

Тема 12. Последовательные интерфейсы

Лекция 24

Интерфейс RS-232c

Универсальный внешний последовательный интерфейс -232-С, *COM-порт*
Интерфейс между терминальным оборудованием и оборудованием передачи данных, обеспечивающий последовательную передачу данных.

Протокол, формат асинхронной посылки, физический интерфейс, разъемы.
Программная модель, порт COM.

Последовательный интерфейс

Основными режимами передачи информации по последовательному интерфейсу являются **асинхронная и синхронная передача** данных, которым соответствует **асинхронные и синхронные протоколы**. Данные передаются последовательно бит за битом, биты образуют байты (определенные символы), а байты образуют блоки передаваемых данных.

Тип протокола (асинхронный, синхронный) определяется по принципу


синхронизации байта (символа) и блока. Асинхронный протокол:

асинхронная передача байт (символов) и синхронный бит в байте.

Синхронный протокол: синхронная передача байт, асинхронный – блоков.

Асинхронные протоколы представляют собой наиболее старый способ связи типа «точка-точка». Эти протоколы оперируют не с блоками, а с отдельными символами, которые представлены байтами и старт-стопными битами.

Такой режим работы называют **асинхронным или старт-стопным**.



Асинхронная передача. В 1969 г. появился стандарт асинхронной передачи RS-232-C (Этот интерфейс известен как *последовательный порт*. Позднее проявились другие стандарты асинхронной передачи. В настоящее время RS-232-C заменен современным стандартом RS-232-D.). В соответствии с этим стандартом данные должны быть представлены в виде отдельных знаков (длиной 7 или 8 бит). Каждый знак обрамляется стартовыми (начало байта) и стоповым (конец байта) битами. Назначение этих сигналов состоит в том, чтобы известить приемник о начале и конце передачи байта, а также для того, чтобы дать приемнику достаточно времени для выполнения некоторых функций, связанных с синхронизацией, до поступления следующего байта. Сигнал «старт» имеет длительность в один такт, сигнал «стоп» может длиться один, полтора или два такта.

Знаки передаются и принимаются в произвольные моменты времени.

Два знака должны быть разделены минимальным временным интервалом.

Принимающая сторона начинает вырабатывать тактовые сигналы, как только обнаруживает начало знака. Асинхронная передача не требует дорогостоящего оборудования и поэтому широко применяется для соединения компьютеров с периферийным оборудованием (НМЛ, НМД, принтеры, клавиатура, терминалы).

На физическом уровне в последовательном интерфейсе единицей информации является бит, поэтому средства физического уровня всегда поддерживают побитовую синхронизацию между приемником и передатчиком.

Формат асинхронной передачи



принят ряд *стандартных скоростей обмена*:

50,75,110, 150, 300,600,1200,2400,4800,9600,19200,38400, 57600 и 115200 бит/с. 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).

Синхронизация на уровне бит

Синхронизация на уровне бит осуществляется аппаратным способом путем стробирования каждого бита данных синхроимпульсом.

Синхроимпульс либо генерируется специальным генератором, либо используется самосинхронизация. В первом случае передача «1» и «0» может сопровождаться переключением сигнала только для одной из цифр («1» или «0»), а для другой отсутствовать. В случае самосинхронизации передача «1» и «0» должна сопровождаться переключением сигнала для обеих цифр и «1» и «0», что дает возможность формировать синхроимпульс непосредственно из сигналов информации.

Взаимодействие приложения с ПУ

Рассмотрим пример последовательной передачи одного байта от приложения на ПУ (Эту функцию выполняет интерфейс RS-232C (мышь, модем).):

1. Приложение сообщает драйверу ПУ адрес байта памяти, который нужно передать, тип операции и номер ПУ.
2. Драйвер загружает этот байт в буфер контроллера ПУ.
3. Контроллер ПУ посылает стартовый сигнал в линию связи; передает последовательно биты байта в линию связи (дополняет их битом контроля четности); посылает стоповый сигнал в линию связи.
4. Устройство управления (УУ) ПУ обнаруживает стартовый бит и готовится принять остальные биты; принимает биты и формирует из них байт; если используется бит четности, проверяет правильность передачи; в случае успешной передачи устанавливает признак завершения приема.

Драйвер ПУ выполняет наиболее сложные функции протокола: подсчет контрольной суммы последовательности передаваемых байтов; анализ состояния ПУ; проверку правильности выполнения операции. Самый примитивный драйвер ПУ поддерживает, как минимум, две операции: взять данные из порта контроллера ПУ; поместить данные в порт контроллера ПУ.


Контроллер выдает команды типа «установить начало листа», «переместить магнитную головку», «сообщить состояние устройства» и т. п.

RS-232-C – стандарт *Физического уровня*.

Физический уровень представляет аппаратные и программные средства подключения ПУ к главному контроллеру или просто контроллеру, который находится в системном блоке компьютера через соответствующие порты ввода/вывода.

Этот уровень определяет механические, электрические, процедурные и функциональные характеристики установления, поддержания и размыкания физического соединения между конечными системами. Физический уровень определяет такие характеристики соединения, как уровни напряжений, синхронизацию и физическую скорость передачи данных, максимальные расстояния передачи, конструктивные параметры разъемов и другие аналогичные характеристики.

Интерфейс	Скорость, бит/с	Максимальное расстояние, м	Примечание
RS-232/V.24	115 200	15	Наиболее популярный низкоскоростной интерфейс. Первоначально обеспечивал скорость до 9 600 бит/с
RS-449/V.10/V.11	100 000	10	—
	10 000	100	—
RS-232/V.24	168 Кбит/с	15	Для синхронных модемов



RS-232 - является **дуплексным** интерфейсом с последовательной передачей данных в асинхронном и синхронном режимах со скоростью до 115 Кбит/сек и топологией "точка-точка".

Интерфейс RS-232 чаще всего используется для подключения различного типа манипуляторов, для связи двух компьютеров, подключения принтеров и плоттеров, а также электронных ключей (Security Devices), предназначенных для защиты от нелегального использования программного обеспечения. Этот интерфейс позволяет эмулировать специальные терминалы (UT-52, UT-100 и т.д.). Он используется для беспроводных коммуникаций с применением излучателей и приемников инфракрасного диапазона - IR Connection.

COM-порт компьютера x86

Порт COM – точка подключения к компьютеру коммуникационного устройства (модема) или периферийного устройства. Понятие порта относится к архитектуре ПК и операционной системе.

Реализуется порт COM посредством приемопередатчиков UART с регистрами, отображенными на пространство портов в-в, и интерфейса RS-232с, усеченного до одного асинхронного варианта.

Применение иных вариантов асинхронного коммуникационного интерфейса (RS-422A, RS-425A, RS-485) также возможно при наличии преобразователей. **Топология RS-232с – «точка-точка», в других вариантах интерфейса возможен вариант топологии (напр., «шина»).**

Интерфейс RS-232c

Ориентирован на подключение терминального оборудования (ООД - оконечного оборудования данных или АПД - аппаратуры передачи данных) к коммуникационному оборудованию (АКД - аппаратуре каналов данных).

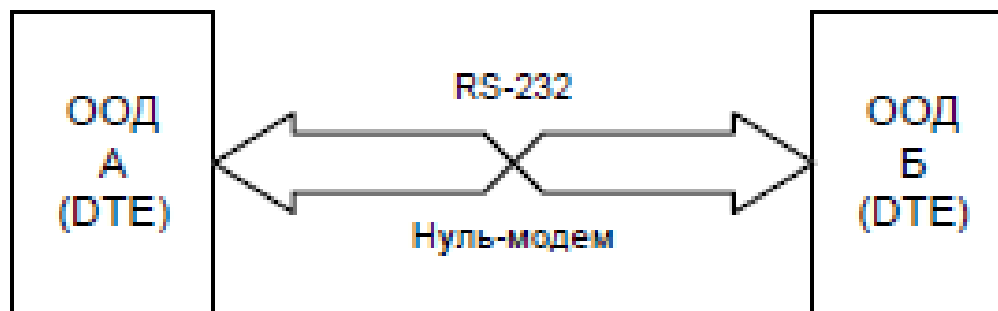
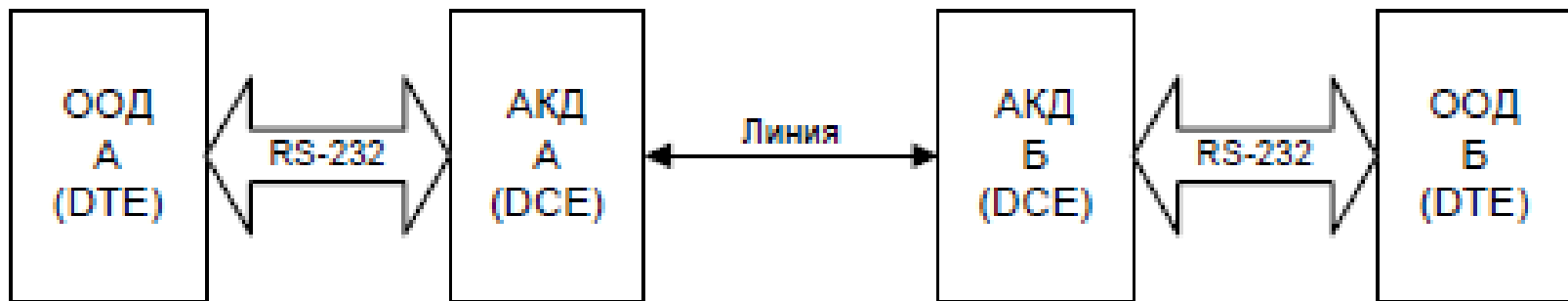
В роли АПД (DTE – Data Terminal Equipment) может выступать компьютер, принтер, плоттер и другое периферийное оборудование.

В роли АКД (DCE – Data Communication Equipment) обычно выступает модем.

Позволяет также обойтись без модемов и соединять АПД друг с другом.

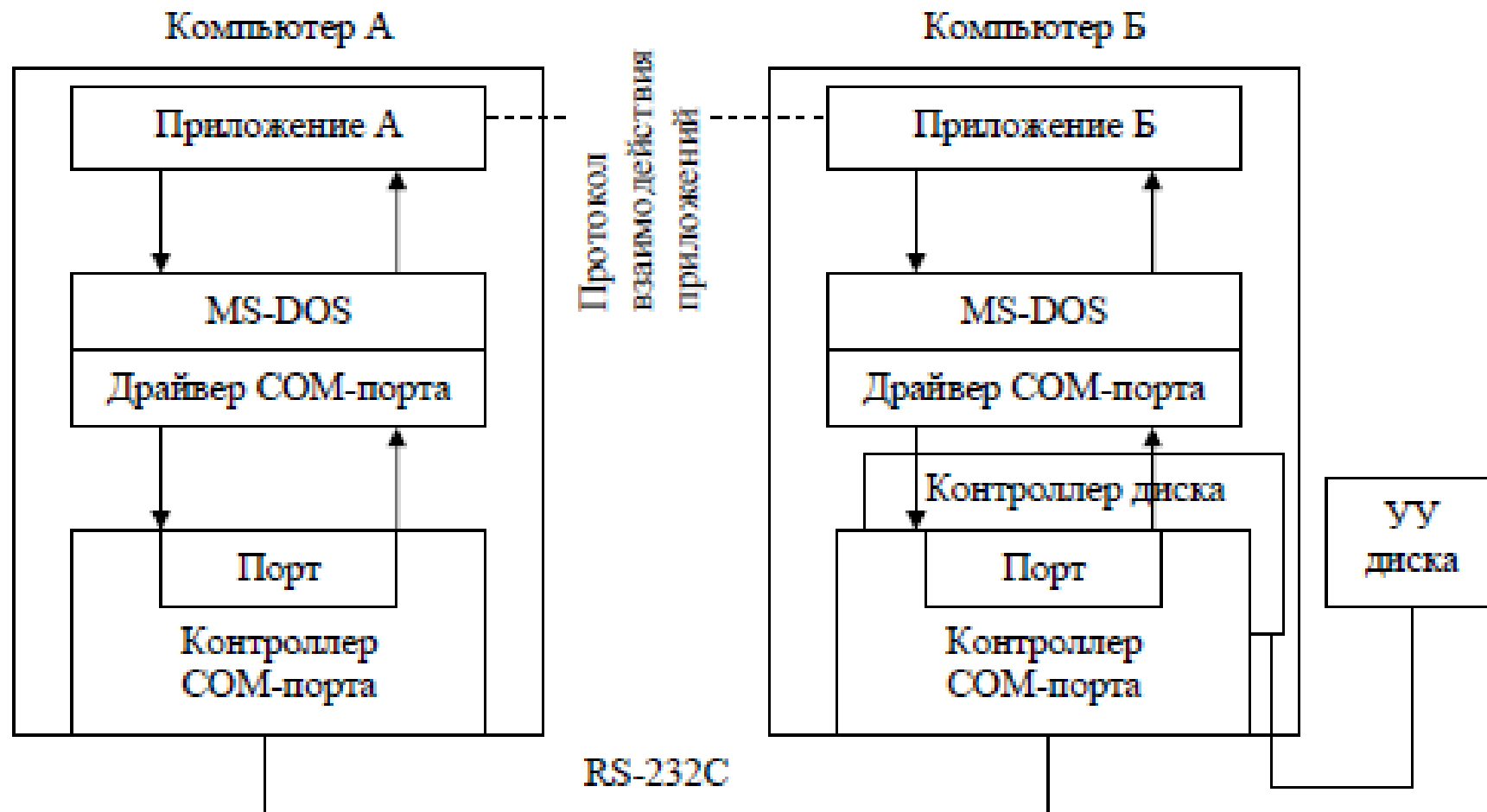
Интерфейс позволяет исключить канал удаленной связи вместе с парой устройств DTE (модемов), соединив устройства непосредственно с помощью нуль-модемного кабеля

Соединение по RS-232C нуль-модемным кабелем



Стандарт описывает асинхронный и синхронный режимы обмена, но COM-порты поддерживают только асинхронный режим. Функционально RS-232C эквивалентен стандарту МККТТ V.24/V.28 и стыку C2, но они имеют различные названия одних и тех же используемых сигналов.

Нуль-модемное соединение



Интерфейс RS-232c

В рамках COM-порта реализован только асимметричный вариант передачи данных, остальные сигналы не используются.

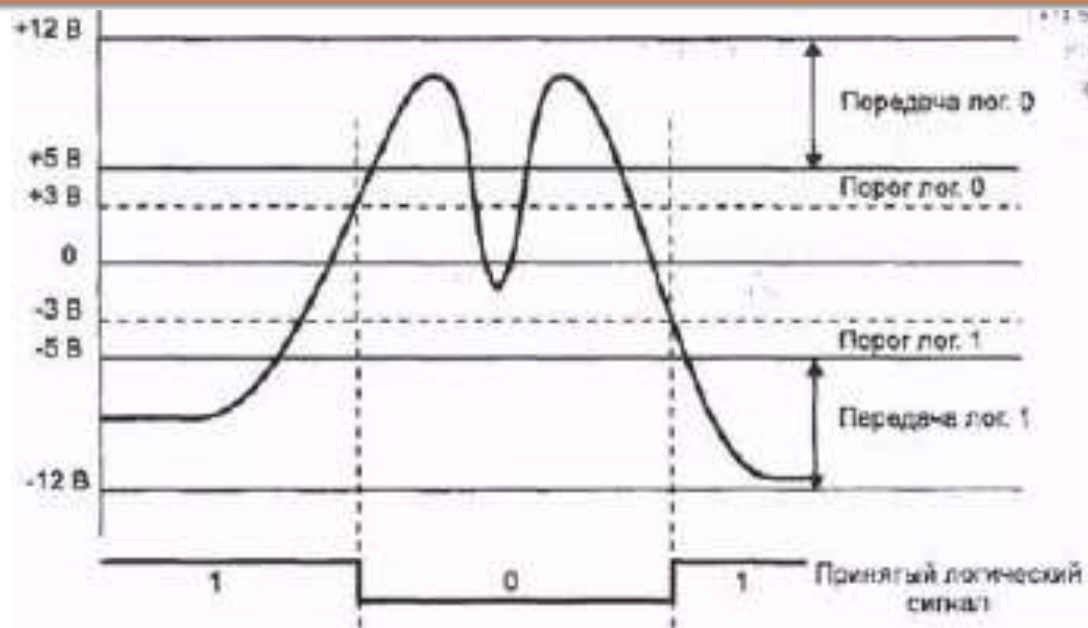
Приемники и передатчики не симметричные, используется общий уровень «земли».

(симметричные дифференциальные сигналы используются в других интерфейсах – например, RS-422)


Высокая помехозащищенность и дальность передачи (до 15 м) обеспечивается за счет биполярных сигналов:

- «1»: уровень от -12 до -3 В. Для линий управляющих сигналов это состояние называется ON (—включено), для линий последовательных данных называется MARK.
- «0»: уровень от +12 до +3 В. Для линий управляющих сигналов это состояние называется OFF (—выключено), для линий последовательных данных называется SPACE.

Между уровнями -3...+3 В имеется зона нечувствительности, обуславливающая гистерезис приемника: состояние линии будет считаться измененным только после пересечения соответствующего порога



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 2В, 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 (не питающихся от интерфейса, таких как, например, мышь) должно производиться при отключении питания. В противном случае разность не выровненных потенциалов устройств в момент коммутации (присоединения или отсоединения разъема) может оказаться приложенной к выходным или входным (что опаснее) цепям интерфейса и вывести из строя микросхемы.

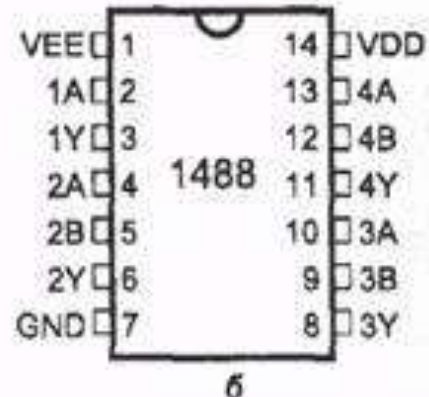
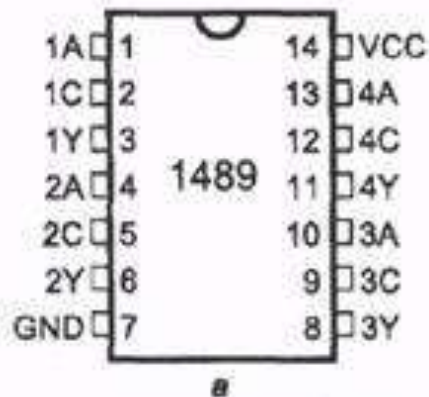
Для интерфейса RS-232C специально выпускаются буферные микросхемы приемников (с гистерезисом) и передатчиков двуполярного сигнала. При несоблюдении правил заземления и коммутации включенных устройств они обычно являются первыми (хорошо, если единственными) жертвами —пиротехнических|| эффектов. Иногда их устанавливают в «кроватках», что сильно облегчает замену.

Преобразователи уровней

В последовательном интерфейсе далеко не всегда используют двуполярные сигналы RS-232C — это неудобно, хотя бы из-за необходимости использования дву-полярного питания приемопередатчиков. Сами микросхемы вышеописанных приемопередатчиков UART работают с сигналами логики ТТЛ или КМОП; такие же сигналы используются, например, и в сервисных портах винчестеров и других устройств. Многие устройства (в том числе карманные ПК и мобильные телефоны) имеют внешний последовательный интерфейс с уровнями низковольтной логики. Конечно, сигналы обычной логики не имеют столь высокой помехоустойчивости, как RS-232C, но не всегда это и требуется.

Для взаимного преобразования уровней интерфейса RS-232C и логики специально выпускаются буферные микросхемы приемников (с гистерезисом) и передатчиков двуполярного сигнала. При несоблюдении правил заземления и коммутации они обычно становятся первыми жертвами «пиротехнических» эффектов. Раньше их нередко устанавливали в «кроватьки», что облегчало их замену. Цоколевка популярных микросхем формирователей сигналов RS-232C приведена далее

Изображение популярных микросхем формирователей сигналов RS-232C



A	B*	Y
0	0	VDD
0	1	VDD
1	0	VDD
1	1	VEE

Формирование сигналов RS-232C: а – приемник 1489 (А – вход RS-232, С – управление гистерезисом (ТТЛ), Y – выход ТТЛ); б – передатчик 1488 (А, В – входы ТТЛ, Y – выход RS-232, VDD=+12 В, VEE=-12 В); в – таблица состояния выходов передатчика (*1 В=лог. 1).

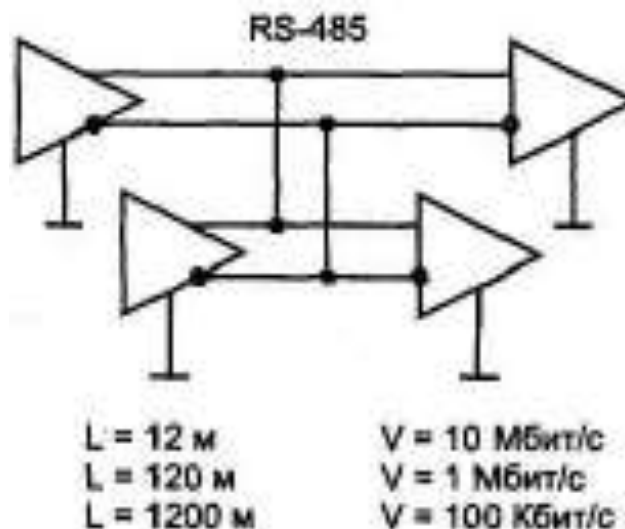
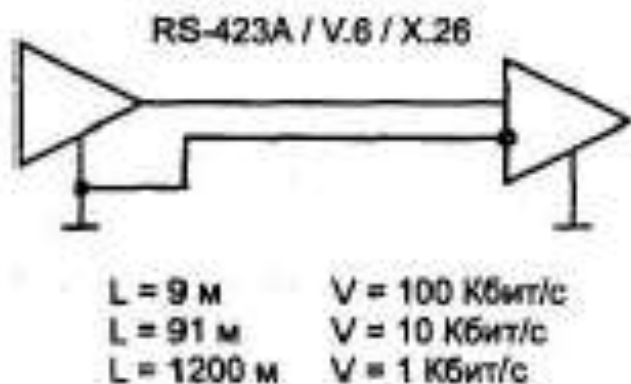
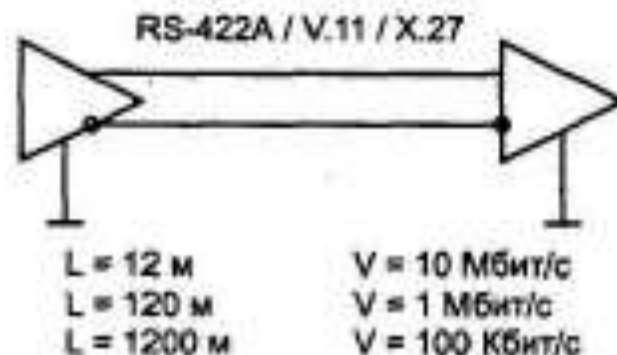
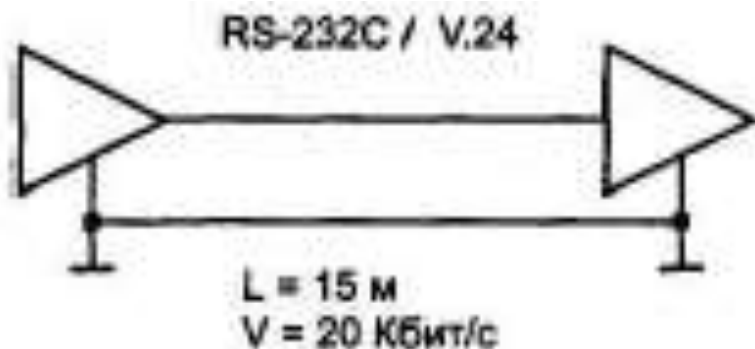
Часто буферные схемы входят прямо в состав интерфейсных БИС. Это удешевляет изделие, экономит место на плате, но в случае аварии обычно оборачивается крупными финансовыми потерями.


Вывести из строя интерфейсные микросхемы замыканием сигнальных цепей маловероятно, поскольку ток короткого замыкания передатчиков обычно ограничен до уровня 20 мА.

Стандарты последовательных интерфейсов

Когда требуется большая помехоустойчивость (дальность и скорость передачи), применяют иные электрические варианты последовательных интерфейсов:

RS-422A (V.11, X.27), RS-423A (V.10, X.26), RS-485.





Несимметричные линии интерфейсов *RS-232C* и *RS-423A* имеют самую низкую защищенность от синфазной помехи, хотя дифференциальный вход приемника *RS-423A* позволяет в какой-то мере исправить ситуацию.

Лучшие параметры имеют интерфейсы *RS-422A* и *RS-485*, работающие на симметричных линиях связи. В них для передачи каждого сигнала используются дифференциальные приемопередатчики с отдельной (витой) парой проводов для каждой сигнальной цепи.

Родственные интерфейсы

Интерфейсы EIA-RS-422 (ITU-T V.11, X.27) и EIA-RS-485 (ISO 8482)

используют симметричную передачу сигнала и допускают как двухточечную, так и шинную топологию соединений. В них информативной является разность потенциалов между проводниками А и В. Если на входе приемника $U_A - U_B > 0,2 \text{ В}$ — состояние «выключено» (space), $U_A - U_B < -0,2 \text{ В}$ — состояние «включено» (mark). Диапазон $|U_A - U_B| < 0,2 \text{ В}$ является зоной нечувствительности (гистерезис), защищающей от воздействия помех. На выходах передатчика сигналы U_A и U_B обычно переключаются между уровнями 0 и +5 В (КМОП) или +1 и +4 В (ТТЛ), дифференциальное выходное напряжение должно лежать в диапазоне 1,5-5 В. Выходное сопротивление передатчиков 100 Ом. Интерфейсы электрически совместимы между собой, хотя и имеют некоторые различия в ограничениях.

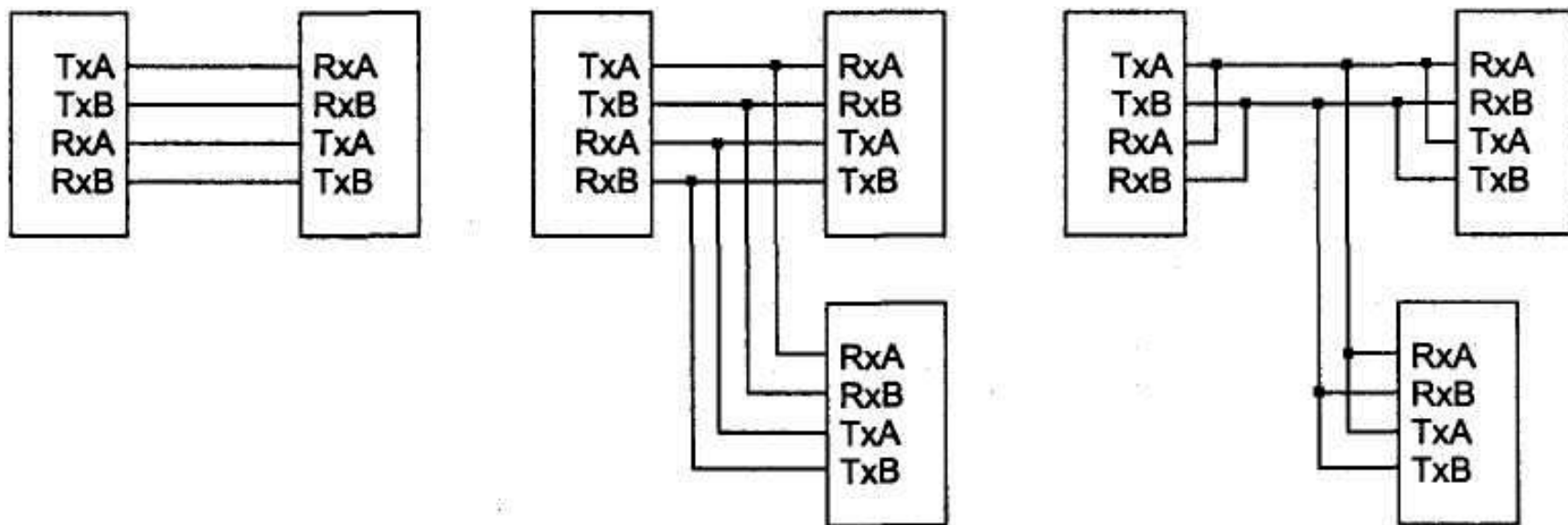
Принципиальное отличие передатчиков RS-485 — возможность переключения в третье состояние. Передатчики RS-422/485 совместимы с приемниками RS-423.

Параметры интерфейсов RS-422 и RS-485

Параметр
Порог срабатывания, $ U_A - U_B $, В
Допустимое напряжение синфазной помехи, В
Допустимое напряжение на входах, В
Входное сопротивление приемника, кОм
Минимальное сопротивление нагрузки передатчика, Ом
Максимальное число узлов
Максимальная длина, м
Терминаторы, $R=100\text{Ом}$
Ток короткого замыкания, мА

RS-422	RS-485
0,2	0,2
-6,8...+6,8	-6,8...+11,8
-7...+7	-7...+12
4	12
100 ₆₀	60
1 передатчик	32 (передатчиков,
+10 приемников	приемников или
	их комбинаций)
1200 (100 кбит/с)	1200 (100 кбит/с)
12(10Мбит/с)	12(10Мбит/с)
На дальнем конце	На обоих концах
от передатчика	
<150 На шину GND	<250 на шину
	с потенциалом
	-7...+12 В или между
	проводами А и В

Топология интерфейсов



RS-422,

RS-485 четырехпроводный,

RS-485 двухпроводный

Четырехпроводная версия выделяет задающий узел (master), передатчик которого работает на приемники всех остальных. Передатчик задающего узла всегда активен — переход в третье состояние ему не нужен. Передатчики остальных ведомых (slave) узлов должны иметь тристабильные выходы, они объединяются на общей шине с приемником ведущего узла. В двухпроводной версии все узлы равноправны.

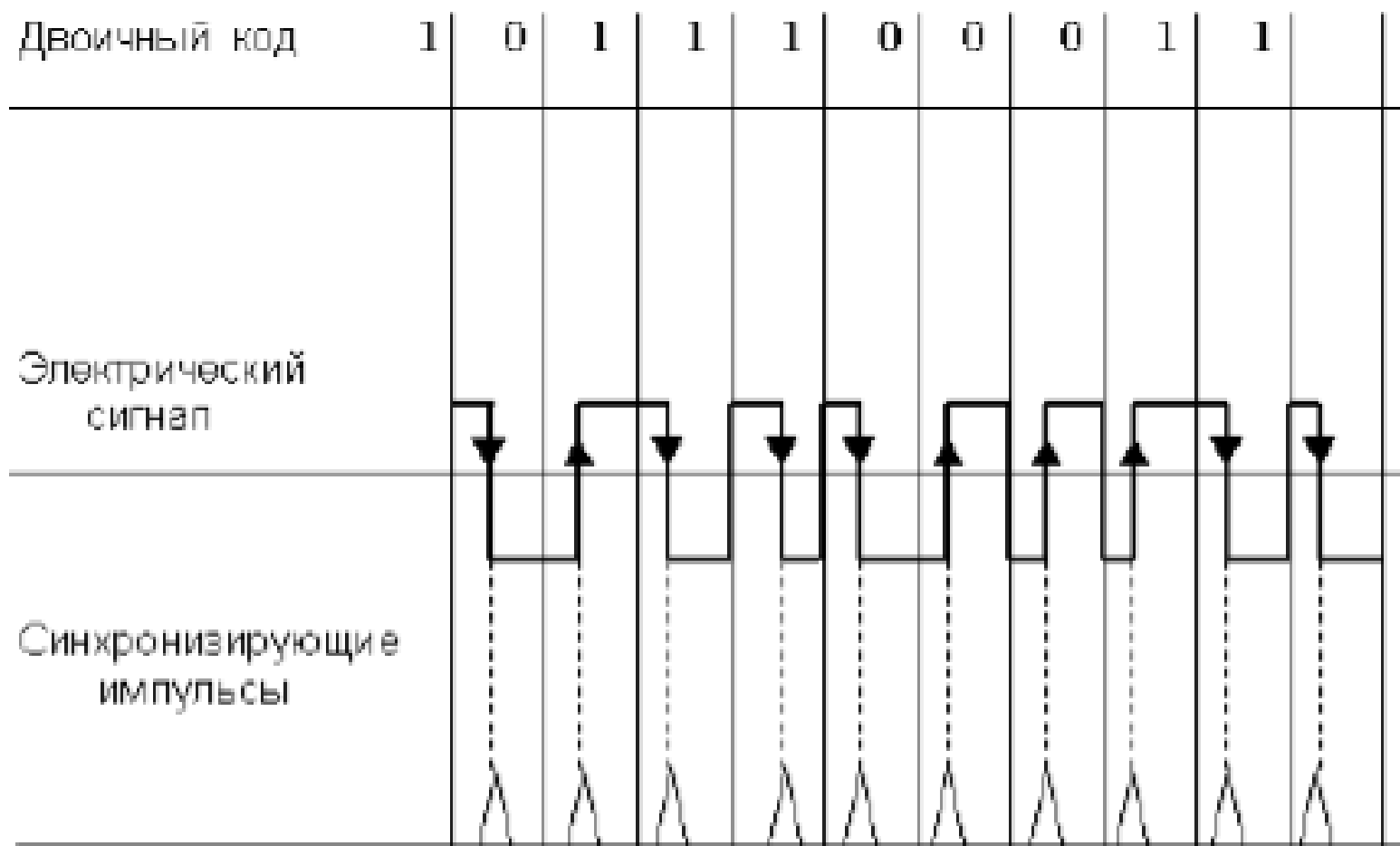
В вырожденном случае — при двухточечном соединении — интерфейсы RS-485 и RS-422 эквивалентны, и третье состояние не используется.

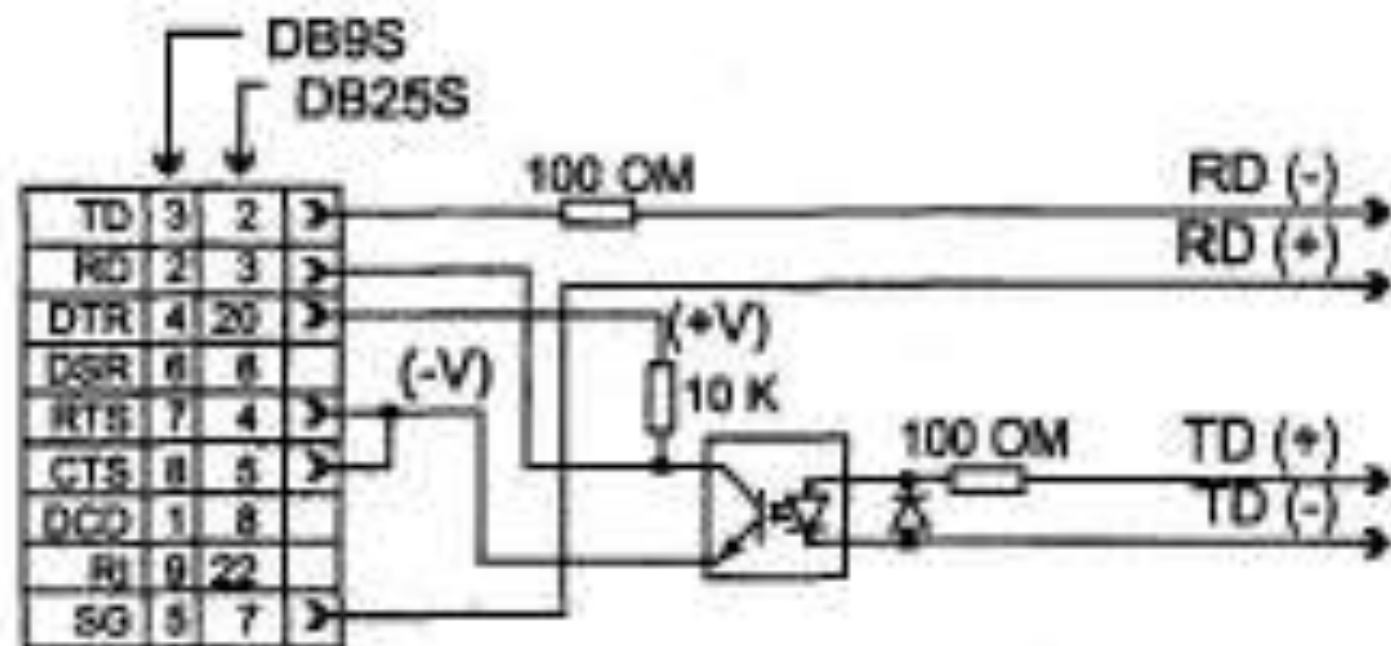
Интерфейс «токовая петля»


Интерфейс «токовая петля» для представления сигнала использует не напряжение, а *ток* в двухпроводной линии, соединяющей приемник и передатчик. Логической единице (состоянию «включено») соответствует протекание тока 20 мА, а логическому нулю — отсутствие тока. Такое представление сигналов для вышеописанного формата асинхронной передачи позволяет обнаружить обрыв линии — приемник заметит отсутствие стоп-бита (обрыв линии действует как постоянный логический нуль).

Токовая петля позволяет использовать выделенные физические линии без модемов, но на малых скоростях. Иногда по токовой петле подключают терминалы с интерфейсом RS-232C, если не хватает штатной длины интерфейса или требуется гальваническая развязка. Преобразовать сигналы RS-232C в токовую петлю несложно — приведена простейшая схема преобразователя применительно к подключению терминала.-

Например, код Манчестер II, где «1» изображается током в одном направлении, а «0» - током в обратном направлении







Пусть пользователь на компьютере А желает прочитать часть файла на диске машины Б. При передаче одного байта от Б к А роль УУ ПУ играют 10 контроллер и драйвер СОМ- порта компьютера Б. Драйвер и контроллер СОМ-порта А совместно с драйвером и контроллер СОМ-портом Б обеспечивают передачу одного байта.

Приложение А:

1. Формирует сообщение-запрос для приложения Б (имя файла, тип операции, смещение и размер области памяти).
2. Передает запрос драйверу СОМ-порта А (сообщает адрес ОП, где находится это сообщение).
3. Передает запрос байт за байтом через драйвер СОМ-порта Б приложению Б.

Приложение Б:

1. С помощью средств локальной ОС считывает часть файла в буфер ОП.
2. С помощью драйвера СОМ-порта передает считанные данные приложению А.

В этом примере передачу и прием всего сообщения осуществляют программы более высокого уровня, а именно приложения А и Б. Существуют специальные программы для передачи файлов через нуль-модемный интерфейс (программа Kermit, функция Link для Norton Commander 3.0).

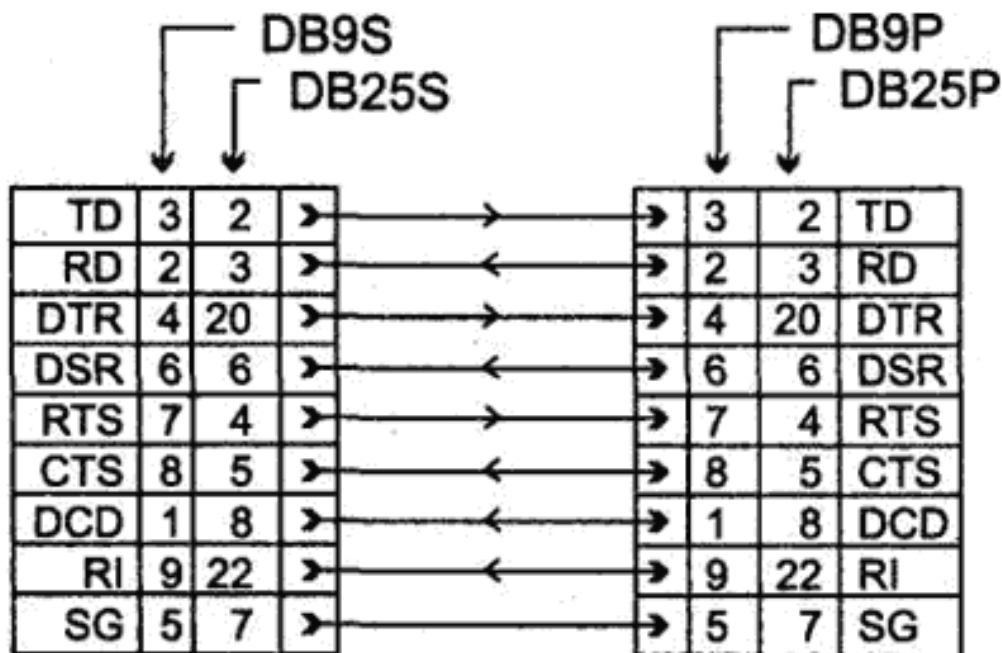
Разъемы RS-232с. «Нуль-модем»

Стандартом предусмотрено два вида разъемов – DB-25 и DB-9, в первом предусмотрены контакты для синхронного режима.

На аппаратуре АПД (в том числе на СОМ-портах) принято устанавливать *вилки* (DB-25P и DB-9P).

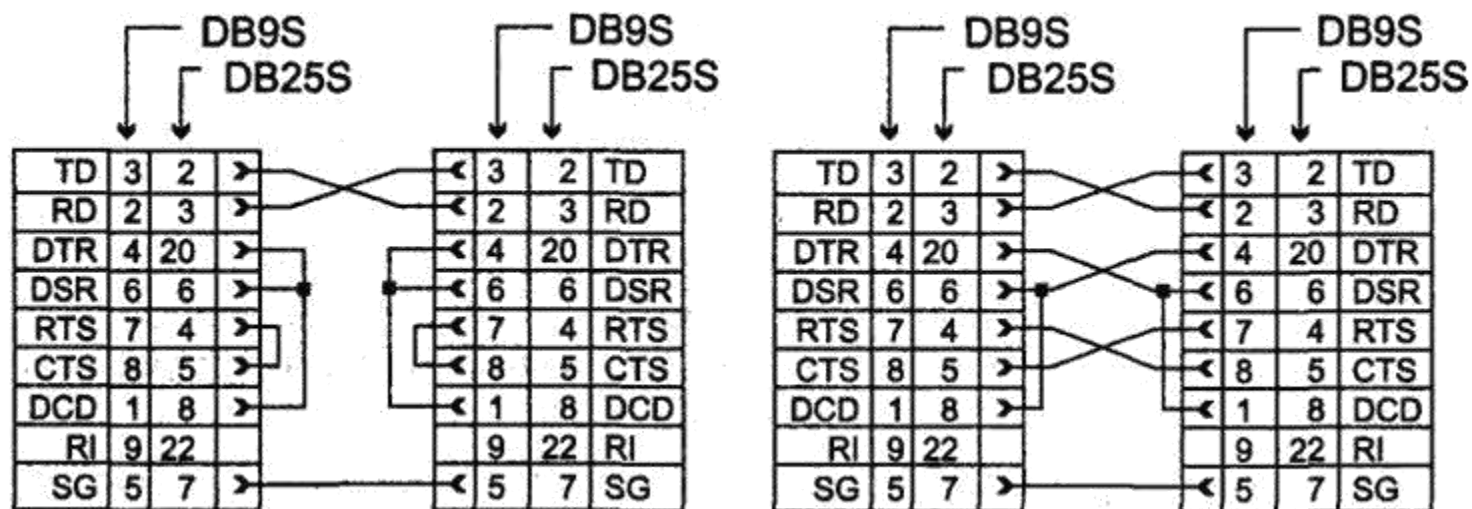
На аппаратуре АКД (модемах) устанавливают *розетки* DB-25S или DB-9S.

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 :



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

Схемы перекрестного соединения приемников и передатчиков:



Сигналы порта COM

PG – protected ground, защитная «земля» (соединяется с корпусом устройства и экраном кабеля)

SG – signal ground, сигнальная (схемная) «земля» (нулевой уровень) , относительно которой действуют уровни сигналов

TD – transmit data, последовательные данные - выход передатчика

RD – receive data, последовательные данные - вход приемника

RTS – request to send, выход запроса передачи данных: наличие данных у терминала либо (в полудуплексном режиме) переключение направления (от модема к терминалу). Состояние «включено» уведомляет модем о наличии у терминала данных для передачи. В полудуплексном режиме используется для управления направлением – состояние «включено» является сигналом модему на переключение в режим передачи

Сигналы порта COM

CTS – clear to send, вход разрешения терминалу на передачу данных.

Состояние —выключено|| аппаратно запрещает передачу данных. Сигнал используется для аппаратного управления потоками данных).

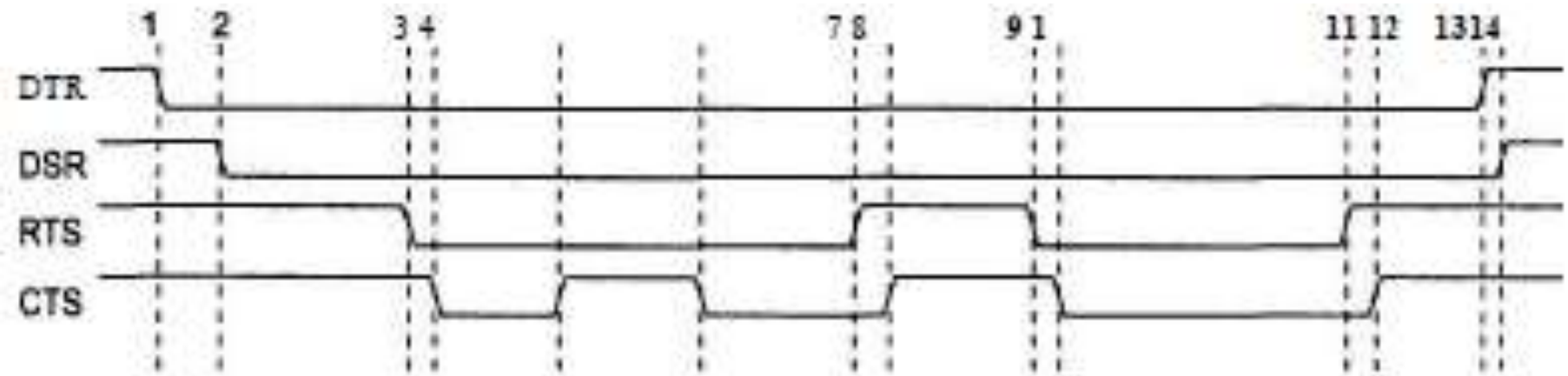
DSR – data set ready, модем готов к работе и поддерживает связь с линией.

DTR – data terminal ready, терминал включен и готов к обмену. Выход сигнала готовности терминала к обмену данными. Состояние «включено» поддерживает коммутируемый канал в состоянии соединения.


DCD – data carrier detected, Вход сигнала обнаружения несущей удаленного модема.

RI – ring indicator, обнаружение звонка. Вход индикатора вызова (звонка). В коммутируемом канале этим сигналом модем сигнализирует о принятии вызова


Последовательность управляющих сигналов



1. Установкой DTR компьютер указывает на желание использовать модем.
2. Установкой DSR модем сигнализирует о своей готовности и установлении соединения.
3. Сигналом RTS компьютер запрашивает разрешение на передачу и заявляет о своей готовности принимать данные от модема.
4. Сигналом CTS модем уведомляет о своей готовности к приему данных от компьютера и передаче их в линию.
5. Снятием CTS модем сигнализирует о невозможности дальнейшего приема (например, буфер заполнен) — компьютер должен приостановить передачу данных.
6. Сигналом CTS модем разрешает компьютеру продолжить передачу (в буфере появилось место).

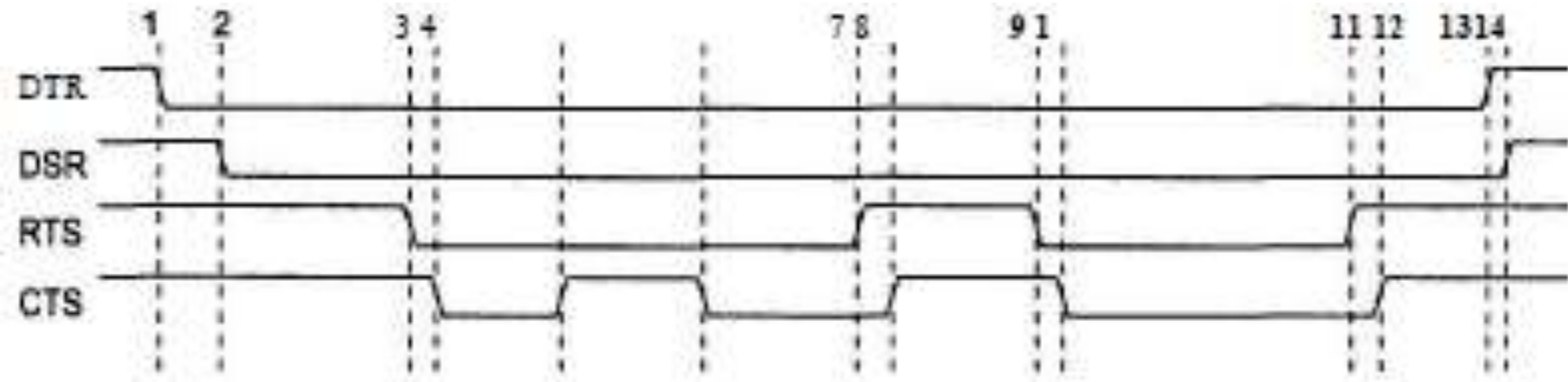


Из рассмотрения этой последовательности становятся понятными соединения DTR-DSR и RTS-CTS в нуль-модемных кабелях.



Аппаратный протокол управления потоком RTS/CTS (HardWare Flow Control) использует сигнал CTS, который позволяет остановить передачу данных, если приемник не готов к их приему. Передатчик —выпускает очередной байт только при включенном состоянии линии CTS. Байт, который уже начал передаваться, задержать сигналом CTS невозможно (это гарантирует целостность посылки). Аппаратный протокол обеспечивает самую быструю реакцию передатчика на состояние приемника. Обычно микросхемы асинхронных приемопередатчиков имеют не менее двух регистров в приемной части – сдвигающий для приема очередной посылки и хранящий, из которого принятый байт считывается. Это позволяет реализовать обмен с аппаратным протоколом без потери данных, не прибегая к программной буферизации.

Последовательность управляющих сигналов



7. Снятие RTS может означать как заполнение буфера компьютера (модем должен приостановить передачу данных в компьютер), так и отсутствие данных для передачи в модем. Обычно в этом случае модем прекращает пересылку данных в компьютер.

8. Модем подтверждает снятие RTS сбросом CTS.

9. Компьютер повторно устанавливает RTS для возобновления передачи.

10. Модем подтверждает готовность к этим действиям.

11. Компьютер указывает на завершение обмена.

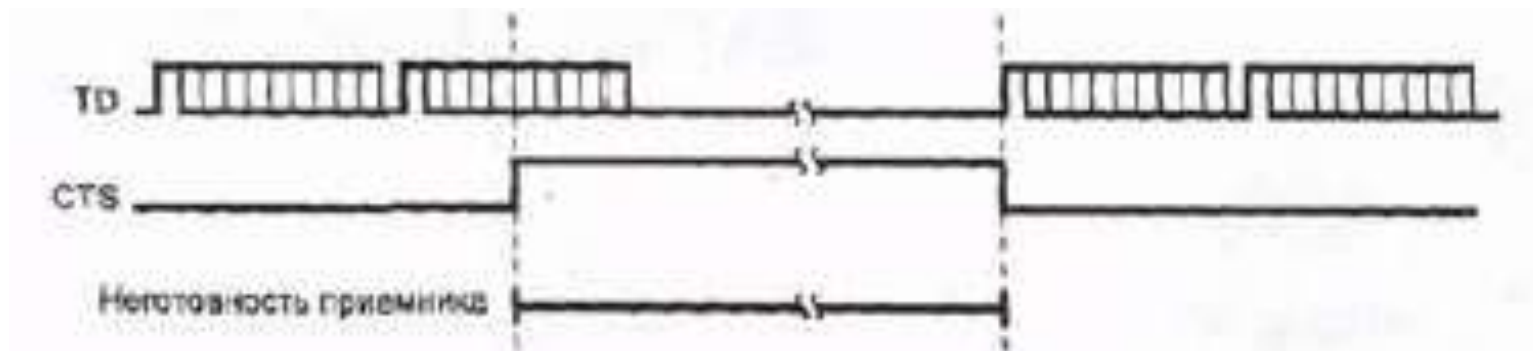
12. Модем отвечает подтверждением.


13. Компьютер снимает DTR, что обычно является сигналом на разрыв соединения («повесить трубку»).

14. Модем сбросом DSR сигнализирует о разрыве соединения.

Аппаратное управление потоком


Аппаратный протокол управления потоком RTS/CTS (Hardware Flow Control) использует сигнал CTS, который позволяет остановить передачу данных, если приемник не готов к их приему. Передатчик выпускает очередной байт только при включенном состоянии линии CTS. Байт, который уже начал передаваться, задержать сигналом CTS невозможно (это гарантирует целостность посылки).





Аппаратный протокол обеспечивает самую быструю реакцию передатчика на состояние приемника. Обычно микросхемы асинхронных приемопередатчиков имеют не менее двух регистров в приемной части – сдвигающий для приема очередной посылки и хранящий, из которого принятый байт считывается. Это позволяет реализовать обмен с аппаратным протоколом без потери данных, не прибегая к программной буферизации.

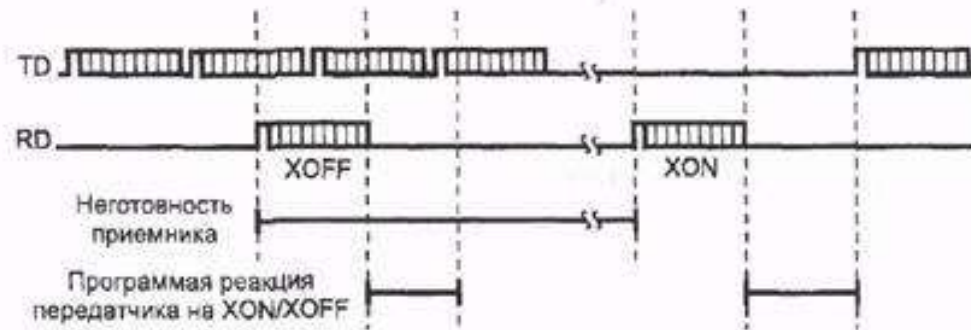
Аппаратный протокол удобно использовать при подключении принтеров и плоттеров, если они поддерживают этот режим. При непосредственном (без модемов) соединении двух компьютеров аппаратный протокол требует перекрестного соединения линий RTS – CTS.



Программный протокол управления потоком XON/XOFF предполагает наличие двунаправленного канала передачи данных. Работает он следующим образом:

Если устройство, принимающее данные, обнаруживает причины, по которым оно не может их дальше принимать, оно по обратному последовательному каналу посылает байт-символ XOFF (13h). Противоположное устройство, приняв этот символ, приостанавливает передачу. Далее, когда принимающее устройство снова становится готовым к приему данных, оно посылает символ XON (11h), приняв который противоположное устройство возобновляет передачу. Время реакции передатчика на изменение состояния приемника по сравнению с аппаратным протоколом увеличивается по крайней мере на время передачи символа (XON или XOFF) плюс время реакции программы передатчика на прием символа (см *рисунок на след. слайде*). Из этого следует, что данные без потерь могут приниматься только приемником, имеющим дополнительный буфер принимаемых данных и сигнализирующим о неготовности заблаговременно (имея в буфере свободное место).

Программное управление потоком XON/XOFF



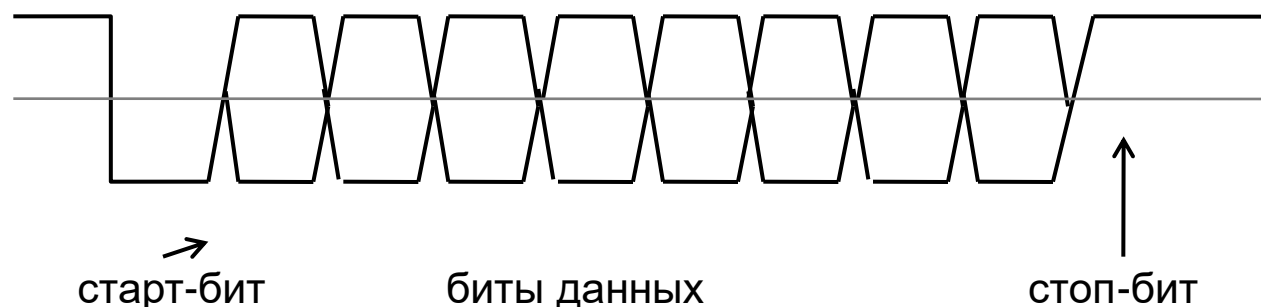
Преимущество программного протокола при непосредственном соединении устройств заключается в отсутствии необходимости передачи управляющих сигналов интерфейса – минимальный кабель для двустороннего обмена может иметь только 3 провода. Недостатком, кроме требования наличия буфера и большего времени реакции (снижающего и общую производительность канала из-за ожидания прохождения сигнала XON), является сложность реализации полнодуплексного режима обмена. В этом случае из потока принимаемых данных должны выделяться (и обрабатываться) символы управления потоком, что ограничивает набор передаваемых символов

Асинхронный режим обмена

Интерфейс RS-232c в асинхронном режиме использует только две линии для обмена данными. Формат посылки – один символ (часто – байт), который обрамляется старт-битом («0») и стоп-битом («1»). Обрыв линии регистрируется как старт-бит без стоп-бита, что приводит к ошибке. Между стоп-битом и старт-битом следующей посылки возможна произвольная пауза.

Частота обеих сторон должна быть заранее согласована, поскольку по старт-биту приемник должен запустить генератор стробирования. Допустимые частоты стробирования – от 50 до 115200 Гц.

Формат посылки:



Количество бит данных – от 5 до 8, количество стоп-бит – 1, 1.5 или 2

Управление потоком

Аппаратное управление – сигналами RTS/CTS, которые показывают, готовы ли приемник (CTS) и есть ли данные на передачу (RTS). Стандартный UART не обрабатывает CTS аппаратно.

При соединении без модемов можно соединить RTS и CTS вместе на каждой стороне, так как нет необходимости проверять состояние канала связи со внешним миром.

Программное управление возможно при двунаправленном канале: символ XOFF (13h) сообщает о невозможности приема, символ XON (11h) – о возможности возобновления работы. При таком механизме приемник должен сообщать о заполнении буфера заблаговременно. Кроме того, передача данных в обоих направлениях сразу невозможна без дополнительного кодирования, исключающего появление в потоке символов XOFF и XON.

Работа с портом COM

Прерывание Int 14h обслуживается BIOS. Сервис BIOS Int 14h обеспечивает инициализацию порта, ввод и вывод символа (не используя прерываний) и опрос состояния. Через Int 14h скорость передачи программируется в диапазоне 110-9600 бит/с (меньше, чем реальные возможности порта).


Возможно использование протокола RTS/CTS с программной обработкой CTS и без прерываний.

При работе напрямую можно проверять состояние всех линий, выставять скорость до 115.2 Кбит/с, проверять прерывания, управлять буферами FIFO и т.п.

COM-порты реализуются на микросхемах универсальных асинхронных приемопередатчиков. (*UART*), совместимых с семейством *i8250/16450/16550*.

Регистры UART отображены на пространство портов, имеется по 8 регистров разрядностью 8 бит у каждого из 4 стандартных портов:

- COM1: 0x3F8
- COM2: 0x2F8
- COM3: 0x3E8
- COM4: 0x2E8



Порты могут вырабатывать *аппаратные прерывания* IRQ4 (обычно используются для COM1 и COM3) и IRQ3 (для COM2 и COM4).

Для повышения производительности широко используется взаимодействие программ с портом на уровне регистров, для чего требуется совместимость аппаратных средств COM-порта с программной моделью 18250/16450/16550.

Микросхемы асинхронных приемопередатчиков

Преобразование параллельного кода в последовательный для передачи и обратное преобразование при приеме данных выполняют специализированные микросхемы UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) универсальный асинхронный приемопередатчик (УАПП). Эти же микросхемы формируют и обрабатывают управляющие сигналы интерфейса (управление и состояние модема). COM-порты IBM PC XT/AT базируются на микросхемах, совместимых на уровне регистров с UART 18250 – 8250/16450/16550A. Это семейство представляет собой усовершенствования начальной модели, направленные на повышение быстродействия, снижение потребляемой мощности и загрузки процессора при интенсивном обмене.

Использование СОМ-портов

СОМ-порт широко применяется для подключения различных периферийных и коммуникационных устройств, связи с различным технологическим оборудованием, объектами управления и наблюдения, программаторами, внутрисхемными эмуляторами и прочими устройствами, используя протокол RS-232C.

манипуляторов (мышь, трекбол).

внешних модемов

двух компьютеров

электронных ключей

Современные ПУ, подключаемые к СОМ-порту, могут поддерживать спецификацию PnP. Основная задача ОС заключается в идентификации подключенного устройства, для чего разработан несложный протокол, реализуемый на любых СОМ-портах чисто программным способом.