- прием и передача данных на заданной скорости;
- формирование и контроль состояния сигналов интерфейса RS-232C.

УАПП может быть выполнен на специальной микросхеме (обычно i8250 или I6550A) или входить в состав БИС вместе с другими контроллерами, но все форматы обмена с ним сохраняются неизменными.

Обычно в состав компьютера входят два последовательных порта, обозначаемых COM 1 (адреса 3F8 ... 3FFh, прерывание IRQ4) и COM2 (адреса 2F8 ... 2FFh, прерывание IRQ3).

Рассмотрим назначение отдельных битов, записываемых по этим адресам и читаемых из этих адресов. Назначение битов портов 3F8 и 3F9 зависит от значения специального бита управления, записываемого в 7 разряде в порт 3FB (здесь и далее рассматриваем COM1, имея в виду, что для COM2 все делается аналогично).

Порт 3F8

При нулевом значении управляющего бита этот порт служит для записи в него передаваемого байта данных и чтения из него принимаемого байта. При единичном значении управляющего бита этот порт используется для записи в него младшего байта кода делителя частоты тактового генератора, определяющего скорость передачи и приема. Связь этого кода и скорости передачи следующая:

Шестнадцатиричный код частоты	Скорость передачи, бит/с	Шестнадцатиричный код частоты	Скорость передачи, бит/с
0410	110	0018	4800
0300	150	000C	9600
0180	300	0006	19200
00C0	600	0003	38400
0060	1200	0002	57600
0030	2400	0001	115200

Порт 3F9

При значении управляющего бита, равном единице, этот порт используется для записи старшего байта кода делителя частоты. При нулевом значении управляющего бита этот порт используется для управления прерываниями. При этом он имеет следующий формат:

Номер бита	Назначение бита
0	1 — разрешение прерывания по окончании приема данных, 0 — запрещение прерывания
1	1 — разрешение прерывания по окончании передачи данных, 0 — запрещение прерывания

2	1 — разрешение прерывания при обнаружении сбоя на линии, 0 — запрещение прерывания
3	1 — разрешение прерывания по изменению входных управляющих сигналов RS-232C, 0 — запрещение прерывания
4,5,6,7	не используются

Порт 3FA

Это регистр идентификации прерывания. Используется только для чтения. Его содержимое указывает на причину прерывания. Формат регистра следующий:

Номер бита	Назначение бита
0 1	— нет прерываний, требующих обслуживания. 0 — есть прерывания
1, 2	00 — переполнение приемника, ошибка четности или формата данных при приеме, сброс — по чтению из 3FD; 01 — данные переданы, сброс — по записи в 3F8; 10 — данные приняты и доступны для чтения, сброс — по чтению из 3F8; 11 — изменение состояния входных управляющих сигналов RS-232C, сброс — по чтению из 3FE
3 ... 7	не используются

Порт 3FB

Это управляющий регистр, доступный по чтению и записи. Его формат следующий:

Номер бита	Назначение бита
0,1	Количество бит передаваемых данных: 00-5 бит, 10-6 бит, 01 - 7 бит. 11 - 8 бит
2	Количество стоповых битов: 0 — 1 бит, 1 — 2 бита
3,4	Контроль четности: 0X — контроль четности не используется, 10 — контроль на нечетность, 11 — контроль на четность
5	Задание контрольного бита: 1 — контрольный бит всегда равен 0 (если выбран контроль на четность) или всегда равен 1 (если выбран контроль на нечетность)

6	1 — постоянная передача нуля, 0 — нормальная передача символов
7	Управляющий бит для выбора назначения портов 3F8 и 3F9

Порт 3FC

Данный порт используется для управления модемом. Управляет состоянием управляющих линий интерфейса RS-232C. Применяется довольно редко. Его формат следующий:

Номер бита	Назначение бита
0	Состояние линии DTR
1	Состояние линии RTS
2	Состояние выходного сигнала УАПП OUT1
3	Состояние выходного сигнала УАПП OUT2
4	Режим работы УАПП: 0 — рабочий, 1 — диагностический
5,6,7	Не используются

Порт 3FD Это регистр состояния линии. Его формат следующий:

Номер	Назначение бита
0	1 — данные получены и готовы для чтения, флаг сбрасывается при чтении данных
1	1 — ошибка переполнения при приеме (принят новый байт раньше, чем прочитан предыдущий, предыдущий байт теряется)
2	1 — ошибка четности при приеме
3	1 — ошибка синхронизации (не принята стоповая посылка)
4	1 — обнаружен запрос на прерывание передачи (постоянная передача нуля)
5	1 — буферный регистр передачи пуст можно записывать следующий передаваемый байт
6	1 — регистр сдвига передатчика пуст, передача закончена
7	1 — тайм-аут

Порт 3FE

Это регистр состояния модема. Используется редко. Его формат следующий:

Номер	Назначение бита
0	Линия CTS изменила состояние после предыдущего чтения из регистра состояния модема
1	Линия DSR изменила состояние
2	Линия RI изменила состояние
3	Линия DCD изменила состояние

4	Состояние линии CTS
5	Состояние линии DSR
6	Состояние линии RI
7	Состояние линии DCD

Для передачи данных необходимо записать их по адресу 3F8 (предварительно надо убедиться, что буферный регистр передатчика пуст). Принятые данные читаются из адреса 3F8 (предварительно надо убедиться, что данные приняты). УАПП обеспечивает дуплексный обмен данными, то есть возможно одновременно передавать и принимать данные. Но все параметры обмена (скорость, формат знака и т.д.) для приема и для передачи должны быть одинаковыми.

Для инициализации УАПП необходимо проделать следующее

- записать по адресу 3FB управляющий байт с единицей в 7 бите;
- записать код делителя частоты по адресам 3F8 и 3F9;
- записать по адресу 3EB управляющий байт с нулем в 7 бите и с требуемыми значениями остальных битов;
- записать управляющий байт по адресу 3F9;
- записать управляющий байт по адресу 3FC.

При включении компьютера в процессе начального тестирования POST BIOS проверяет наличие последовательных портов (регистров UART 8250 или совместимых) по стандартным адресам и помещает базовые адреса обнаруженных портов в ячейки BIOS DATA AREA 0:0400, 0402, 0404, 0406. Эти ячейки хранят адреса портов с логическими именами COM1-COM4, нулевое значение адреса является признаком отсутствия порта с данным номером. В ячейки 0:047C, 047D, 047E, 047F заносятся константы, задающие выдержку тайм-аута для этих портов. Обнаруженные порты инициализируются обычно на скорость обмена 2400 бит/с, 7 бит данных с контролем на четность, 1 стоп-бит. Управляющие сигналы интерфейса DTR и RTS переводятся в исходное состояние (выключено – полож. напряжение). Порты поддерживаются сервисом BIOS INT 14, который обеспечивает следующие функции:

- 00h – инициализация (установка скорости обмена и формата посылок, заданных регистром AL, запрет источников прерываний). На сигналы DTR и RTS влияния не оказывает (после аппаратного сброса они пассивны).
- 01h – вывод символа из регистра AL (без аппаратных прерываний). Активизируются сигналы DTR и RTS, и дождавшись освобождения регистра THR, в него помещают выводимый символ. Если за заданное время регистр не освобождается, фиксируется ошибка тайм-аута и функция завершается.
- 02h – ввод символа (без аппаратных прерываний). Активизируются только сигнал DTR (RTS переходит в пассивное состояние) и ожидается готовность принятых данных, принятый символ помещается в регистр AL. Если за заданное время данные не получены, функция завершается с ошибкой тайм-аута.
- 03h – опрос состояния модема и линии (чтение регистров MSR и LSR). Эту гарантированно быструю функцию обычно вызывают во избежание риска ожидания тайм-аута.

При вызове INT 14h номер функции задается в регистре AH, номер порта (0-3) – в регистре DX (0 – COM1, 1 – COM2....). при возврате из функций 0, 1 и 3 регистр AH содержит байт состояния линии (регистр LSR), AL – байт состояния модема (MSR). При возврате из функции 2 нулевое значение бита 7 регистра AH указывает на наличие бита 7 указывает на ошибку приема, которую можно уточнить функцией 3.

- Байт состояния линии (регистр АН) имеет следующий формат:
 Бит 7 – ошибка тайм-аута (после вызова функции 2 – признак любой ошибки – возможно и тайм - аута).
 Бит 6 – регистр сдвига передатчика пуст (пауза передачи).
 Бит 5 – промежуточный регистр передатчика пуст (готов принять символ для передачи).
 Бит 4 – обнаружен обрыв линии.
 Бит 3 – ошибка кадра (отсутствие стоп бита).
 Бит 2 – ошибка паритета принятого символа.
 Бит 1 – переполнение (потеря символа).
 Бит 0 – регистр данных содержит принятый символ.
- Байт состояния модема (регистр AL при возврате из функций 0,1,3) имеет следующий формат:
 Бит 7 – состояние линии DCD
 Бит 6 – состояние линии RI
 Бит 5 – состояние линии DSR
 Бит 4 – состояние линии CTS
 Бит 3 – изменение состояния DCD
 Бит 2 – изменение огибающей RI
 Бит 1 – изменение состояния DSR
 Бит 0 – изменение состояния CTS
- При инициализации порта биты регистра AL имеют следующее значение:
 Биты [7:5] – скорость обмена:
 000=110; 001=150; 010=300; 011=600; 100=1200; 101=2400; 110=4800; 111=9600
 бит/с
 Биты [4:3] – контроль паритета:
 01 – число единиц нечетное, 11 – четное, 00 и 10 – без контроля
 Бит 2 – количество стоп – бит:
 0 – 1 бит, 1 – 2 бита (на скорости 110 бит/с – 1,5 стоп - бит).
 Биты [1:0] – длина посылки:
 00 – 5 бит, 01 – 6 бит, 10 – 7 бит, 11 – 8 бит.