



Интерфейсы периферийных устройств

В данной лекции рассматриваются универсальные периферийные интерфейсы для подключения внешних устройств к персональному компьютеру.

Цель: познакомить с примерами организации взаимодействия ПК и периферийных устройств, а также обозначить основные тенденции развития интерфейсов вычислительных систем.

Интерфейсы SCSI

Интерфейс SCSI был разработан в конце 1970-х годов и предложен организацией Shugart Associates.

Первый стандарт на этот интерфейс был принят в 1986 г. **SCSI** определяет только логический и физический уровень. Устройства, подключенные к шине SCSI, могут играть две роли: Initiator (ведущий) и Target (ведомый), причем одно и то же устройство может быть как ведущим, так и ведомым. К шине может быть подключено до восьми устройств. Каждое устройство на магистрали имеет свой адрес (SCSI ID) в диапазоне от 0 до 7. Одно из этих устройств - хост-адаптер SCSI. Ему обычно назначают SCSI ID = 7. Хост-адаптер предназначен для осуществления обмена с процессором. Хост-адаптер, как правило, имеет разъемы для подключения как встраиваемых, так и внешних SCSI-устройств

Стандарт SCSI определяет два способа передачи сигналов - синфазный и дифференциальный. В первом случае сигналы на линиях имеют ТТЛ-уровни, при этом длина кабеля ограничена 6 м. Версии шины SCSI с дифференциальной передачей сигнала ("токовой петлей") дают возможность увеличить длину шины до 25 м.

На магистрали *SCSI* возможны синхронные и асинхронные передачи.

В асинхронном режиме передача данных сопровождается сигналом запроса и заканчивается только после получения сигнала подтверждения.

При синхронной передаче данных ведущее устройство не дожидается сигналов подтверждения перед выдачей сигнала запроса и приема следующих данных. После выдачи определенной серии импульсов запроса ведущее устройство сравнивает его с числом подтверждений, чтобы удостовериться, что группа данных принята успешно. Т.к. в этом режиме все равно участвуют сигналы квитирования, его еще называют асинхронным с согласованием скорости.

В исходном стандарте шина *SCSI* имеет восемь линий данных. Для повышения производительности в спецификацию *SCSI-2* введен так называемый широкий (Wide) вариант шины данных, предусматривающий наличие дополнительных 24 разрядов. Для повышения пропускной способности шины *SCSI* было предложено увеличить тактовую частоту обмена примерно в два раза, что послужило основой нового стандарта - Fast *SCSI-2*. Дальнейшее увеличение пропускной способности шины привело к появлению стандарта *UltraSCSI*

Сравнение различных вариантов интерфейса SCSI-2

| Стандарт | Максимальная пропускная способность | | | Максимальная длина кабеля (синфазный) |
|-----------|-------------------------------------|------------|------------|---------------------------------------|
| | 8 бит | Wide SCSI | | |
| | | 16 бит | 32 бит | |
| SCSI | 5 Мбайт/с | 10 Мбайт/с | 20 Мбайт/с | 6 м |
| Fast SCSI | 10 Мбайт/с | 20 Мбайт/с | 40 Мбайт/с | 3 м |
| UltraSCSI | 20 Мбайт/с | 40 Мбайт/с | 80 Мбайт/с | 1,5 м |

Интерфейс RS-232C

Стандарт на последовательный интерфейс *RS-232C* был опубликован в 1969 г. Ассоциацией электронной промышленности (EIA). Первоначально этот интерфейс использовался для подключения ЭВМ и терминалов к системе связи через модемы, а также для непосредственного подключения терминалов к машинам. До недавнего времени последовательный интерфейс использовался для широкого спектра периферийных устройств (плоттеры, принтеры, мыши, модемы и др.), но сейчас активно вытесняется интерфейсом *USB*.

Стандарт *RS-232C* определяет:

- механические характеристики интерфейса - разъемы и соединители;
- электрические характеристики сигналов - логические уровни;
- функциональные описания интерфейсных схем - протоколы передачи;
- стандартные интерфейсы для выбранных конфигураций систем связи.

В 1975 г. были приняты стандарты *RS-422* (электрические характеристики симметричных цепей цифрового интерфейса) и *RS-423* (электрические характеристики несимметричных цепей цифрового интерфейса), позволяющие увеличить скорость передачи данных по последовательному интерфейсу.

Обычно ПК имеют в своем составе два интерфейса *RS-232C*, которые обозначаются COM1 и COM2. Возможна установка дополнительного оборудования, которое обеспечивает функционирование в составе PC четырех, восьми и шестнадцати интерфейсов *RS-232C*. Для подключения устройств используется 9-контактный (DB9) или 25-контактный (DB25) разъем.

Интерфейс *RS-232C* содержит сигналы квитирования, обеспечивая асинхронный режим функционирования. При этом одно из устройств (обычно компьютер) выступает как DTE (Data Terminal Equipment - оконечное устройство), а другое - как DCE (Data Communication Equipment - устройство передачи данных), например, модем. Соответственно, если для DTE какой-то сигнал является входным, то для DCE этот сигнал будет выходным, и наоборот.

В то же время, в простейшем случае для обмена могут использоваться лишь три линии: TxD, RxD и SG - без использования сигналов квитирования.

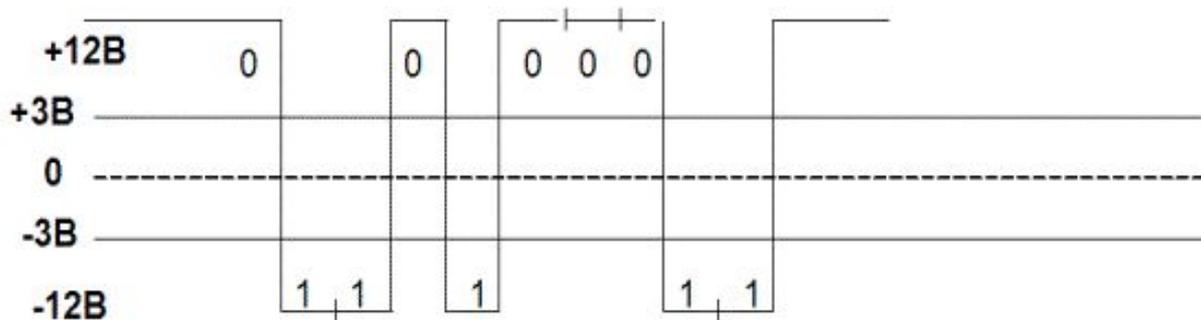
| Номер контакта | | Описание |
|----------------|-----|---|
| DB25 | DB9 | |
| 1 | - | Fore Ground. Защитное заземление |
| 2 | 3 | Transmit Data. Данные, передаваемые DTE |
| 3 | 2 | Receive Data. Данные, принимаемые DTE |
| 4 | 7 | Request To Send. Запрос передачи, выставляется DTE |
| 5 | 8 | Clear To Send. Сигнал сброса для передачи, выставляется DCE при готовности к приему |
| 6 | 6 | Data Set Ready. Готовность данных, выставляется DCE при готовности к передаче |
| 7 | 5 | Signal Ground. Сигнальное заземление, "нулевой" провод |
| 8 | 1 | Data Carrier Detect. Обнаружение несущей данных, выставляется DCE при детектировании принимаемого сигнала |
| 20 | 4 | Data Terminal Ready. Готовность DTE |
| | | |
| 22 | 9 | Ring Indicator. Индикатор вызова, выставляется DCE при приеме вызова по телефонной сети |

Основные принципы обмена информацией по интерфейсу *RS-232C*:

- Обмен данными обеспечивается по двум цепям, каждая из которых является для одной из сторон передающей, а для другой - приемной.
- В исходном состоянии по каждой из этих цепей передается двоичная единица, т.е. стоповая посылка. Передача стоповой посылки может выполняться сколь угодно долго.
- Передаче каждого пакета данных предшествует передача стартовой посылки, т.е. передача двоичного нуля в течение времени, равного времени передачи одного бита данных.
- После передачи стартовой посылки обеспечивается последовательная передача всех разрядов данных, начиная с младшего разряда. Количество битов может быть 5, 6, 7 или 8.
- После передачи последнего бита данных возможна передача контрольного разряда, который дополняет сумму по модулю 2 переданных разрядов до четности или нечетности. В некоторых системах передача контрольного бита не выполняется.
- После передачи контрольного разряда или последнего бита, если формирование контрольного разряда не предусмотрено, обеспечивается передача стоповой посылки. Минимальная длительность посылки может быть равной длительности передачи одного, полутора или двух бит данных.

Обмен данными по описанным выше принципам требует предварительного согласования приемника и передатчика по скорости (длительности бита) (300-115200 бит/с), количеству используемых разрядов в символе (5, 6, 7 или 8), правилам формирования контрольного разряда (контроль по четности, по нечетности или отсутствие контрольного разряда), длительности передачи стоповой посылки (1 бит, 1,5 бит или 2 бит).

Спецификация *RS-232C* для электрических характеристик сигналов определяет, что высокий уровень напряжения от +3В до +12В (при передаче - до +15В) считается логическим "0", а низкий уровень напряжения от 3В до 12В (при передаче - до 15В) считается логическим "1". Диапазон сигналов 3В:+3В обеспечивает защиту от помех и стабильность передаваемых данных.



Логические уровни интерфейса RS-232C

Интерфейс IEEE 1284

Стандартный интерфейс параллельного порта получил свое первоначальное название по имени американской фирмы **Centronics** - производителя принтеров. Первые версии этого стандарта были ориентированы исключительно на принтеры, подразумевали передачу данных лишь в одну сторону (от компьютера к принтеру) и имели невысокую скорость передачи (150-300 Кбайт/с). Такие скорости неприемлемы для современных печатающих устройств. Кроме того, для работы с некоторыми устройствами необходима двусторонняя передача данных. Поэтому некоторые фирмы (Xircom, Intel, Hewlett Packard, Microsoft) предложили несколько модификаций скоростных параллельных интерфейсов: *EPP* (Enhanced Parallel Port) - до 2 Мбайт/с, *ECP* (Extended Capabilities Port) - до 4 Мбайт/с и др. На основе этих разработок в 1994 году Институтом инженеров по электронике и электротехнике был принят стандарт IEEE 1284-1994, ныне повсеместно используемый в персональных компьютерах в качестве стандартного параллельного интерфейса.

Сигналы интерфейса IEEE 1284

| Разъем DB25 | Напряжение | SPP | Nibble Mode | EPP | ECP |
|-------------|------------|---------|-------------|------------|-------------|
| 1 | O | STROBE# | | WRITE# | HostClk |
| 2 | O (I) | DATA0 | | AD0 | D0 |
| 3 | O (I) | DATA1 | | AD1 | D1 |
| 4 | O (I) | DATA2 | | AD2 | D2 |
| 5 | O (I) | DATA3 | | AD3 | D3 |
| 6 | O (I) | DATA4 | | AD4 | D4 |
| 7 | O (I) | DATA5 | | AD5 | D5 |
| 8 | O (I) | DATA6 | | AD6 | D6 |
| 9 | O (I) | DATA7 | | AD7 | D7 |
| 10 | I | ACK# | PtrClk | Intr# | PeriphClk |
| 11 | I | BUSY | D3/D7 | Wait# | PeriphAck |
| 12 | I | PE | D2/D6 | AckDataReq | AckReverse# |
| 13 | I | SELECT | D1/D5 | XFlag | XFlag |
| 14 | O | AUTOFD# | HostBusy | DataStb# | HostAck |
| 15 | I | ERROR# | D0/D4 | DataAvail# | PeriphReq# |
| 16 | O | INIT# | | Reset# | ReverseReq# |
| 17 | O | SLCTIN# | NibbleMode | AddrStb# | 1284Active |

Стандарт IEEE 1284 определяет работу параллельного интерфейса в трех режимах: Standard Parallel Port (*SPP*), Enhanced Parallel Port (*EPP*) и Extended Capabilities Port (*ECP*). Каждый из этих режимов предусматривает двустороннюю передачу данных между компьютером и периферийным устройством.

Режим *SPP* (Стандартный параллельный порт) используется для совместимости со старыми принтерами, не поддерживающими IEEE 1284. Режиму *SPP* соответствуют три программно доступных регистра:

- порт $\text{BASE}+0$ - регистр данных,
 - порт $\text{BASE}+1$ - регистр состояния,
 - порт $\text{BASE}+2$ - регистр управления.
-

В режиме *EPP* (Улучшенный параллельный порт) используется аппаратная реализация сигналов квитирования, благодаря чему возможно увеличение скорости передачи до 2 Мбайт/с. Этот режим поддерживает адресацию устройств, благодаря чему возможно подключение нескольких (до 64) устройств к одному порту. Генерация цикла чтения или записи на шине IEEE 1284 со всеми необходимыми сигналами квитирования происходит при обращении к регистру EPP Address (BASE+3) или EPP Data (BASE+4). При этом адаптер IEEE 1284 устанавливает сигнал Write# в зависимости от направления передачи (низкий уровень - прямая передача, высокий уровень - обратная передача). Для периферийного устройства информацией о том, являются ли биты на линиях AD[0:7] данными или адресом, являются сигналы DataStb# (строб данных) или AddrStb# (строб адреса). Периферийное устройство информирует компьютер о своей готовности принять очередной байт при помощи сигнала Wait#. Сигнал Reset#, так же как и в режиме *SPP* используется для инициализации устройства. Установка периферийным устройством сигнала Intr# вызывает генерацию прерывания. Сигналы AckDataReq и DataAvail# используются по усмотрению разработчика, например, для квитирования в обратном канале.

Режим *ECP* (Порт расширенных возможностей) также использует аппаратное квитирование и адресацию устройств (до 128). Дополнительно *ECP* поддерживает распознавание ошибок, согласование скорости и режима передачи, буферизацию данных в очереди FIFO (с использованием DMA) и их компрессию по алгоритму RLE (Run Length Encoding), что позволяет достигать скорость до 4 Мбайт/с.

Признаком активности режима *ECP* является высокий уровень сигнала 1284Active. При прямой передаче для квитирования используются сигналы HostClk и PeriphAck, а сигнал HostAck указывает на тип передаваемых данных: высокий уровень - обычные данные, низкий уровень - команда или адрес. Для запроса обратного канала компьютер выставляет сигнал ReverseReq#, который устройство подтверждает сигналом AckReverse#. В обратном канале для квитирования применяются сигналы PeriphClk и HostAck, а сигнал PeriphAck используется устройством для указания типа передаваемых данных. Устройство может запросить обслуживание при помощи сигнала PeriphReq#.

В режиме *ECP* параллельный порт может эмулировать работу любого другого режима IEEE 1284, что определяется в соответствующих битах расширенного регистра управления (ECR) по адресу BASE+400h:

Инфракрасный интерфейс

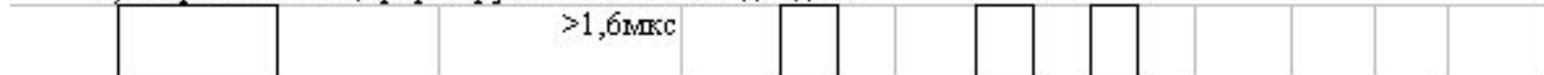
В 1994 году Ассоциацией инфракрасной передачи данных (Infra-Red Data Assotiation) была принята первая версия стандарта *IrDA*. Интерфейс ***IrDA*** позволяет соединяться с периферийным оборудованием без кабеля при помощи ИК-излучения с длиной волны 850-900 нм (номинально - 880 нм). Порт *IrDA* дает возможность устанавливать связь на коротком расстоянии до 1 метра в режиме "точка-точка". Ассоциация намеренно не пыталась создавать локальную сеть на основе ИК-излучения, поскольку сетевые интерфейсы очень сложны и требуют большой мощности, а в цели интерфейса входили низкое ресурсопотребление и экономичность.

Формат пакета IrDA

а) Формат пакета, формируемого IrDA UART



б) Формат пакета, формируемого ИК-светодиодом



Кроме протоколов физического уровня, стандарты *IrDA* определяют стек протоколов программного уровня.

Стек протоколов IrDA

| | | |
|------------------|--------|------|
| IrLMP-IA | IrCOMM | OBEX |
| S | TinyTP | |
| IrLMP-MUX | | |
| IrLAP | | |
| IrPHY: SIR / FIR | | |



Интерфейс USB

Спецификация периферийной шины **USB** была разработана лидерами компьютерной и телекоммуникационной промышленности (Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC и Northern Telecom) для подключения компьютерной периферии вне корпуса ПК с автоматическим автоконфигурированием (Plug&Play). Первая версия стандарта появилась в 1996 г. Агрессивная политика Intel по внедрению этого интерфейса стимулирует постепенное исчезновение таких низкоскоростных интерфейсов, как RS 232C, Access.bus и т. п. Однако для высокоскоростных устройств с более строгими требованиями к производительности (например, доступ к удаленному накопителю или передача оцифрованного видео) конкурентом *USB* является интерфейс IEEE 1394.

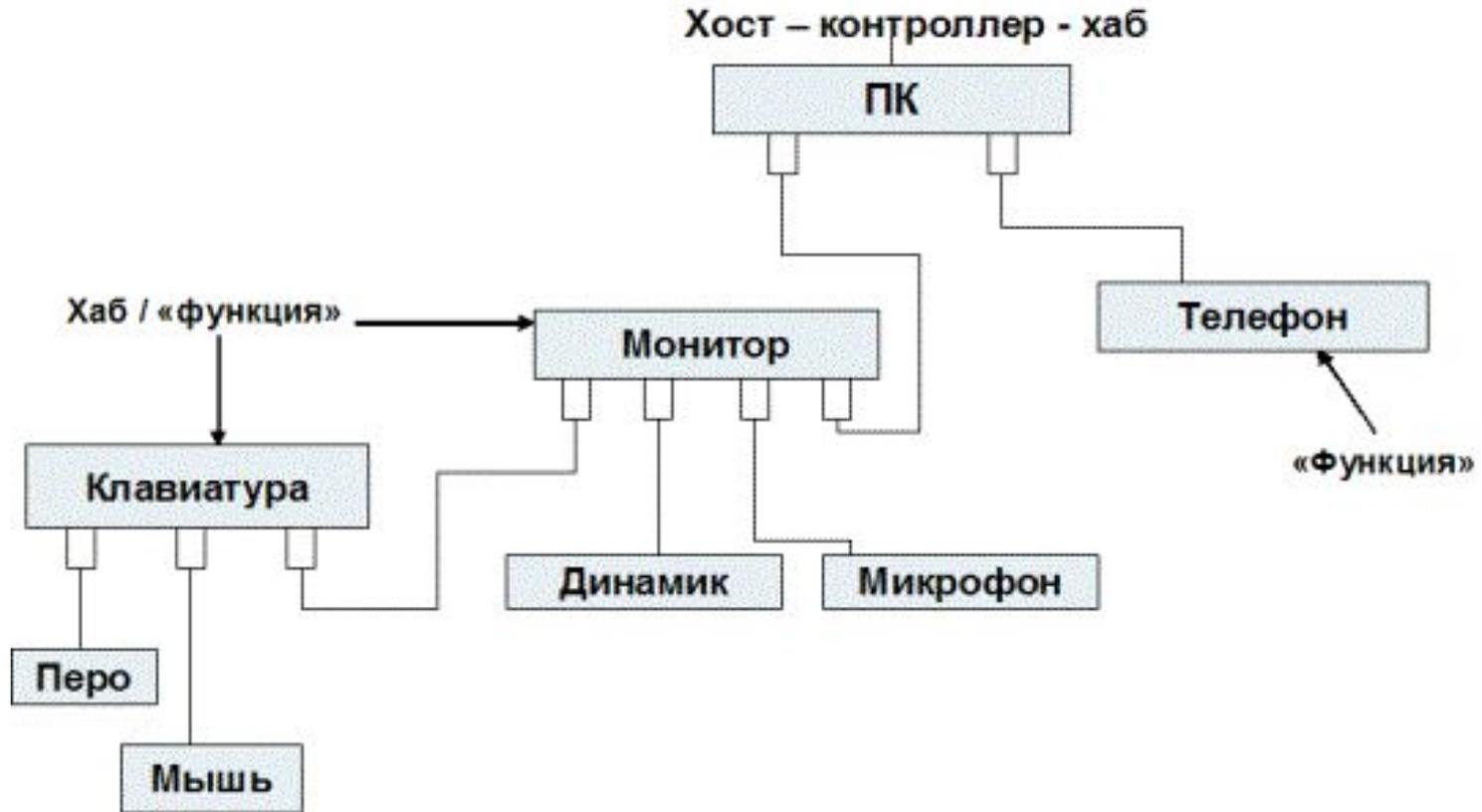
Интерфейс *USB* представляет собой последовательную, полудуплексную, двунаправленную шину со скоростью обмена:

USB 1.1 - 1,5 Мбит/с или 12 Мбит/с;

USB 2.0 - 480 Мбит/с.

Шина позволяет подключить к ПК до 127 физических устройств. Каждое физическое устройство может, в свою очередь, состоять из нескольких логических (например, клавиатура со встроенным манипулятором-трекболом).

Топология подключения устройств к USB



Интерфейс IEEE 1394 - FireWire

Группой компаний при активном участии Apple была разработана технология последовательной высокоскоростной шины, предназначенной для обмена цифровой информацией между компьютером и другими электронными устройствами. В 1995 году эта технология была стандартизована IEEE (стандарт IEEE 1394-1995). Компания Apple продвигает этот стандарт под торговой маркой *FireWire*, а компания Sony - под торговой маркой *i-Link*.

Интерфейс IEEE 1394 представляет собой дуплексную, последовательную, общую шину для периферийных устройств. Она предназначена для подключения компьютеров к таким бытовым электронным приборам, как записывающая и воспроизводящая видео- и аудиоаппаратура, а также используется в качестве интерфейса дисковых накопителей (таким образом, она соперничает с шиной *SCSI*).

Первоначальный стандарт (1394a) поддерживает скорости передачи данных 100 Мбит/с, 200 Мбит/с и 400 Мбит/с. Последующие усовершенствования стандарта (1394b) обеспечивают поддержку скорости передачи данных 800 и 1600 Мбит/с (*FireWire-800*, *FireWire-1600*).

Устройства, которые передают данные на разных скоростях, могут быть одновременно подключены к кабелю (поскольку пары обменивающихся данными устройств используют для этого одну и ту же скорость). Рекомендуемая максимальная длина кабеля между устройствами составляет 4,5 м. К кабелю общей длиной до 72 м может быть одновременно подключено до 63 устройств, называемых узлами (*nodes*). Для увеличения числа шин вплоть до максимального значения (1023) могут быть использованы мосты

Каждое устройство обладает 64-разрядным адресом:

6 бит - идентификационный номер устройства на шине,

10 бит - идентификационный номер шины,

48 бит - используются для адресации памяти (каждое устройство может адресовать до 256 Тбайт памяти).

Шина предполагает наличие корневого узла, выполняющего некоторые функции управления. Корневой узел может быть выбран автоматически во время инициализации шины, либо его атрибут может быть принудительно присвоен конкретному узлу (скорее всего, ПК). Некорневые узлы являются или ветвями (если они поддерживают более чем одно активное соединение), или листьями (если они поддерживают только одно активное соединение).

Как правило, устройства имеют по 1-3 порта, причем одно устройство может быть включено в любое другое (с учетом ограничений на то, что между любыми двумя устройствами может быть не более 16 пролетов и они не могут быть соединены петлей). Допускается подключение в "горячем" режиме, поэтому устройства могут подключаться и отключаться в любой момент. При подключении устройств адреса назначаются автоматически, поэтому присваивать их вручную не придется.

IEEE 1394 поддерживает два режима передачи данных (каждый из которых использует пакеты переменной длины).

Асинхронная передача используется для пересылки данных по конкретному адресу с подтверждением приема и обнаружением ошибок. Трафик, который не требует очень высоких скоростей передачи данных и не чувствителен ко времени доставки, вполне подходит для данного режима (например, для передачи некоторой управляющей информации).

Изохронная передача предполагает пересылку данных через равные промежутки времени, причем подтверждения приема не используются. Этот режим предназначен для пересылки оцифрованной видео- и аудиоинформации.

IEEE 1394 выделяет следующие функции устройств:

Хозяин цикла (cycle master) - выполняется корневым узлом, имеет наивысший приоритет доступа к шине, обеспечивает общую синхронизацию остальных устройств на шине, а также изохронных сеансов передачи данных.

Диспетчер шины (bus manager) управляет питанием шины и выполняет некоторые функции оптимизации.

Диспетчер изохронных ресурсов (isochronous resource manager) распределяет временные интервалы среди узлов, собирающихся стать передатчиками (talkers).

Для подключения к данному интерфейсу применяется 6-контактный соединитель. Используемый при этом кабель имеет круглую форму и содержит:

- экранированную витую пару А (ТРА), в которой используется симметричное, разностное напряжение (для обеспечения требуемой помехоустойчивости), а данные передаются в обоих направлениях с помощью схемы кодирования NRZ. Фактически напряжение составляет 172-265 мВ;
- экранированную витую пару В (ТРВ), пересылающую стробирующий сигнал, который изменяет состояние всякий раз, когда два последовательных разряда данных (на другой паре) одинаковы (т.н. кодирование данных со стробированием - data-strobe encoding), и гарантирует изменение состояния в паре для передачи данных либо стробирующих сигналов по фронту каждого разряда;
- провода, обеспечивающие питание небольших устройств. При этом по проводу VP подается напряжение 8-40 В, обеспечивающее нагрузку до 1,5 А, а провод VG заземлен. Впрочем, существуют варианты соединения, в котором провода питания отсутствуют;
- а также общий экран, который изолирован от экранов пар и прикреплен к корпусам соединителей.

В IEEE 1394b допускается применять также простые UTP-кабели 5-й категории, но только на скоростях до 100 Мбит/с. Для достижения максимальных скоростей на максимальных расстояниях предусмотрено использование оптоволоконна (пластмассового - для длины до 50 метров, и стеклянного - для длины до 100 метров).