



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Учебное пособие

Методические указания
по выполнению реферата
по единому комплексному заданию по блоку дисциплины

«Системотехника ЭВС, комплексы и сети»

МГТУ имени Н.Э. Баумана

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н.Э. БАУМАНА

Методические указания
по выполнению реферата
по единому комплексному заданию по блоку дисциплины

«Системотехника ЭВС, комплексы и сети»

Москва
МГТУ имени Н.Э. Баумана

2012

УДК 681.3.06(075.8)
ББК 32.973-018
И201

Методические указания по выполнению реферата по единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Системотехника ЭВС, комплексы и сети» / Коллектив авторов – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. – 27 с.: ил.

В методических указаниях рассмотрены основные этапы, их последовательность и содержание по выполнению реферата по единому комплексному заданию по блоку дисциплины «Системотехника ЭВС, комплексы и сети».

Ил. 39. Табл. 5. Библиогр. 7 назв.

УДК 681.3.06(075.8)

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

BIOS	– basic input/output system – базовая система ввода-вывода
COM	– communications port – Последовательный порт
DCE	– Data Circuit-terminating Equipment – Оконечное оборудование линии связи
DTE	– Data Terminal Equipment – Оконечное оборудование данных
EIA	– Electronics Industries Alliance – Альянс отраслей электронной промышленности
PC	– Персональный компьютер
TIA	– Telecommunications Industry Association – Ассоциация телекоммуникационной промышленности
UART	– Universal Asynchronous Receiver-Transmitter – Универсальный асинхронный приёмопередатчик
USB	– Universal Serial Bus – универсальная последовательная шина
ОС	– Операционная система

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОПИСАНИЕ СТАНДАРТА RS-232.....	7
1.1 Область применения RS-232.....	7
1.2 Характеристики сигналов RS-232.....	7
1.3 Механические характеристики интерфейса. Разъем для интерфейса стандарта RS-232.....	10
2 ОПИСАНИЕ СОМ ПОРТОВ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА IBM.....	15
2.1 Основные свойства СОМ-портов.....	15
2.2 Технические характеристики СОМ портов.....	16
2.3 Назначение сигналов СОМ порта по стандарту RS-232.....	17
2.4 Уровни сигналов UART.....	18
2.5 Передача данных через UART.....	18
2.6 Соединительные кабели.....	19
2.7 Организация обмена данными при аппаратном режиме синхронизации.....	20
2.8 Организация обмена данными при программном режиме синхронизации.....	21
2.9 Описание контрольных битов (P i y Con ol Bi).....	21
2.10 Аппаратная реализация СОМ портов.....	23
3 ИНТЕРФЕЙСЫ RS-232, RS-422, RS-485.....	25
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	27

1. ВВЕДЕНИЕ

RS-232 (Recommended Standard 232) - стандарт описывающий интерфейс для последовательной двунаправленной передачи данных между терминалом (DTE, Data Terminal Equipment) и конечным устройством (DCE, Data Circuit-Terminating Equipment).

Это легендарный стандарт, который появился в 60-х годах 20 века, и стал основой для всех последующих интерфейсов последовательного обмена данными.

Интерфейс RS-232C был применен в первых персональных компьютерах фирмы IBM и до сегодняшнего дня входит в структуру любого персонального компьютера в аппаратном или программном виде.

Решения, которые заложены в этот стандарт, используются практически повсеместно.

Невозможно считать себя промышленным программистом не зная этого стандарта.

Интерфейс RS-232 полностью аппаратно реализован на персональных компьютерах в виде микросхем и разъемов. В PC его называют COM-портом (Communication port).

Аппаратная реализация означает то, что он работает всегда, не зависимо, какая операционная система установлена на PC (он работает и без ОС). Программы могут взаимодействовать с COM-портами всеми доступными средствами: прямым кодом микропроцессора, аппаратными прерываниями, функциями BIOS, средствами ОС, компонентами языков высокого уровня. COM порт реализованный по стандарту RS-232-универсален. Он обеспечивал работу PC с периферийными устройствами (чем сейчас занят USB), взаимодействие с локальной сетью через модем (Ethernet), обмен данными между PC и промышленным оборудованием (ModBus и др.), чтобы разбираться как работают эти протоколы необходимо понимать какую функцию COM-порта они взяли на себя.

2. ОПИСАНИЕ СТАНДАРТА RS-232

Обозначение стандарта:

RS-232(Recommended Standard 232). *Рекомендованный стандарт 232.*

Название:

Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit-Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange – *Интерфейс между терминалом данных и передающим оборудованием линии связи, применяющий последовательный обмен двоичными данными.*

Разработчики:

Electronics Industries Association (EIA) до 1997 года. *Ассоциация промышленной электроники.*

Electronics Industries Alliance (EIA) после 1997 года. *Альянс отраслей промышленной электроники.*

Telecommunications Industry Association (TIA) совместно EIA с 1988 года. *Ассоциация телекоммуникационной промышленности.*

Выпуски стандарта:

RS-232A (Recommended Standard 232 Edition: A) год выпуска 1962.

RS-232B (Recommended Standard 232 Edition: B) год выпуска 1965.

RS-232C (Recommended Standard 232 Edition: C) год выпуска 1969.

EIA 232-D (RS-232D - не официально) год выпуска 1986.

TIA/EIA 232-E (RS-232E - не официально) год выпуска 1991.

TIA/EIA 232-F (RS-232F - не официально) год выпуска 1997.

2.1 Область применения RS-232

Стандарт RS-232 определяет взаимосвязи терминального оборудования ввода данных (DTE) и оконечного оборудования линии связи (DCE), использующих последовательный обмен двоичных данных. Включает тринадцать определенных конфигураций интерфейса, обозначенных латинскими буквами А-М. И одной пользовательской конфигурацией, обозначаемой Z. Конфигурация интерфейса должна указываться производителем коммуникационного оборудования. Конфигурация интерфейса определяет состав сигналов, синхронность, порядок выставления сигналов, скорость и др.

Стандарт RS-232 предназначен для использования на скоростях не превышающих 20 000 бит/сек. Стандарт RS-232 применяется в системах с общими электрическими проводами и не может применяться в системах где требуется гальваническая развязка цепей. Стандарт RS-232 может применяться в синхронных и асинхронных системах последовательной передачи двоичных данных.

2.2 Характеристики сигналов RS-232

На рис.2.2.1 показана эквивалентная электрическая схема при обмене последовательными данными по стандарту RS-232C. Эта эквивалентная схема независима от того, где расположен генератор в DTE или DCE.

Характеристики сигнала обмена данными по стандарту RS-232C включены в международный стандарт ITU-T v.28.

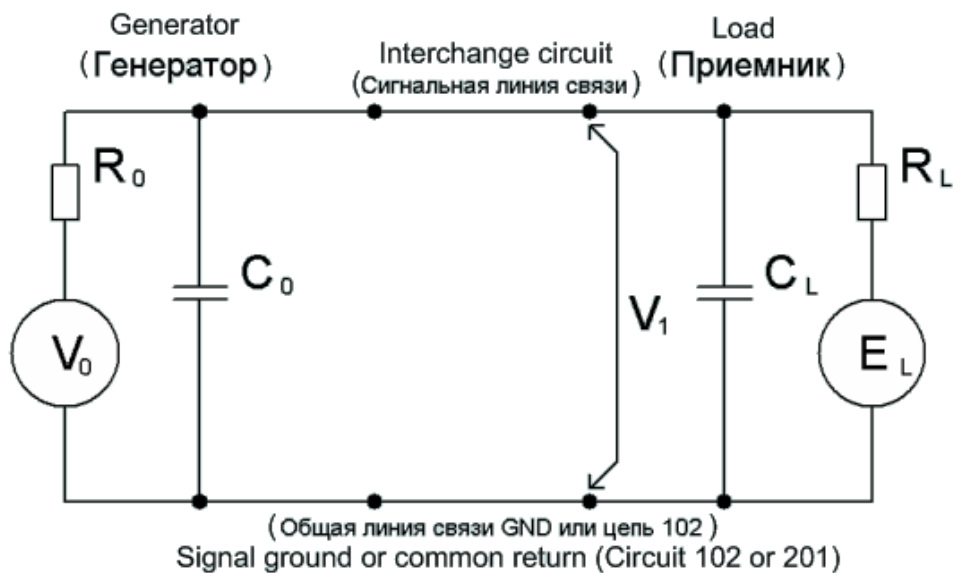


Рисунок 2.2.1 – Эквивалентная электрическая схема RS-232C

- V_0 - напряжение генератора при разомкнутой схеме
- R_0 - общее сопротивление генератора
- C_0 - общая емкость генератора
- V_1 - напряжение между сигнальной линией и общим проводом в месте стыка.
- C_L - общая емкость приемника
- R_L - общее сопротивление приемника
- E_L - ЭДС приемника при разомкнутой схеме

Стыком интерфейса RS-232C считается линия соединения DTE плюс кабель с DCE. То есть, соединительный кабель интерфейса входит в состав DTE (рисунок 2.2.2).

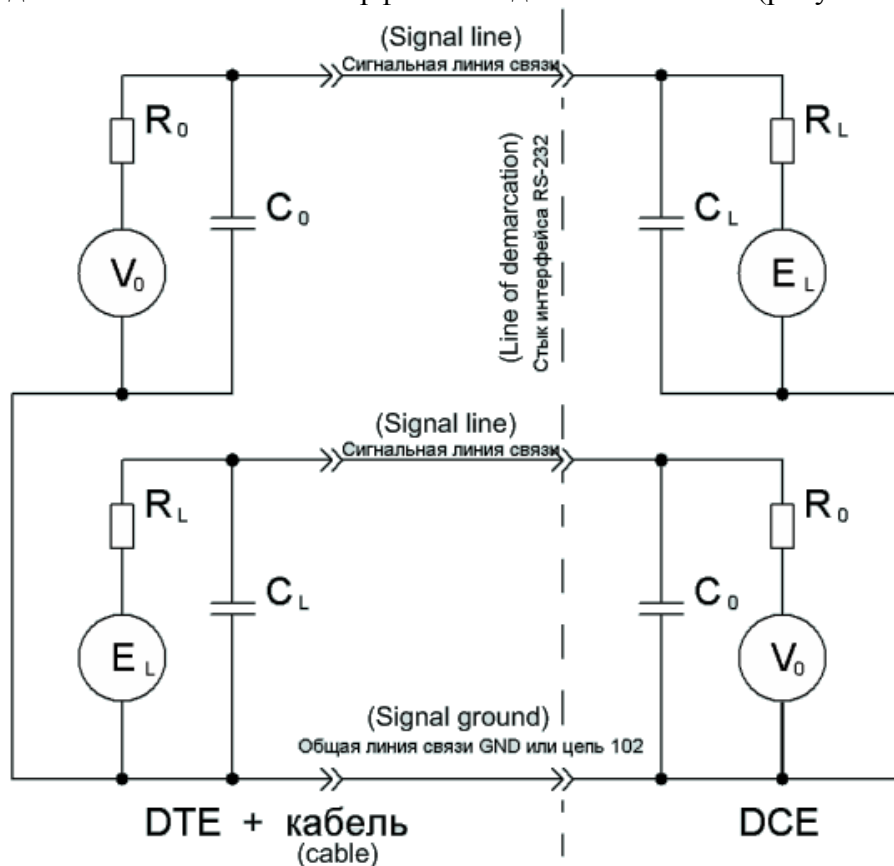


Рисунок 2.2.2 – Практическая схема стыка интерфейса RS-232C

Электрические характеристики приемника сигналов:

- R_L - общее сопротивление приемника должно находиться в пределах 3000...7000 Ом.
- V_1 - напряжение на входе приемника должно быть в пределах $\pm 3... \pm 15$ В.
- E_L - ЭДС приемника при разомкнутой схеме должно быть не более ± 2 В.
- C_L - общая емкость цепей приемника должна быть не более 2500 пФ.
- Входной импеданс приемника не должен быть индуктивным.

Электрические характеристики генератора сигналов:

- Допускается короткое замыкание сигналов.
- Допускается оставлять выход генератора без нагрузки.
- V_0 - напряжение генератора при разомкнутой схеме должно быть не более ± 25 В/ ± 15 В (RS-232/ITU-T v.28)
- R_0 и C_0 для генератора не нормируются.
- Короткое замыкание цепей генератора не должно вызывать токи величиной более 0,5 А.
- Если $E_L=0$, то напряжение на входе приемника должно быть $V_1=\pm 5... \pm 15$ В, для любого диапазона нагрузки генератора $R_L=3000...7000$ Ом.
- Генератор должен быть способен работать на емкостную нагрузку C_0 плюс 2500 пФ.

Уровни сигналов для стандарта RS-232C:

- Логической "1" считается информационный сигнал с напряжением V_1 менее -3 В.
- Логическим "0" считается информационный сигнал с напряжением V_1 более +3 В.
- Сервисный или синхронизирующий сигнал считается включенным "ON"("MARK") если V_1 более +3 В.
- Сервисный или синхронизирующий сигнал считается выключенным "OFF"("SPACE") если V_1 менее -3 В.
- Напряжение в диапазоне $V_1=-3$ В...+3 В считается переходной областью.

Характеристики сигналов:

- Все сигналы вошедшие в область перехода $V_1=-3$ В...+3 В должны выйти в противоположный сигнал без повторного захода в эту область (т.е. монотонно).
- Не допускается колебания сигнала в области перехода.
- Сервисные и синхронизирующие сигналы должны проходить область перехода за время не более 1 мс.
- Сигналы данных должны проходить область перехода за время не более 3% от времени одиночного элемента, но не более чем за 1 мс.
- Скорость нарастания фронта сигнала не должна превышать величины 30 В за миллисекунду.
- Ограничения первых двух пунктов не относятся к электромеханическим устройствам размыкания и замыкания цепи.

2.3 Механические характеристики интерфейса. Разъем для интерфейса стандарта RS-232

В качестве разъема для интерфейса RS-232C выбран миниатюрный разъем D-типа (D-subminiature) (Рис.2.3.1):

- Для терминалов (DTE) - DB25p
- Для оконечных устройств (DCE) -DB25s

При использовании стандарта TIA/EIA 574 можно применять 9-ти штырьковые разъемы:

- Для терминалов (DTE) - DE9p
- Для оконечных устройств (DCE) -DE9s

Обозначение разъемов D-subminiature:

- Буква- тип разъема. D-тип
- Буква- типоразмер обоймы. А,В,С,D,Е
- Число- количество контактов в обойме
- Буква- тип контакта. P=plug(штырь), S=socket(гнездо).

Сейчас эти разъемы выпускаются многими фирмами по всему миру и указанную маркировку не соблюдают.

Часто вместо DB25p (plug-"штырь") указывают DB25m (male-"папа"), DB25s(socket-"гнездо")- DB25f(femini-"мама").

Также, вместо DE9p (COM-порт) могут указать: DB9p, DB9m.(хотя обоймы "В" и "Е" различны по размеру).

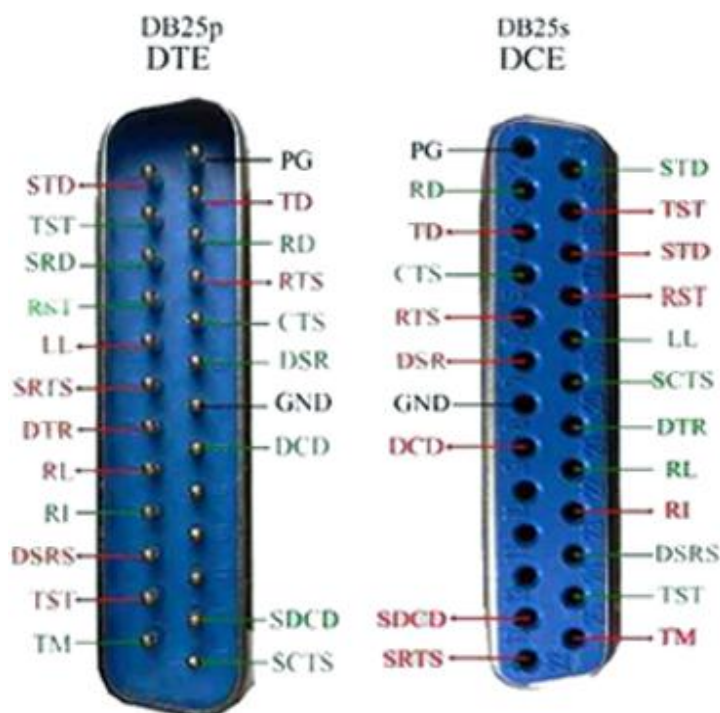


Рисунок 2.3.1 – Цоколевка разъема DB25 по стандарту RS-232C

Можно напрямую соединить разъемы приборов DTE и DCE (рис.2.3.2), так как их сигналы подобраны нужным образом. То есть, выходные сигналы DTE попадают на входные сигналы DCE, и наоборот выходные сигналы DCE попадают на входные сигналы DTE. Поэтому для соединения устройства DTE с устройствами DCE используют прямой

(модемный) кабель. Для соединения устройств DTE между собой или устройств DCE между собой, используют перекрестный (кроссовер) кабель.

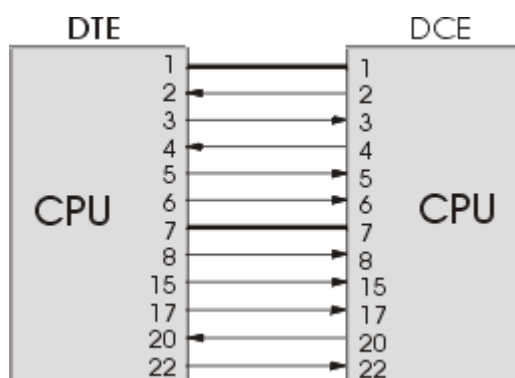


Рисунок 2.3.2 – Соединение разъемов приборов DTE и DCE

Назначение контактов соединителя интерфейса RS-232C

В интерфейсе RS-232 используются:

- 16 сервисных сигналов.
- 4 информационных сигнала.
- 2 общих сигнала.

Использование сигналов не обязательно и зависит от приложения, где их используют. Например, минимальный набор сигналов TD и GND, позволяет передавать данные от DTE к DCE по стандарту RS-232c по двум проводам.

Международный стандарт ITU-T v.24 включает в себя описание 37 сигналов, которые используются для передачи двоичных данных между терминалом (DTE) и оконечным устройством связи (DCE).

Все сигналы RS-232C включены в состав сигналов стандарта ITU-T v.24 под другими названиями.

Соответствие сигналов стандарта RS-232C сигналам стандарта ITU-T v.24, а также их популярное название показаны в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1 – Назначение контактов соединителя интерфейса RS-232 для DTE

№	Обозначение ITU-T v.24	Обозначение RS232	Сигнал	Направление	Описание
1	-	-	PG	Общий	(Protective Ground) Защитное заземление
2	103	BA	TD	OUT	(Transmitted Data) Передача данных По этой цепи в DCE передаются сигналы, вырабатываемые DTE: а) для передачи данных одной или нескольким удаленным станциям; б) поступающие в DCE с целью проверки со стороны DTE; в) для программирования или управления DCE в процессе последовательного автоматического вызова
3	104	BB	RD	IN	(Received Data) Прием данных По этой цепи в DTE передаются сигналы, формируемые DCE в соответствии: а) с принимаемыми данными, полученными от удаленной станции; б) с проверочными сигналами DTE, а также ответы на сигналы (или «эхо» сигналов) программирования или управления, поступающие от DTE в процессе последовательного

					автоматического вызова.
4	105 133	CA/CJ	RTS	OUT	<p>(Request To Send) Запрос на передачу Сигналы, передаваемые по этой цепи, управляют в DCE функцией передачи по каналу данных. При состоянии RTS=True DCE переводится в режим передачи по каналу данных. При состоянии RTS=False DCE переводится в режим отсутствия передачи по каналу данных после того, как закончится передача всех данных, ранее переданных по цепи TD(2)</p>
5	106	CB	CTS	IN	<p>(Clear To Send) Очищен для передачи Сигналы, передаваемые по этой цепи, указывают на готовность DCE передавать данные по каналу данных. Состояние CTS=True указывает, что DCE готов к передаче данных по каналу данных. Состояние CTS=False указывает, что DCE не готова передавать данные по каналу данных.</p>
6	107	CC	DSR	IN	<p>(Data Set Ready) Установка данных готова Сигналы, передаваемые по этой цепи, указывают на готовность DCE к работе. Состояние DSR=True (если цепь 25 находится в состоянии TM=False или не используется) указывает на то, что устройство преобразования сигналов или аналогичное устройство подсоединено к линии связи и что DCE готов к взаимодействию по цепям управления на стыке с DTE для обмена данными. Состояние DSR=True при наличии состояния TM=True в цепи 25 указывает на то, что DCE готов к взаимодействию по цепям управления на стыке DTE для проведения проверки. Состояние DSR=False при наличии в цепи CTS(5)=True указывает на то, что DCE готов осуществить обмен сигналами данных, связанных с программированием или управлением последовательным автоматическим вызовом. Состояние DSR=False при наличии в цепи CTS(5)= False указывает, что: а) DCE не готов для передачи данных; б) обнаружено состояние неисправности, которое может быть в сети или в DCE; в) обнаружено разъединение от удаленной станции или от сети. Состояние DSR=False при наличии в цепи TM(25)=False указывает, что DCE участвует в проверке со стороны сети или удаленной станции.</p>
7	102	AB	GND	Общий	<p>(Ground) Общий Цепь представляет собой общий обратный провод для несимметричных цепей RS-232C и устанавливает эталонный потенциал по постоянному току для симметричных цепей. Внутри DCE эта цепь должна заканчиваться в одной точке, причем должна быть предусмотрена возможность соединения ее с защитным заземлением с помощью перемычки. Перемычка должна устанавливаться или сниматься в соответствии с требованиями действующих правил или для уменьшения помех, наводимых в электронных схемах оборудования.</p>
8	109	CF	DCD	IN	<p>(Data Carrier Detected) Обнаружен носитель информации Сигналы, передаваемые по этой цепи, указывают, находится ли уровень принимаемого линейного сигнала канала данных в пределах, установленных соответствующими рекомендациями на DCE. Состояние DCD=True указывает, что уровень принимаемого сигнала соответствует установленным пределам. Состояние DCD=True может быть также во время обмена данными между DCE и DTE при программировании или управлении последовательным автоматическим вызовом. Состояние DCD=False указывает, что уровень принимаемого сигнала не соответствует установленным пределам.</p>

9	-	-	-	-	Зарезервирован
10	-	-	-	-	Зарезервирован
11	126	-	-	-	Неопределен
12	122 112	SCF/CI	SDCD	IN	(Secondary Carrier Detect) Обнаружен носитель информации обратного канала Эта цепь эквивалентна цепи DCD(8) с той лишь разницей, что она указывает, находится ли уровень принимаемого сигнала по обратному каналу в пределах, установленных соответствующими рекомендациями на DCE.
13	121	SCB	SCTS	IN	(Secondary Clear To Send) Очищен для передачи.Обратный канал Эта цепь эквивалентна цепи CTS(5) (Очищен для передачи) с той лишь разницей, что она указывает на готовность DCE передавать данные по обратному каналу. Состояние SCTS=True указывает на готовность DCE передавать данные по обратному каналу. Состояние SCTS=False указывает на то, что DCE не готов передать данные по обратному каналу.
14	118	SBA	STD	OUT	(Secondary Transmitted Data) Обратная передача данных Эта цепь эквивалентна цепи TD(2) (Передаваемые данные) с той лишь разницей, что она используется для передачи данных по обратному каналу.
15	114	DB	TST	IN	(Transmitter Signal Timing DCE source) Передатчик сигналов синхронизации Сигналы, передаваемые по этой цепи, обеспечивают в DTE синхронизацию единичных элементов сигнала. Состояния TST=True должны длиться в течение равных промежутков времени. DTE должно обеспечивать по цепи TD(2)(Передаваемые данные) сигнал данных, в котором переходы между единичными элементами сигнала происходят в то же время, что и переходы из состояния TST=True в состояние TST=False в цепи 15.
16	119	SBB	SRD	IN	(Secondary Received Data) Обратный прием данных Эта цепь эквивалентна цепи RD(3) (Принимаемые данные) с той лишь разницей, что она используется для приема данных по обратному каналу.
17	115	DD	RST	IN	(Receiver Signal Timing) Приемник синхросигнала Сигналы, передаваемые по этой цепи, обеспечивает в DTE синхронизацию единичных элементов сигнала. Состояния RST=True и RST=False должны поддерживаться в течение равных промежутков времени. Переход из состояния RST=True в состояние RST=False должен соответствовать середине каждого единичного элемента сигнала в цепи RD(3)(Принимаемые данные).
18	141	LL	LL	OUT	(Local Loopback) Локальная обратная петля Сигналы, передаваемые по этой цепи, управляют состоянием проверки шлейфом в местном DCE. Состояние LL=True вызывает установление шлейфа в местном DCE. Состояние LL=False вызывает снятие шлейфа в местном DCE.
19	120	SCA	SRTS	OUT	(Secondary Request to Send) Запрос передачи по обратному каналу Этот сигнал эквивалентен сигналу RTS (Запрос передачи) с той лишь разницей, что он используется в DCE для управления функцией передачи по обратному каналу. При состоянии SRTS=True DCE должен перейти в режим передачи по обратному каналу. При состоянии SRTS=False DCE должен перейти в режим отсутствия передачи по обратному каналу, когда закончится передача всех данных, ранее переданных по обратному каналу.
20	108/2 108/1	CD	DTR	OUT	(Data Terminal Ready) Готовность терминала данных Сигналы, передаваемые по этой цепи, управляют подключением к

					<p>линии связи или отключением от линии связи устройства преобразования сигналов или аналогичного ему устройства.</p> <p>Состояние DTR=True указывает, что DTE готово к работе, подготавливает DCE к подключению к линии связи устройства преобразования сигналов или аналогичного ему устройства, а также должно указывать на необходимость сохранения соединения, которое было установлено внешними средствами.</p> <p>При состоянии DTR=False DCE должен отключить от линии связи устройство преобразования сигналов или аналогичное ему устройство после того, как закончится передача всех данных, ранее переданных по цепи TD(3) или по цепи STD(14).</p> <p>Состояние DTR=False также может быть использовано для прерывания или прекращения процедуры адресного способа установления соединения в устройстве автоматического вызова DCE.</p>
21	140 110	RL/CG	RL	OUT	<p>(Remote Loopback) Эксплуатационная проверка</p> <p>Сигналы, передаваемые по этой цепи, управляют состоянием эксплуатационной проверки.</p> <p>Состояние RL=True вызывает установление состояния проверки.</p> <p>Состояние RL=False вызывает прекращение состояния проверки.</p>
22	125 135	CE/CK	RI	IN	<p>(Ring Indicator). Индикатор звонка</p> <p>Сигналы, передаваемые по этой цепи, указывают, получен ли DCE сигнал вызова.</p> <p>Состояние RI=True указывает, что сигнал вызова принимается.</p> <p>Состояние RI=False указывает, что сигнал вызова не принимается.</p> <p>Это состояние может также появляться во время прерываний импульсно-модулированного сигнала вызова.</p>
23	111 112	CH/CI	DSRS	OUT	<p>(Data Signal Rate Selector) Переключатель скорости сигнала данных</p> <p>Сигналы, передаваемые по этой цепи, служат для переключения скорости передачи данных в случае синхронного DCE, имеющей две скорости или для переключения диапазона скоростей передачи данных в случае асинхронным DCE, имеющей два диапазона скоростей.</p> <p>При состоянии DSRS=True DCE должен перейти на верхнюю скорость или верхний диапазон скоростей.</p> <p>При состоянии DSRS=False DCE должен перейти на нижнюю скорость или на нижний диапазон скоростей.</p>
24	113	DA	TST	OUT	<p>(Transmitter Signal Timing DTE source) Передатчик сигналов синхронизации</p> <p>Сигналы, передаваемые по этой цепи, обеспечивают в DCE синхронизацию единичных элементов сигнала.</p> <p>Состояния TST=True и TST=False должны поддерживаться в течение равных промежутков времени.</p> <p>Переход из состояния TST=True в состояние TST=False должен соответствовать середине каждого единичного элемента сигнала в цепи TD(2)(Передаваемые данные).</p>
25	142	TM	TM	IN	<p>(Test Mode) Тестовый режим</p> <p>Сигналы в этой цепи указывают, установлено ли состояние проверки в DCE.</p> <p>Состояние TM=True указывает, что DCE находится в состоянии проверки.</p> <p>Состояние TM=False указывает, что DCE не находится в состоянии проверки.</p>

3. ОПИСАНИЕ СОМ ПОРТОВ ПЕРСОНАЛЬНОГО КОМПЬЮТЕРА IBM

3.1 Основные свойства СОМ-портов

Работа коммуникационных портов реализована на универсальных асинхронных приемопередатчиках UART. UART- это микросхемы, которые работают по стандарту RS232C. Для СОМ порта компьютера используется 9-ти штырьковый разъем DE9p согласно стандарту TIA-574. В этом разьеме используется шесть сервисных сигналов и два канала обмена последовательными данными.

Основные свойства СОМ портов:

1.Полнодуплексный обмен данными. Означает, что можно одновременно передавать и принимать поток данных. Существуют два аппаратно и программно независимых канала передачи данных. Один канал для передачи данных, другой канал для приема данных. Причем СОМ-портам безразлично, чем занят процессор в это время, у них присутствуют собственные буферы приема и передачи данных. В этих буферах данные выстраиваются в очередь на передачу и очередь на прочтение данных процессором. Любая программа может обратиться к СОМ-порту и получить данные из его буфера, тем самым очистив его. Естественно буферы не безграничны, их размер задается при конфигурировании портов. Интерфейсы RS-485, Modbus, USB и др. (за исключением сетевых протоколов) являются полудуплексными и физически не способны вести обмен данными в обоих направлениях одновременно.

2.Набор сервисных сигналов. Сервисные сигналы, предусмотренные стандартом RS-232c, позволяют организовать обмен данными между двумя устройствами одновременно в обоих направлениях. Сервисные сигналы представлены отдельными цифровыми входами и выходами с памятью. Например, когда по телефону на модем поступал звонок со станции, модем по 9-му контакту (RI) сообщал РС, что ему позвонили, и начиналась процедура обмена данными. Причем с помощью сервисных сигналов РС и модем могли приостановить обмен данных или заставить повторить их. Вариантов использования сервисных сигналов большое множество. Разработчик может использовать их по своему усмотрению. Например, с помощью этих сигналов удобно опрашивать контакты конечных выключателей или фотодатчиков, а также можно включать/выключать различные устройства или запрашивать слаботочное устройство.

3.Программная независимость. UART полностью реализован аппаратно и не зависит от программного обеспечения и ОС.

4. Асинхронная передача данных по каналу связи. Означает то, что РС может послать данные на конечное устройство, не заботясь о синхронности их поступления. Конечное устройство само подстраивается под полученные данные. В синхронных протоколах для этого служит специальный сигнал, передающийся по отдельному проводу. В коммуникационных портах синхросигнал встроен в каждый передаваемый символ, в виде стартового и стопового бита. Метод, которым синхронизируются данные по стандарту RS-232C, стал общепотребительным для всех асинхронных протоколов обмена данными.

3.2 Технические характеристики COM портов



Рисунок 3.2.1 – Вид разъемов COM1 и COM2 на материнской плате

- Тип разъема: DE9p(DB9P) или DB25P male(папа), ответная часть DE9s(DB9s) или DB25s femini(мама)
- Аппаратная реализация: микросхемы UART intel8250/16450/16550
- Уровень сигнала для TxD, RxD: 1 = -3...-12В; 0=+3...+12В (сигналы инвертированы)
- Уровень сигналов RTS, DTR, CTS, DSR, DCD, RI: 1 (True)=+3...+12В; 0 (False)=-3...-12В
- Зона нечувствительности: -3...+3В
- Количество портов IBM XT: четыре COM1, COM2, COM3, COM4
- Адреса в пространстве ввода/вывода: COM1=3F8h, COM2=2F8h, COM3=3E8h, COM4=2E8h
- Аппаратные прерывания: COM1,COM3= IRQ4(IQ11) COM2,COM4= IRQ3(IQ10)
- Функции BIOS: 14h (инициализация, запись, чтение, опрос состояния, настройка)
- Стандартная скорость, бит/сек: 50, 75, 110, 150, 300, 600, 1200, 1800, 2000, 2400, 3600, 4800, 7200, 9600, 14400, 19200, 28800, 38400, 57600, 115200
- Максимальная скорость, бит/сек: 1 500 000
- Количество бит данных в переданном символе: 5,6,7,8
- Длина стопового бита: 1, 1.5, 2
- Режимы контрольного бита(Parity): N(None), E(Even), M(Mark), O(Odd), S(Space)
- Режимы синхронизации обмена (Handshaking): 0-None, 1-XOnXoff, 2-RTS, 3-RTSXOnXoff
- Канал передачи данных (инверсный) : TxD (3)-GND(5)
- Канал приёма данных (инверсный): RxD(2)-GND(5)
- Выходные сервисные сигналы: RTS(7)-GND(5); DTR(6)-GND(5)
- Входные сервисные сигналы: CTS(8)-GND(5); DSR(6)-GND(5); DCD(1)-GND(5); RI(9)-GND(5)
- Расстояния связи: стандартное - 25ft(7.62м), максимальное (определено многими факторами).

3.3 Назначение сигналов COM порта по стандарту RS-232C

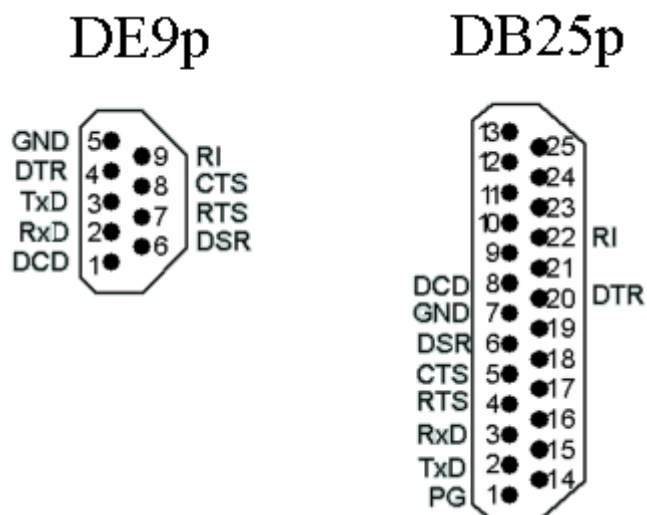


Рисунок 3.3.1 – Нумерация контактов для разъемов COM-порта

- **GND - Ground**, (общий) второй провод для всех сигналов. (Сигналы передаются всегда по двум проводам!)
- **TxD - Transmitted Data**, асинхронный канал для передачи данных.
- **RxD - Received Data**, асинхронный канал для приема данных.
- **RTS - Request To Send** (запрос на передачу), Выход который говорит о том, что у компьютера есть данные для передачи по каналу TxD для конечного устройства.
- **DTR - Data Terminal Ready** (готовность терминала данных), Выход который говорит о том, что компьютер (терминал) готов к обмену данными с конечным устройством
- **CTS - Clear To Send** (очищен для передачи) Вход, который говорит о том, что конечное устройство готово принимать данные от терминала по каналу TxD. Обычно этот сигнал выставляет конечное устройство после того, как оно получит от компьютера сигнал RTS=True (запрос на передачу) и будет готово принять данные от компьютера. Если конечное устройство не выставит сигнал CTS=True, то передача по каналу TxD не начнется. Данный сигнал используется для аппаратного управления потоками данных
- **DSR - Data Set Ready** (установка данных готова), Вход который говорит о том, что конечное устройство выполнило все установки и готово начать передавать и принимать данные от компьютера. Если конечное устройство модем, то установка DSR=True воспринимается компьютером (терминалом) так, что модем уже установил связь с другим модемом и готов начать процедуру обмена между двумя компьютерами оснащенных модемами
- **DCD - Data Carrier Detected** (обнаружен носитель информации), Вход который информирует компьютер (терминал) об обнаружении другого терминала, то есть конечное устройство, например модем, обнаружил другой модем, который хочет инициализировать обмен данными между терминалами. Модем выставляет сигнал DCD=True, который обнаруживается на входе компьютера (терминала). Если терминал готов к обмену данными, то он на сигнал DCD=True должен выставить сигнал готовности терминала к обмену данными DTR=True, после чего начинается обмен данными между двумя терминалами.
- **RI - Ring Indicator** (индикатор звонка), Вход который говорит компьютеру (терминалу) что на конечное устройство поступает сигнал вызова. Например, на модем поступил сигнал вызова с телефонной станции, совсем не обязательно, что этот вызов закончится обменом данными.
- **PG - Protective Ground**. Защитное заземление.

3.4 Уровни сигналов UART

UART использует уровни сигналов -12В..+12В. Зона нечувствительности, то есть отсутствие сигналов считается напряжением -3В..+3В. При этом обратите внимания, что принимаемые/передаваемые данные инвертированы.

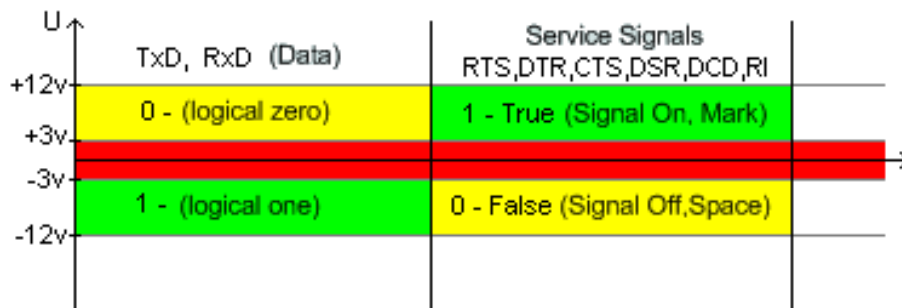


Рисунок 3.4.1 – Уровни сигналов UART по стандарту RS232C

Исходные состояния

- порт не инициализирован - на всех линиях напряжения находятся в диапазоне -3В..+3В
- режим ожидания - на всех линиях напряжение находится в диапазоне -3В..-12В

3.5 Передача данных через UART

При передаче данных символы передаются из буфера передатчика последовательно (первым пришел - первым вышел). Специально назвал символами, а не байтами, так как символы могут иметь размер от 5 до 8 бит. Каждый переданный символ снабжается стартовым и стоповым битами, предназначенным для синхронизации на приемной стороне. После стартового бита следуют биты данных, начиная с младшего бита и заканчивая старшим. За последним битом данных символа может следовать бит паритета, служащий для обнаружения ошибки передачи битов данных. Последним передается стоповый бит, который необходим для временного разделения переданных символов.

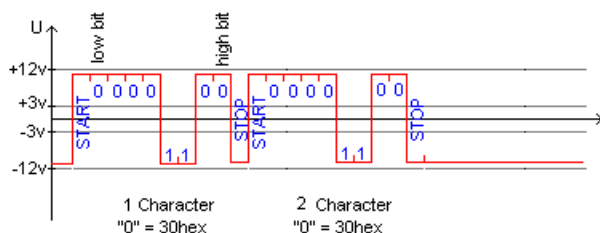


Рисунок 3.5.1 – Передача символов "0" "0" без паритета, с одним стоповым битом

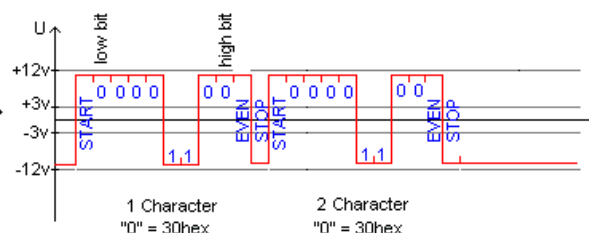


Рисунок 3.5.2 – Передача символов "0" "0" с проверкой на четность (EVEN), с одним стоповым битом

На рисунках 3.5.1-3.5.2 хорошо видно, что стоповый бит разделяет два переданных символа. При необходимости можно увеличить этот интервал до 2 стоповых битов, если конечное устройство не успевает разделять символы.

3.6 Соединительные кабели

Нуль-модемное соединение двух СОМ портов

При таком соединении компьютеры(терминалы) соединяются между собой непосредственно через СОМ-порты, без использования модемов. Так как компьютеры обладают большой скоростью обработки данных, то синхронизировать их работу не нужно. Поэтому предполагается, что режим синхронизации обмена (Handshaking): 0-None, то есть сервисные сигналы не влияют на процедуры обмена данными. Для этого используется нуль-модемный кабель (рис. 3.6.1).

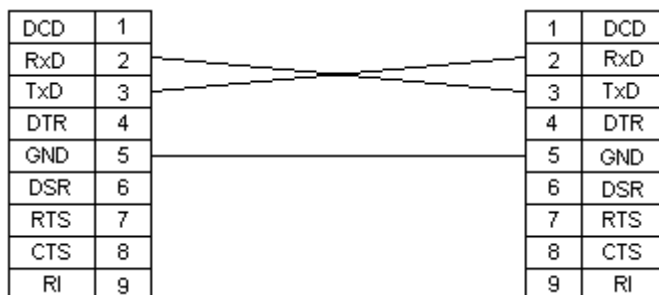


Рисунок 3.6.1 – Нуль-модемный кабель для Handshaking = 0 (None)

Так как режим синхронизации обмена на СОМ портах может быть включен, то часто сервисные сигналы СОМ портов замыкают самих на себя, тем самым исключая их влияния на процедуру обмена (рис.3.6.2).

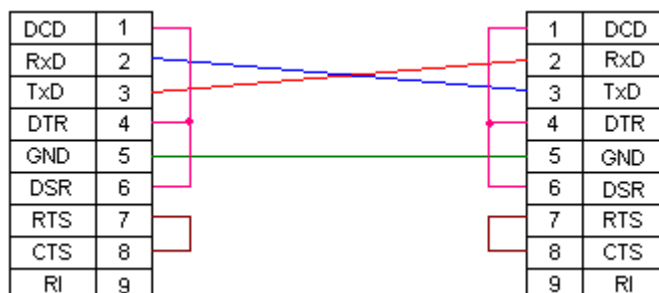


Рисунок 3.6.2 – Нуль-модемный кабель для любых режимов Handshaking

Если необходимо можно использовать полный кабель, но при этом СОМ-порты должны быть настроены на аппаратную синхронизацию обмена (рис.3.6.3).

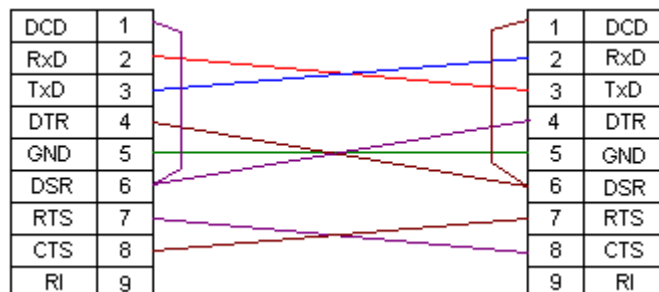


Рисунок 3.6.3 – Нуль-модемный кабель для аппаратного режима синхронизации Handshaking=2

Модемное соединение

Модемное соединение подразумевает соединение двух компьютеров(DTE) через модемы(DCE). Модемы (модуляторы-демодуляторы) - специальные устройства, позволяющие вести обмен данными практически на неограниченное расстояния, используя для этого модуляцию и демодуляцию информационных сигналов. Поэтому модемное соединение подразумевает подключение COM-порта компьютера(DTE) к конечному устройству (DCE). Обычно в таком соединении используют аппаратный режим синхронизации Handshaking=2. Этот режим позволяет модемам управлять процессом передачи данных (рис.3.6.4).

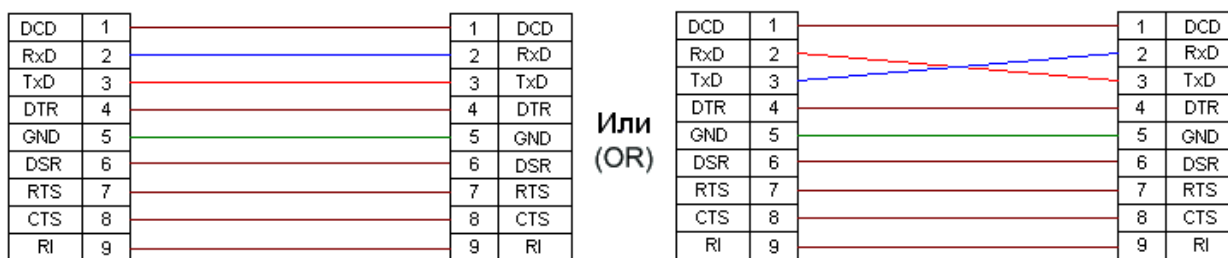


Рисунок 3.6.4 – Типичный модемный кабель

3.7 Организация обмена данными при аппаратном режиме синхронизации

Аппаратный режим синхронизации обмена данными RTS/CTS (hardware flow control) Handshaking =2, использует сервисные сигналы RS-232C для управления потоком данных.

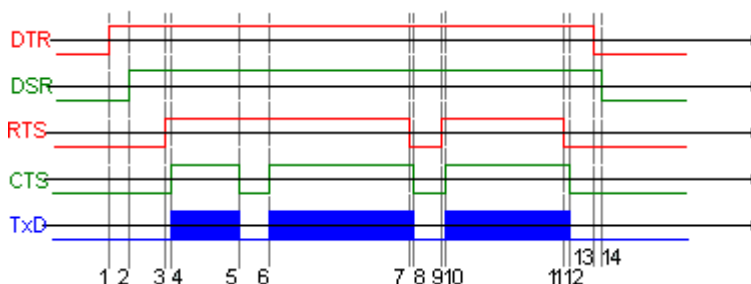


Рисунок 3.7.1 – Организация обмена при аппаратной синхронизации

Порядок выставления сервисных сигналов при обмене через модем:

- DTR=True компьютер указывает на желание использовать модем
- В ответ модем сигнализирует о установлении соединения с другим модемом и своей готовности выставив DSR=True.
- Сигналом RTS=True компьютер запрашивает разрешение на передачу и заявляет о своей готовности принимать данные от модема.
- Сигналом CTS=True модем уведомляет о своей готовности к приему данных от компьютера и передаче их в линию. По этому сигналу начинается обмен данными между терминалами через модемы.
- Установкой CTS=False модем сигнализирует о невозможности дальнейшего приема, компьютер должен приостановить передачу данных.
- Установкой CTS=True, модем сообщает, что он может продолжать обмен данными.
- Установкой RTS=False компьютер сообщает модему о временной приостановке обмена.
- Модем получив сигнал остановки обмена RTS=False, сообщает о приостановке обмена сигналом CTS=False
- Компьютер вновь готов принимать данные и он выставляет сигнал RTS=True

- Модем получив сигнал от компьютера о готовности к обмену выставляет свою готовность CTS=True. После чего возобновляется обмен данными.
- Компьютер указывает на завершение обмена выставив RTS=False
- Модем подтверждает завершение обмена сигналом CTS=False
- Компьютер снимает сигнал DTR, что является сообщением для модема разорвать соединение и повесить трубку.
- Модем подтверждает разрыв соединения установкой сигнала DSR=False

Как видно из рис.3.7.1 модем использует сигнал CTS, который позволяет остановить передачу данных, если приемник не готов к их приему. Передатчик «выпускает» очередной байт только при включенной 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.

3.8 Организация обмена данными при программном режиме синхронизации

Программный протокол управления потоком XON/XOFF(Handshaking =1). Работает протокол 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 (13hex). Противоположное устройство, приняв этот символ, приостанавливает передачу. Когда принимающее устройство снова становится готовым к приему данных, оно посылает символ XON (11hex), 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. Преимущество программного протокола заключается в отсутствии необходимости передачи управляющих сигналов интерфейса — минимальный кабель для двустороннего обмена может иметь только 3 провода. Недостатком данного метода является большее время реагирования и исключения из передаваемого потока двух символов (13hex, 11hex).

Существует смешанный метод синхронизации обмена данными RTS/XOn/Xoff (Handshaking =3), который представляет собой объединение двух предыдущих методов.

3.9 Описание контрольных битов (Parity Control Bit)

Режимы контрольного бита (Parity Control Bit)

- **N(None)** – проверка на паритет не используется и бит не выставляется;
- **E(EVEN)** – проверка на четность, дополняет передаваемый символ так, чтобы количество единиц в передаваемом символе было четным;
- **O(Odd)** – проверка на нечетность, дополняет передаваемый символ так, чтобы количество единиц в передаваемом символе было нечетным;
- **M(MARK)** – бит паритета всегда равен единице;
- **S(SPACE)** – бит паритета всегда равен нулю.

При передаче по последовательному каналу контроль четности может быть использован для обнаружения ошибок при передаче данных. При использовании контроля четности посылаются сообщения подсчитывающие число единиц в группе бит данных. В

зависимости от результата устанавливается бит четности. Приемное устройство также подсчитывает число единиц и затем сверяет бит четности.

Для обеспечения контроля четности компьютер и устройство должны одинаково производить подсчет бита четности. То есть, определиться устанавливать бит при четном (even) или нечетном (odd) числе единиц. При контроле на четность биты данных и бит четности всегда должны содержать четное число единиц. В противоположном случае соответствует для контроля на нечетность.

Часто в драйверах доступны еще две опции на четность: Mark и Space. Эти опции не влияют на возможность контроля ошибок. Mark означает, что устройство всегда устанавливает бит четности в 1, а Space - всегда в 0.

Проверка на четность - это простейший способ обнаружения ошибок. Он может определить возникновение ошибок в одном бите, но при наличии ошибок в двух битах уже не заметит ошибок. Также такой контроль не отвечает на вопрос какой бит ошибочный. Другой механизм проверки включает в себя Старт и Стоп биты, циклические проверки на избыточность, которые часто применяются в соединениях Modbus.

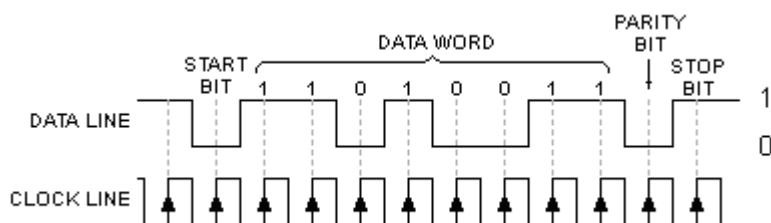


Рисунок 3.9.1 – Передача данных со синхронизирующим тактовым сигналом

На рисунке 3.9.1 показана структура передаваемых данных со синхронизирующим тактовым сигналом. В этом случае используется 8 бит данных, бит четности и стоп бит. Такая структура также обозначается 8E1 (Примечание: Тактовый сигнал - для асинхронной передачи это внутренний сигнал).

Сигнальная линия может находиться в двух состояниях: включена и выключена. Линия в состоянии ожидания всегда включена. Когда устройство или компьютер хотят передать данные, они переводят линию в состояние выключено - это установка Старт бита. Биты сразу после Старт бита являются битами данных.

Стоп бит позволяет устройству или компьютеру произвести синхронизацию при возникновении сбоев. Например, помеха на линии скрыла Старт бит. Период между старт и стоп битами постоянен, согласно значению скорости обмена, числу бит данных и бита четности. Стоп бит всегда включен. Если приемник определяет выключенное состояние, когда должен присутствовать стоп бит, фиксируется появление ошибки.

Стоп бит не просто один бит минимального интервала времени в конце каждой передачи данных. На компьютерах обычно он эквивалентен 1 или 2 битам, и это должно учитываться программе драйвера. Хотя, 1 стоп бит наиболее общий, выбор 2 бит в худшем случае немного замедлит передачу сообщения. (Есть возможность установки значения стоп бита равным 1.5. Это используется при передаче менее 7 битов данных. В этом случае не могут быть переданы символы ASCII, и поэтому значение 1.5 используется редко.)

3.10 Аппаратная реализация СОМ портов

Для аппаратной реализации СОМ портов по стандарту RS-232 используется специализированная микросхема UART. UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) - универсальный асинхронный приёмо-передатчик. Микросхема i8250 установленная в IBM XT послужила началом целой серии микросхем UART, которые устанавливались на материнские платы PC.

Микросхемы UART:
8250 - буфер 1 байт
16450 - буфер 8 байт
16550 - буфер 16 байт
16650 - буфер 32 байт
16750 - буфер 64 байт
16850 - буфер 128 байт
16950 - буфер 512 байт
Hayes ESP - буфер 1024 байт

Микросхемы выпускались разными фирмами производителями: Intel, National Semiconductor, Maxim и др.

Микросхема представляет собой управляемую логическую схему с буферными регистрами для приёма и передачи последовательных данных. Буферные регистры позволяют вести передачу и приём данных без участия CPU. Соответственно чем больше ёмкость буферных регистров, тем реже микросхема прерывает работу CPU. Буферные регистры устроены по принципу "очереди" (FIFO) - первым пришел, первым вышел. Получив порцию данных в передающий буферный регистр, UART начинает передавать её в сеть RS-232, одновременно он может принимать данные из сети RS-232 в приёмный буферный регистр. Программное обеспечение в любой момент может обратиться к приёмному буферу UART, тем самым освободив его для приёма следующих данных. При заполнении приёмного буфера UART может прервать работу CPU, сообщив ему о заполнении буфера. Заполнение приёмного буфера вызовет остановку приёма данных из сети RS-232, до тех пор пока он не будет прочитан.

Рассмотрим работу UART на примере микросхемы PC16550D (рис.3.10.1).

Обращение к микросхеме осуществляется через адресное пространство портов ввода-вывода CPU. Микросхема подключается к системной шине при активизации сигнала CS0, который вырабатывается при обращении CPU к заданному диапазону адресов порта. Адреса портов ввода-вывода заданы в BIOS. Обычно они имеют значения: COM1=3F8h, COM2=2F8h, COM3=3E8h, COM4=2E8h . На входы UART A0,A1,A2 подаются три младших разряда адресной шины CPU. Адрес заданный в BIOS является начальным адресом диапазона адресов (A2A1A0=000). Следовательно полный диапазон адресов для каждого порта равен 8 адресам (от A2A1A0=000 до A2A1A0=111). Например, для COM4 2E8h,2E9h,2EAh,2EBh,2ECh,2EDh,2EEh,2EFh.

Расстояние между начальными адресами портов равно 16, что допускает в дальнейшем использования микросхем с четырьмя начальными адресными линиями. Обращение к микросхеме по определённому адресу открывает доступ к группе регистров управления или буферных регистров приёма и передачи. CPU может записать данные в регистры UART выставив сигнал WR=0, или прочитать данные, выставив сигнал RD=0.

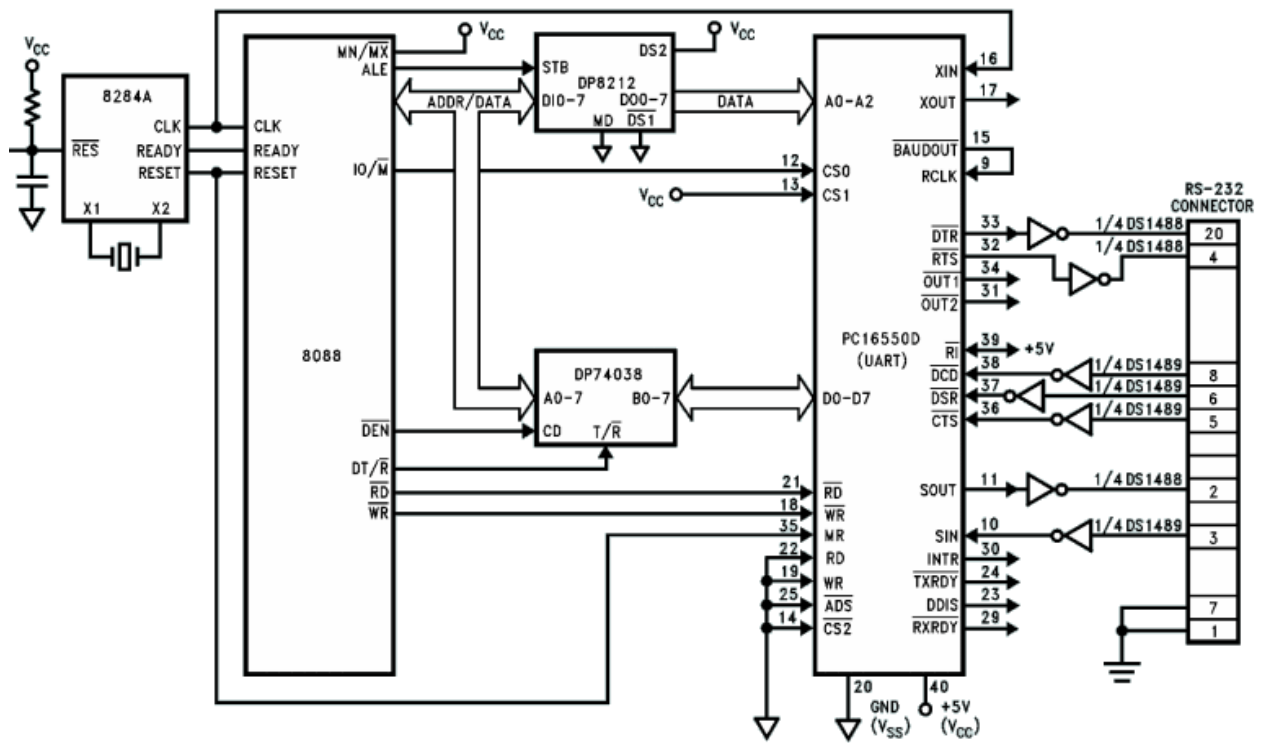


Рисунок 3.10.1 – Стандартная схема включения UART PC16550D с микропроцессором Intel 8088

4. ИНТЕРФЕЙСЫ RS-232, RS-422, RS-485

Интерфейсы RS-485 и RS-422 описаны в стандартах ANSI EIA/TIA* -485-A и EIA/TIA-422. Интерфейс RS-485 является наиболее распространенным в промышленной автоматизации. Его используют промышленные сети Modbus, Profibus DP, ARCNET, BitBus, WorldFip, LON, Interbus и множество нестандартных сетей. Связано это с тем, что по всем основным показателям данный интерфейс является наилучшим из всех возможных при современном уровне развития технологии. Основными его достоинствами являются:

- двусторонний обмен данными всего по одной витой паре проводов;
- работа с несколькими трансиверами, подключенными к одной и той же линии, т. е. возможность организации сети;
- большая длина линии связи;
- достаточно высокая скорость передачи.

Интерфейс RS-422 используется гораздо реже, чем RS-485 и, как правило, не для создания сети, а для соединения двух устройств на большом расстоянии (до 1200 м), поскольку интерфейс RS-232 работоспособен только на расстоянии до 15 м. Каждый передатчик RS-422 может быть нагружен на 10 приемников. Интерфейс работоспособен при напряжении общего вида до ± 7 В.

На 4.1 показан пример соединения двух интерфейсов RS-422 преобразователей типа [NL-232C](#) фирмы НИЛ АП с целью увеличения дальности связи двух устройств.

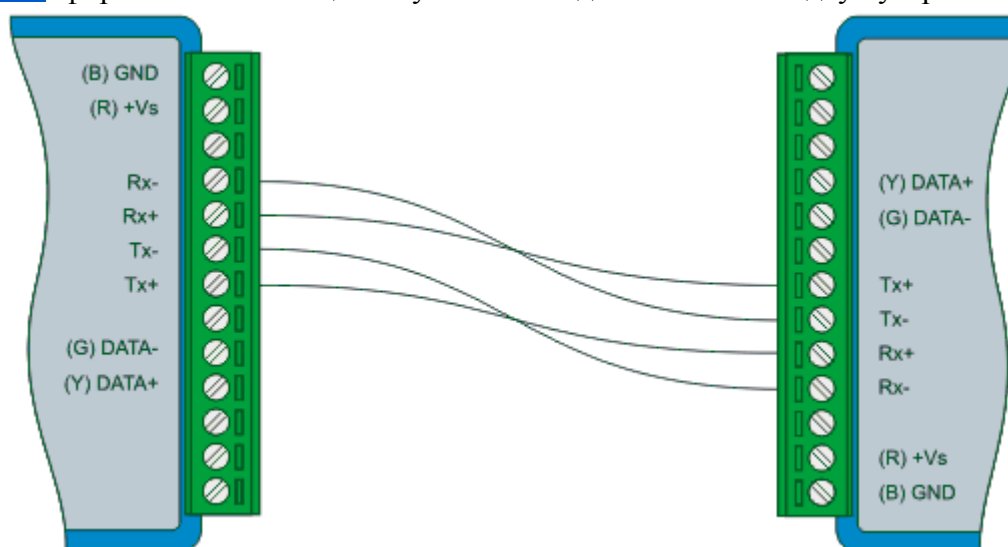


Рисунок 4.1 – Соединение двух модулей преобразователей интерфейса RS-232/RS-422

В 4.1 приведено сравнение основных характеристик трех наиболее популярных интерфейсов, используемых в промышленной автоматизации.

Таблица 4.1 – Сравнение интерфейсов RS-232, RS-422 и RS-485

Параметр	RS-232	RS-422	RS-485
Способ передачи сигнала	Однофазный	Дифференциальный	Дифференциальный
Максимальное количество приемников	1	10	32
Максимальная длина кабеля	15 м	1200 м	1200 м
Максимальная скорость передачи	460 кбит/с	10 Мбит/с	30 Мбит/с**
Синфазное напряжение на выходе	± 25 В	-0,25...+6 В	-7...+12 В
Напряжение в линии под нагрузкой	$\pm 5... \pm 15$ В	± 2 В	$\pm 1,5$ В
Импеданс нагрузки	3...7 кОм	100 Ом	54 Ом
Ток утечки в "третьем" состоянии	-	-	± 100 мкА
Допустимый диапазон сигналов на входе приемника	± 15 В	± 10 В	-7...+12 В
Чувствительность приемника	± 3 В	± 200 мВ	± 200 мВ
Входное сопротивление приемника	3...7 кОм	4 кОм	≥ 12 кОм

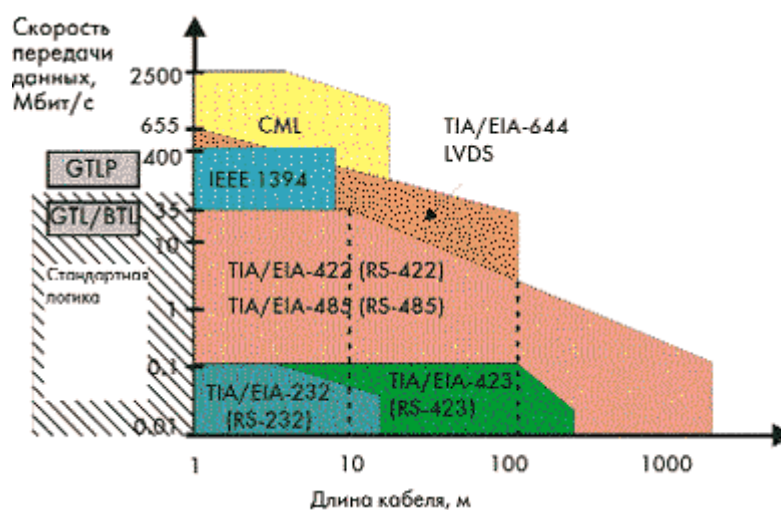


Рисунок 4 – Области применения интерфейсов передачи данных

На рисунке 4.2 представлены области применения интерфейсов передачи данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. American National Standard. ANSI/TIA/EIA-232-F-1997 30.09.1997. Interface Between Data Terminal Equipment and Data Circuit-Terminating Equipment Employing Serial Binary Data Interchange
2. ITU-T v.24 02.2000. List of definitions for interchange circuits between data terminal equipment (DTE) and data circuit-terminating equipment (DCE)
3. ITU-T v.28 03.1993. ELECTRICAL CHARACTERISTICS FOR UNBALANCED DOUBLE-CURRENT INTERCHANGE CIRCUITS
4. ГОСТ 18145-81. Цепи на стыке С2 аппаратуры передачи данных с оконечным оборудованием при последовательном вводе-выводе данных.
5. National Semiconductor. DataSheet. PC16550D Universal Asynchronous Receiver/Transmitter with FIFOs. June 1995.
6. <http://www.softelectro.ru/>
7. <http://ru.wikipedia.org/>
8. http://www.bookasutp.ru/Chapter2_3.aspx