

**Интерфейсы ввода-вывода.  
Последовательный  
интерфейс.  
Интерфейс RS-232C.**

# Последовательные интерфейсы

- Уменьшается количество линий для связи
- Улучшается помехоустойчивость
- Увеличивается дальность связи
- Упрощается организация гальванической развязки
- Требуется большее время для передачи данных

# Программируемый адаптер последовательного интерфейса.

В основе последовательного порта передачи данных лежит использование микросхем универсальных приемопередатчиков. Некоторые БИС последовательного интерфейса могут работать только в синхронном (универсальные синхронные приемопередатчики - УСПП) или в асинхронном (универсальные асинхронные приемопередатчики - УАПП) режиме. Наибольшей же гибкостью отличаются БИС универсальных синхронно-асинхронных приемопередатчиков (УСАПП); которые допускают программирование любого режима работы.

Типичным примером УСАПП является микросхема КР580ВВ51, реализующая практически любой способ последовательной связи. Далее ради краткости она называется адаптером последовательного интерфейса или просто адаптером.

Он может работать в полудуплексном или дуплексном режимах, обеспечивающих одностороннюю или двухстороннюю связь.



На рис. приведена структурная схема адаптера. Рассмотрим основные компоненты адаптера. Параллельный 8-битный двунаправленный буфер шины данных D7-D0 с тристабильными каскадами служит для передачи собственно данных, управляющих слов и информации состояния. Обычно обмен инициируется командами ввода IN и вывода OUT.

Схема управления воспринимает сигналы с шины управления и генерирует внутренние управляющие сигналы. В ее составе имеются регистр слова режима и регистр слова приказа, которые хранят управляющие слова функционального определения адаптера.

RESET (сброс) - Н - активный сигнал сброса с минимальной длительностью 6 периодов синхронизации (Н соответствует логической 1). После действия этого сигнала адаптер переводится в «холостой» режим и остается в нем до загрузки управляющих слов.

CLK (синхронизация), подключается ко второй фазе системного генератора синхронизации. Частота сигналов CLK минимум в 30 раз больше максимальной скорости обмена данными.



RD (считывание) – L - активный сигнал, инициирующий передачу данных или состояния из адаптера на шину данных (L соответствует логическому 0).

WR (запись) – L - активный сигнал загрузки информации с шины данных в адресуемый регистр адаптера.

C/□D (управление/данные) - сигнал идентификации передачи данных или управляющих слов.

CS (выбор кристалла) – L - активный сигнал, разрешающий связь между адаптером с шиной данных.

TxD (выход передатчика) - выходная линия, по которой действуют сигналы передаваемых данных.

TxC (синхронизация передатчика) - входной сигнал, управляющий скоростью передачи данных. Спад TxC «выдвигает» последовательные биты на выход TxD. В синхронном режиме скорость передачи соответствует частоте сигнала TxC, а в асинхронном режиме программируется как 1, 1/16 или 1/64 частоты сигнала TxC.

ТхЕ (пустой передатчик) - Н - активный выходной сигнал, обозначающий отсутствие в адаптере символа для передачи. Его можно использовать для идентификации в полудуплексной связи окончания передачи и коммутации линии на прием. В синхронном режиме Н - уровень ТхЕ указывает, что символ вовремя не загружен в адаптер и в качестве «заполнителей» автоматически передаются символы синхронизации. Сигнал ТхЕ сбрасывается при загрузке символа в адаптер.

TxRDY (готовность передатчика) - Н - активный выходной сигнал, определяющий готовность передатчика к восприятию символа. Используется для прерывания процессора или проверяется при считывании состояния адаптера (бит 0). При загрузке в передатчик нового символа сигнал TxRDY сбрасывается. Узел приемника с автономной схемой управления воспринимает последовательные данные с входа RxD, преобразует их в параллельный формат, контролирует и исключает служебные биты и символы синхронизации, а затем передает «собранный» символ в процессор. К приемнику относятся следующие внешние сигналы:

RxD (вход приемника) - входная линия, по которой передаются сигналы принимаемых последовательных данных.

RxC (синхронизация приемника) - входной сигнал, определяющий скорость приема символов. В синхронном режиме скорость приема соответствует частоте сигнала RxC, а в асинхронном частота RxC кратна скорости приема. Данные вводятся в адаптер по фронту RxC. Обычно передача и прием осуществляются с одинаковой скоростью, поэтому сигналы TxS и RxC должны иметь одинаковую частоту; для этого они объединяются и подключаются к одному генератору синхронизации.

RxRDY(готовность приемника)-выходной сигнал, Н - уровень которого свидетельствует о наличии в адаптере принятого символа. Его можно подключить на вход прерывания процессора или проверить значение при считывании состояния адаптера (бит 1). Когда процессор вводит символ из адаптера, сигнал RxRDY сбрасывается.

SYNDET(обнаружение синхронизации) - Н - активный сигнал синхронного режима, который может быть запрограммирован как выходной или входной. Если он запрограммирован как выходной, то при обнаружении символа SYN на выходе SYNDET формируется высокий уровень в момент времени, соответствующий середине последнего бита (в случае работы с двумя символами синхронизации это относится к SYN2). При считывании состояния адаптера сигнал сбрасывается. Когда сигнал SYNDET определен как входной, подача на него высокого уровня фиксирует момент начала приема символа.

Для программирования адаптера необходимо загрузить несколько управляющих слов, определяющих скорость передачи, длину символа, число стоповых бит, режим работы и условия контроля (четный или нечетный паритет).

Таблица2. Формат слова режима адаптера.

D0	0 0 - Синхронный Асинхронный: 0 1 - Отношение частот 1:1
D1	1 0 - Отношение частот 1:16 1 1 - Отношение частот 1:64
D2	Разрядность символа: 0 0 - 5 0 1 - 6
D3	1 0 - 7 1 1 - 8
D4	Контроль паритета: X 1 - нет контроля
D5	0 1 - нечетность 1 1 - четность
D6	Длина стоп-бита: 0 0 - неверно 0 1 - 1
D7	1 0 - 1,5 1 1 - 2



Таблица. 3. Управляющее слово приказа.

D0	Передача: 0 - запрещена, 1 - разрешена.
D1	Установка DTR: 0 - нет, 1 - DTR = 0.
D2	Прием: 0 - запрещен, 1 - разрешен.
D3	Конец передачи: 0 - нет конца, 1 - TxD = 0.
D4	Сброс признаков ошибок: 0 - нет, 1 - сброс.
D5	Установка RTS: 0 - нет, 1 - RTS = 0.
D6	Сброс УСАПП: 0 - нет, 1 - сброс.
D7	Поиск синхроимпульсов: 0 - нет, 1 - поиск.

При организации последовательного интерфейса возникает необходимость проанализировать состояние адаптера. Состояние адаптера можно считать в любой момент времени посредством команды ввода IN, обеспечивающей формирование сигнала C/D = 1. Формат слова состояния адаптера приведен в таблице 4.

Таблица 4. Формат слова состояния адаптера.

D0	0 – TxRDY = 0, 1 – TxRDY = 1.
D1	0 – RxRDY = 0, 1 – RxRDY = 1.
D2	0 – TxE = 0, 1 – TxE = 1.
D3	Ошибка паритета: 0 - нет, 1 - да.
D4	Переполнение: 0 - нет, 1 - да.
D5	Ошибка стоп-бита: 0 - нет, 1 - да.
D6	0 – SYNDET = 0, 1 – SYNDET = 1.
D7	0 – DSR = 0, 1 – DSR = 1.

# Последовательный интерфейс — COM-порт

Универсальный внешний последовательный интерфейс — *COM-порт* (Communications Port — коммуникационный порт) присутствует в PC начиная с первых моделей. Этот порт обеспечивает *асинхронный*<sup>1</sup> обмен по стандарту RS-232C. COM-порты реализуются на микросхемах универсальных асинхронных приемопередатчиков. (*UART*), совместимых с семейством *i8250/16450/16550*. Они занимают в пространстве ввода-вывода по 8 смежных 8-битных регистров и могут располагаться по стандартным *базовым адресам* 3F8h (COM1), 2F8h (COM2), 3E8h (COM3), 2E8h (COM4). Порты могут вырабатывать *аппаратные прерывания* IRQ4 (обычно используются для COM1 и COM3) и IRQ3 (для COM2 и COM4).

С внешней стороны порты имеют линии последовательных данных передачи и приема, а также набор сигналов управления и состояния, соответствующий стандарту RS-232C. COM-порты имеют внешние разъемы-вгшсм (male — «папа») *DB25P* или *DB9P*, выведенные на заднюю панель компьютера (см. п. 2.1). Характерной особенностью интерфейса является применение «не ТТЛ» сигналов — все внешние сигналы порта двуполярные. Гальваническая развязка отсутствует — схемная земля подключаемого устройства соединяется со схемной землей компьютера. Скорость передачи данных может достигать 115 200 бит/с.

Название порта указывает на его основное назначение — подключение коммуникационного оборудования (например, модема) для связи с другими компьютерами, сетями и периферийными устройствами. К порту могут непосредственно подключаться и периферийные устройств с последовательным интерфейсом: принтеры, плоттеры, терминалы и другие. СОМ-порт широко используется для подключения мыши, а также организации непосредственной связи двух компьютеров. К СОМ-порту подключают и электронные ключи.

## Интерфейс RS-232C

Интерфейс RS-232C предназначен для подключения аппаратуры, передающей или принимающей данные ( *ООД* — окончное оборудование данных, или *АПД* — аппаратура передачи данных; *DTE* — *Data Terminal Equipment*), к окончной аппаратуре каналов данных (*АКД*; *DCE*—*Data Communication Equipment*).

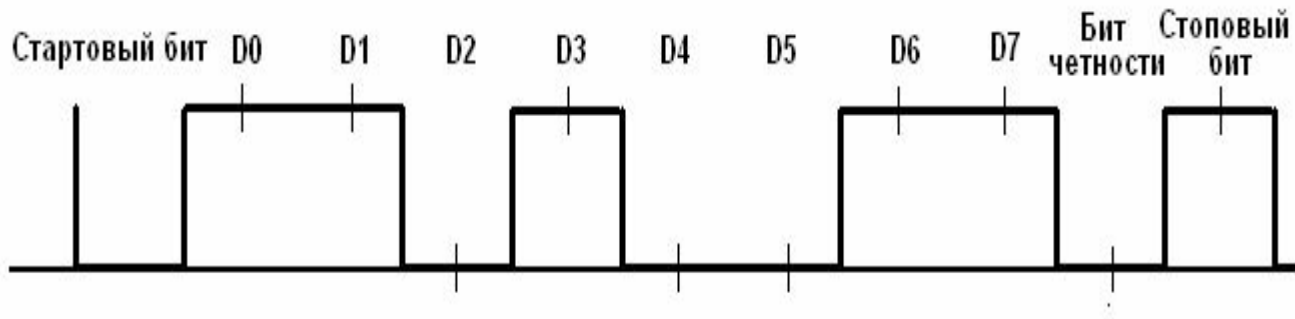
В роли *АПД* может выступать компьютер, принтер, плоттер и другое периферийное оборудование. В роли *АКД* обычно выступает модем.

Конечной целью подключения является соединение двух устройств *АПД*. Полная схема соединения приведена на рис. интерфейс позволяет исключить канал удаленной связи вместе с парой устройств *АКД*, соединив устройства непосредственно с помощью нуль-модемного кабеля.

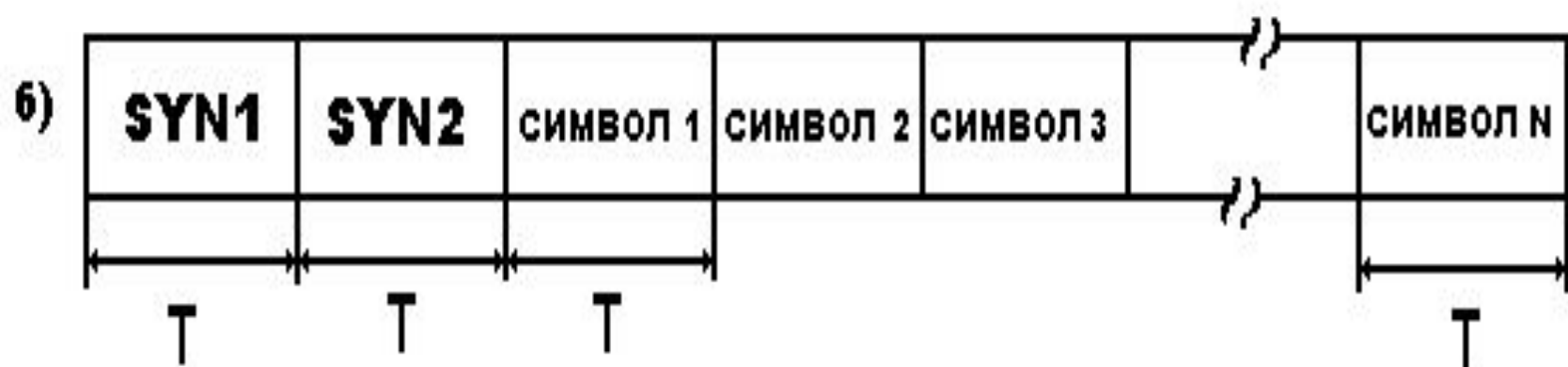


# Последовательный интерфейс RS-232

- Сигнал представляется уровнем напряжения
- Минимальный набор линий связи: Tx и Rx (Transmit, Receive)
- Асинхронная передача подразумевает настройку приемника и передатчика на одну и ту же скорость







# RS-232C

- «1»:  $-12 \dots -3\text{В}$ ; «0»  $+3 \dots +12\text{В}$
- $-3 \dots +3\text{В}$  – зона нечувствительности
- Стандартные преобразователи ТТЛ/КМОП  $\rightarrow$  RS232
- Часто используется удвоитель напряжения + инвертор  $\rightarrow$  уровень сигналов в диапазоне  $-10 \dots +10\text{В}$
- Токовая петля («1» - 20 мА, «0» - 0 мА) – внешний преобразователь к RS232, допускающий передачу до нескольких км

# Сигналы RS-232C

- TD (Transmit Data) передаваемые данные
- RX (Receive Data) принимаемые данные
- RTS (Request To Send) выход запроса передачи данных
- CTS (Clear To Send) вход разрешения передачи данных
- DSR (Data Set Ready) вход готовности от аппаратуры передачи данных
- DTR (Data Terminal Ready) выход готовности терминала к обмену данными
- DCD (Data Carrier Detected) вход обнаружения несущей удаленного модема
- RI (Ring Indicator) вход индикатора вызова

# Порты асинхронного адаптера

На этапе инициализации системы модуль POST BIOS тестирует имеющиеся синхронные адаптеры и инициализирует первые два. Их базовые адреса располагаются в области данных BIOS, начиная с адреса 0000:0400h. Первый адаптер COM1 имеет базовый адрес 3F8h и занимает диапазон адресов от 3F8h до 3FFh. Второй адаптер COM2 имеет базовый адрес 2F8h и занимает адреса 2F8h - 2FFh. Рассмотрим назначение портов асинхронного адаптера.

## **Порт 3F8h.**

Этот порт соответствует регистру передаваемых данных. Для передачи в порт 3F8h необходимо записать передаваемый байт данных. После приема данных от внешнего устройства они могут быть прочитаны из этого порта.

В зависимости от состояния старшего бита управляющего слова, выводимого в управляющий регистр с адресом 3FBh, назначение порта 3F8h может изменяться. Если этот бит равен 0, порт используется для записи передаваемых данных. Если же бит равен 1, порт используется для вывода значения младшего байта делителя частоты тактового генератора. Изменяя содержимое делителя, можно изменять скорость передачи данных. Старший байт делителя записывается в порт 3F9h.

Скорость передачи данных зависит от значения делителя частоты. Например, для скорости передачи 600 бод делитель равен 00C0H, 1200 - 0060H, 2400 - 0030H, 4800 - 0018H, 9600 - 000CH.

## Порт 3F9h

Порт используется как регистр управления прерываниями от асинхронного адаптера или (после вывода в порт 3F9h байта с установленным в 1 старшим битом) для вывода значения старшего байта делителя частоты тактового генератора. В режиме регистра управления прерываниями порт имеет следующий формат:

D0	1 - разрешение прерывания при готовности принимаемых данных
D1	1 - разрешение прерывания после передачи байта (когда выходной буфер передачи пуст)
D2	1 - разрешение прерывания по обнаружении состояния "BREAK" или по ошибке
D3	1 - разрешение прерывания по изменению состояния входных линий CTS, DSR, RI, DCD на разъеме RS-232C
D4	Не используются, должны быть равны 0
D5	
D6	
D7	
D7	

## Порт 3FAh

Регистр идентификации прерывания. По его содержимому программа может определить причину прерывания, формат регистра:

D0	1 - Нет прерываний, ожидающих обслуживания
D1	00 - Прерывание по линии состояния приемника, возникает при переполнении приемника, ошибках четности или формата данных или при состоянии "BREAK" сбрасывается после чтения состояния линии из порта 3FDh
D2	01 - Данные приняты и доступны для чтения. Сбрасывается после чтения данных из порта 3F8h
	10 - Буфер передатчика пуст. Сбрасывается при записи новых данных в регистр данных передатчика, порт 3F8h
	11 - Состояние модема. Устанавливается при изменении состояния входных линий CTS, RI, DCD, DSR. Сбрасывается после чтения состояния модема из порта 3FEh
D3	Должно быть равно 0
D4	
D5	
D6	
D7	



## Порт 3FВh

Управляющий регистр, доступен по записи и чтению.

D0	Длина слова в битах:
D1	00 - 5 бит; 01 - 6 бит; 10 - 7 бит; 11 - 8 бит.
D2	Количество стоповых битов: 0 - 1 бит; 1 - 2 бита.
D3	Четность:
D4	x0 - контроль на четность не используется; 01 - контроль на нечетность; 11 - контроль на четность.
D5	Фиксация четности. При установке этого бита бит четности всегда принимает значение 0 (если биты 3 - 4 равны 11) или 1 (если биты 3 - 4 равны 01).
D6	Установка перерыва. Вызывает вывод строки нулей в качестве сигнала "BREAK" для подключенного устройства.
D7	1 - Порты 3F8h и 3F9h используются для загрузки делителя частоты тактового генератора. 0 - Порты используются как обычно.

# Порт 3FCh

Регистр управления модемом. Управляет состоянием выходных линий DTR, RTS, линий, специфических для модемов OUT1 и OUT2, для запуска диагностики при входе асинхронного адаптера, замкнутом на его выходе. Формат порта:

D0	Линия DTR.
D1	Линия RTS.
D2	Линия OUT1 (запасная).
D3	Линия OUT2 (запасная).
D4	Запуск диагностики при входе асинхронного адаптера, замкнутом на его выход.
D5	Должно быть равно 0.
D6	
D7	

## Порт 3FDh

### Регистр состояния линии.

D0	Данные получены и готовы для чтения, сбрасывается при чтении данных.
D1	Ошибка переполнения. Был принят новый байт данных, а предыдущий еще не был считан программой. Предыдущий байт потерян.
D2	Ошибка четности, сбрасывается после чтения состояния линии.
D3	Ошибка синхронизации.
D4	Обнаружен запрос на прерывание передачи "BREAK" - длинная строка нулей.
D5	Регистр хранения передатчика пуст, в него можно записывать новый байт для передачи.
D6	Регистр сдвига передатчика пуст. Этот регистр получает данные из регистра хранения и преобразует их в последовательный вид для передачи.
D7	Тайм-аут (устройство не связано с компьютером).

## Порт 3FEh

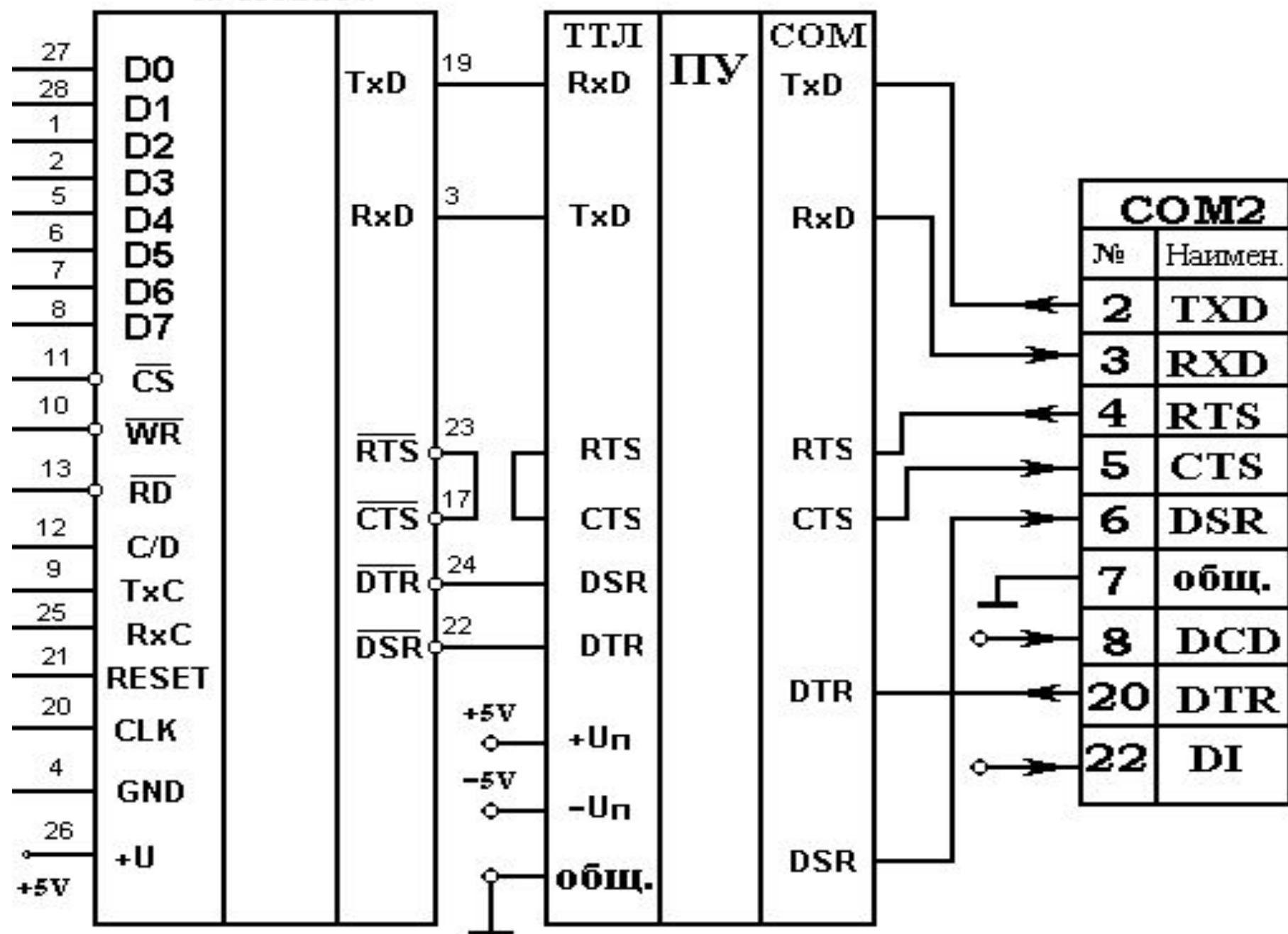
### Регистр состояния модема.

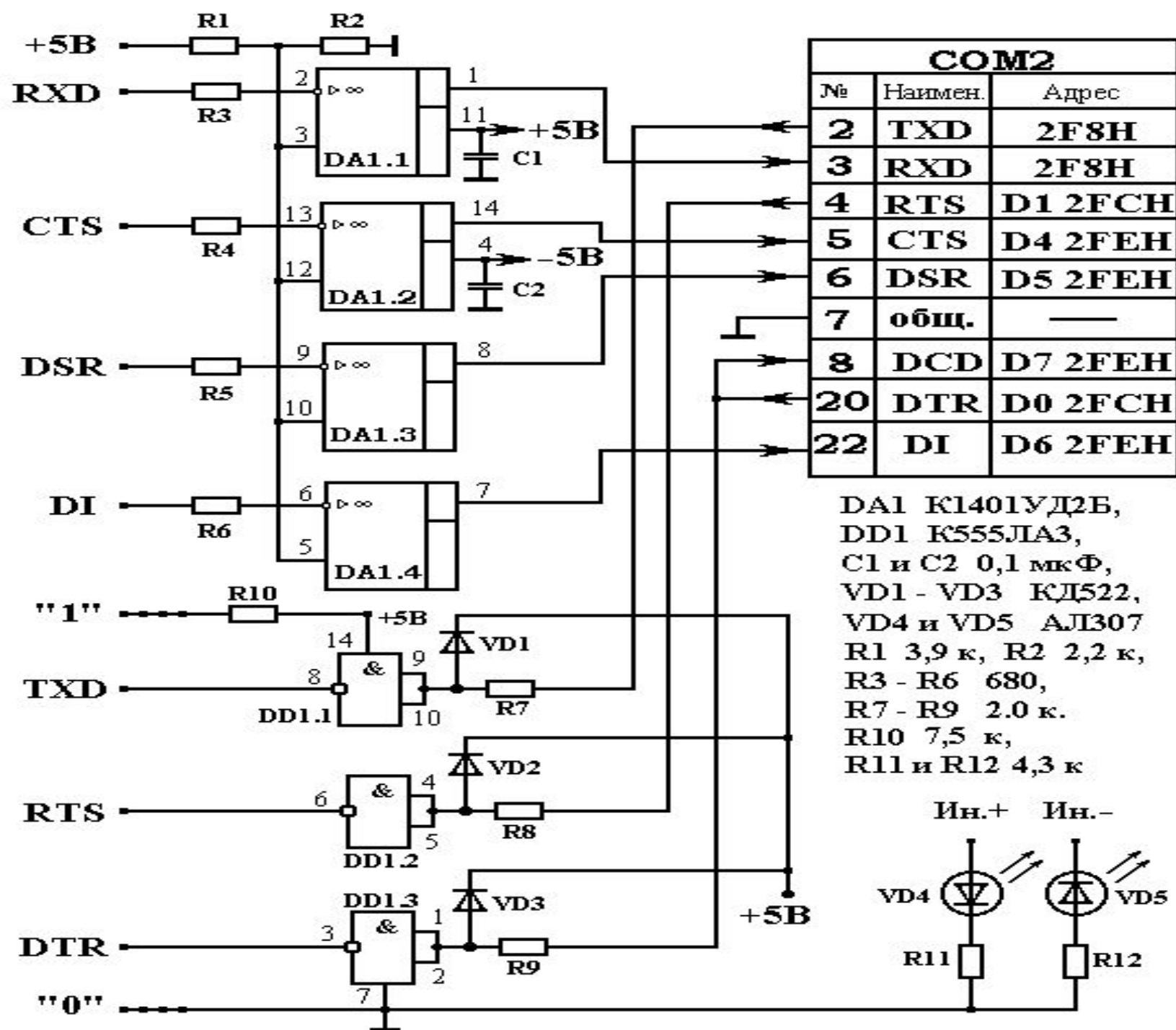
D0	Линия CTS изменила состояние.
D1	Линия DSR. изменила состояние.
D2	Линия RI изменила состояние.
D3	Линия DCD изменила состояние.
D4	Состояние линии CTS.
D5	Состояние линии DSR.
D6	Состояние линии RI.
D7	Состояние линии DCD.

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

- 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.
- Модем подтверждает снятие RTS сбросом CTS.
- Компьютер повторно устанавливает RTS для возобновления передачи.
- Модем подтверждает готовность к этим действиям.
- Компьютер указывает на завершение обмена.
- Модем отвечает подтверждением.
- Компьютер снимает DTR, что обычно является сигналом на разрыв соединения («повесить трубку»).
- Модем сбросом DSR сигнализирует о разрыве соединения.

# KP580BB51

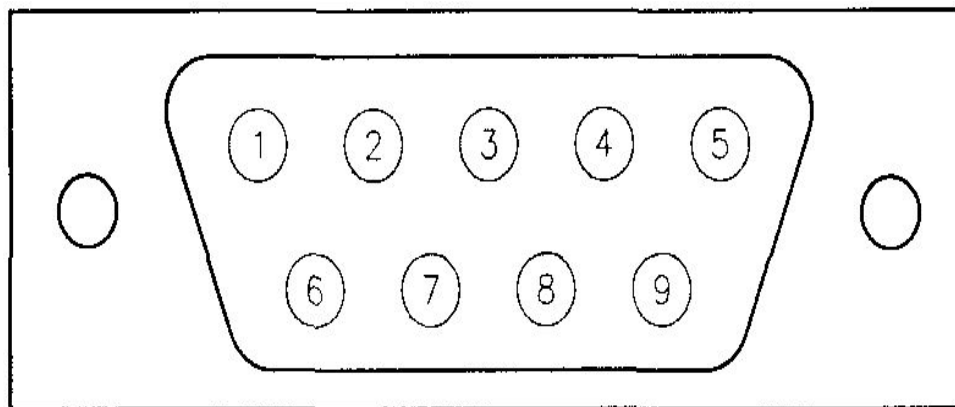




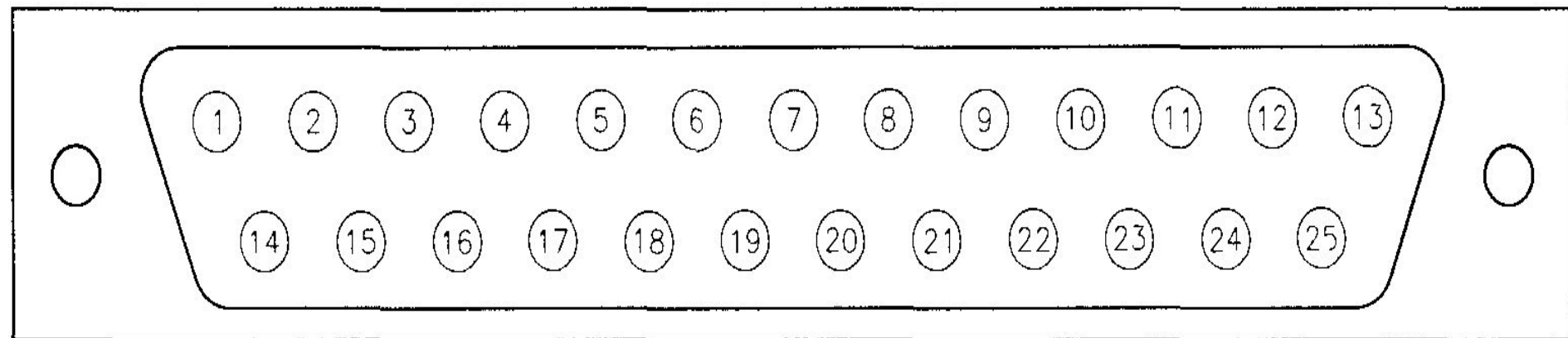


# Разъем и кабель порта RS232

a)



b)



в)

25 контактов	9 контактов	Наименование	Направление (относительно ПК)	Описание
1		PROT		Защитное заземление
2	3	TD	Выход.	Передаваемые данные
3	2	RD	Вход	Принимаемые данные
4	7	RTS	Выход	Запрос на передачу
5	8	CTS	Вход	Очищен для передачи
6	6	DSR	Вход	Готовность внешнего устройства
7	5	GND		Сигнальное заземление
8	1	DCD	Вход	Обнаружение информационного сигнала
20	4	DTR	Выход	Компьютер к обмену данными готов
22	9	RI	Вход	Индикатор звонка
23		DSRD	Вход/выход	Детектор скорости передачи данных

## **Базовые адреса СОМ-портов**

Базовые адреса СОМ-портов выглядят так:

СОМ1: 3F8h

СОМ2: 2F8h

СОМ3: 3E8h

СОМ4: 2E8h

При включении или перезагрузке компьютера BIOS проверяет адреса всех установленных последовательных портов. Если она находит такой порт, то заносит базовый адрес (двухбайтовое слово) в определенную ячейку памяти. Для СОМ1 это ячейки 0000:0400h и 0000:0401h. Базовый адрес можно получить, считав их содержимое. Ячейки памяти, в которых содержится информация о базовых адресах установленных последовательных портов, приведены ниже:

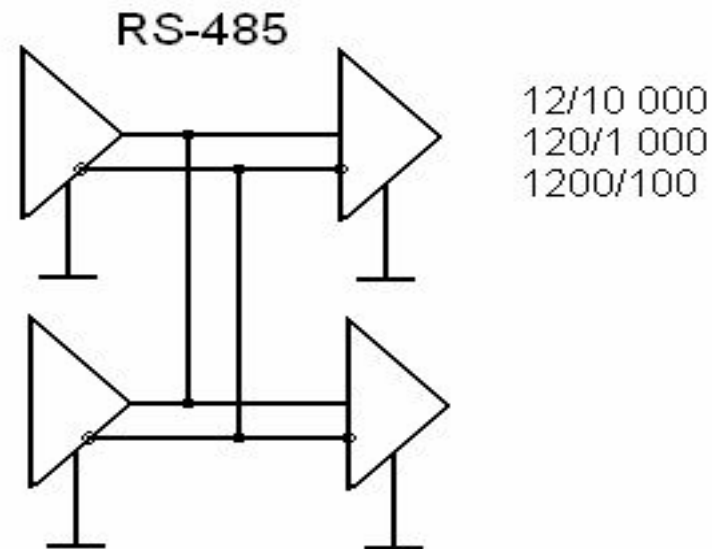
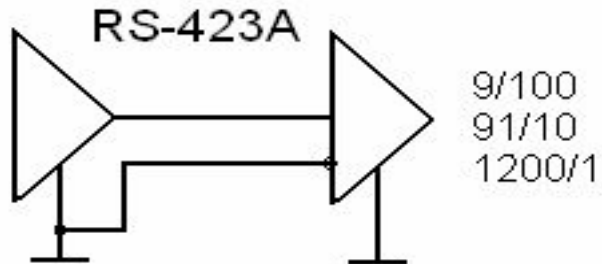
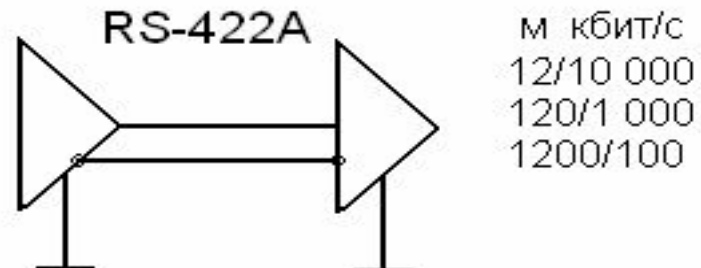
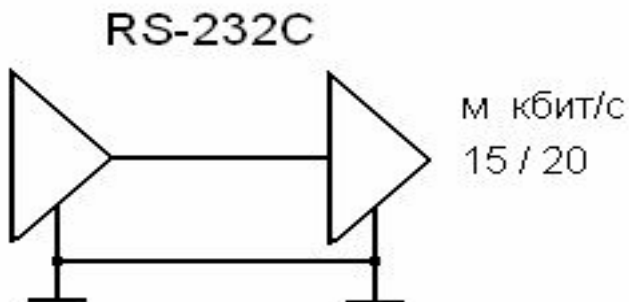
СОМ1: 0000:0400h – 0000:0401h

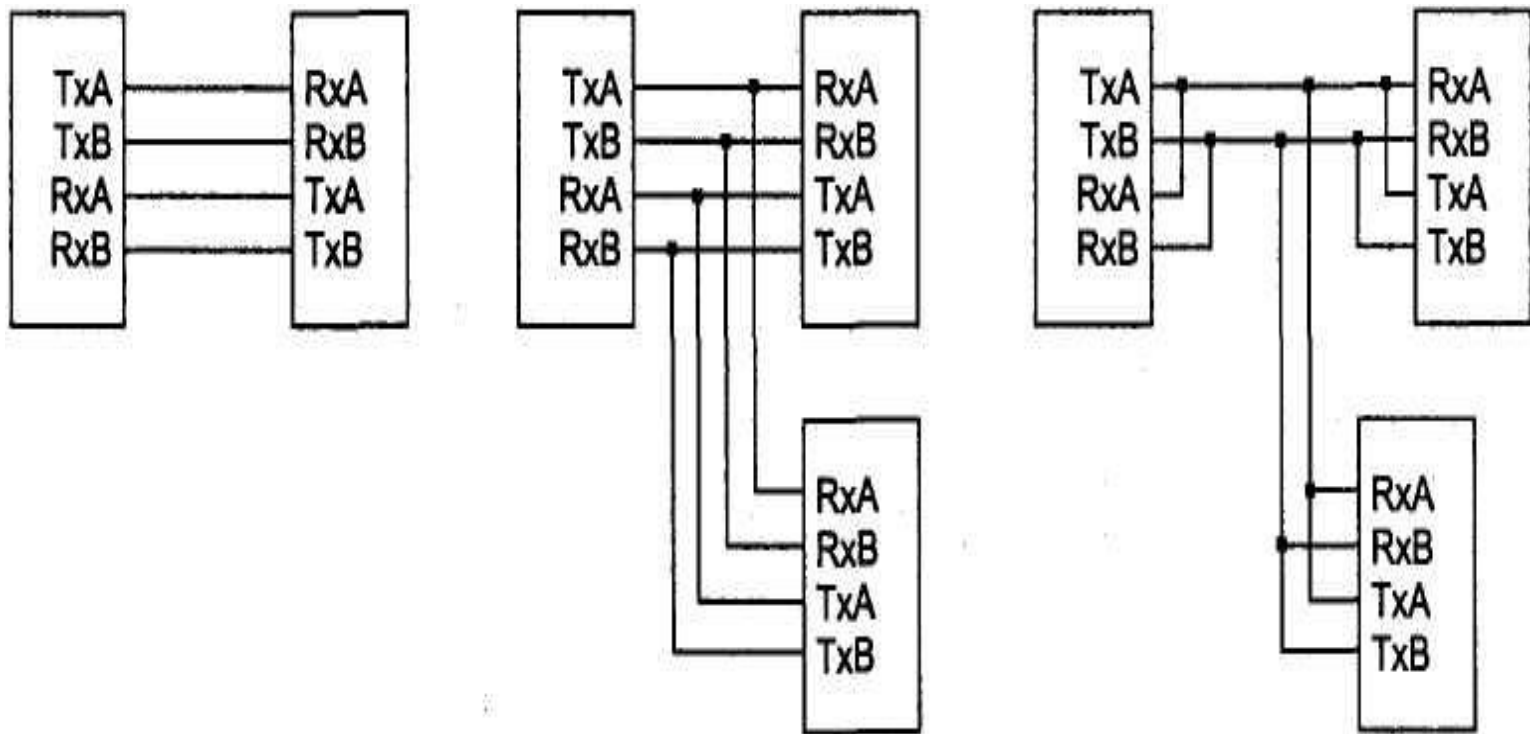
СОМ2: 0000:0402h – 0000:0403h

СОМ3: 0000:0404h – 0000:0405h

СОМ4: 0000:0406h – 0000:0407h

# Последовательные интерфейсы





Топология интерфейсов: а — RS-422, б — RS-485  
 четырехпроводный, в — RS-485 двухпроводный

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*. На рис. 2.8 приведены схемы соединения приемников и передатчиков, а также показаны ограничения на длину линии ( $L$ ) и максимальную скорость передачи данных ( $V$ ). 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.

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  $U_A - U_B > 0,2$  В (А положительнее В) — состояние «выключено» (space),  $U_A - U_B < -0,2$  В (А отрицательнее В) — состояние «включено» (mark). Диапазон  $|U_A - U_B| < 0,2$  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.



# I2C-Inter-IntegratedCircuit

**SPI(Serial Peripheral Interface)**

**КОП(GPIB)–канал общего пользования (General-Purpose Interface bus)**

**CAN (Controller Area Network)**

# Последовательный интерфейс I2C.

- Двухнаправленный обмен по двум линиям (SCL, SDA)
- Скорость обмена - до 100 кбит
- Возможность адресации до 128 устройств

- Обе линии –с открытым коллектором
- Master–источник сигнала SCL (тактового)
- Данные меняются только при низком уровне SCL
- Изменение данных при высоком уровне SCL–признак начала или конца передачи (старт –отрицательный перепад, стоп –положительный перепад).

- Формат посылки
  - «старт»-условие
  - 7 бит – адрес Slave-устройства, которому предназначена посылка
  - 1 бит – чтение(1)/запись(0)
  - 8 бит данных
- Передача начинается со старших разрядов
- Логический формат посылок не специфицирован

Philips разработала простую двунаправленную двухпроводную шину для эффективного “межмикросхемного” (inter-IC) управления. Шина так и называется - InterIC, или IC (I2C) шина. В настоящее время ассортимент продукции Philips включает более 150 КМОП и биполярных I2C-совместимых устройств, функционально предназначенных работы во всех трех вышеперечисленных категориях электронного оборудования.

Все I2C-совместимые устройства имеют встроенный интерфейс, который позволяет им связываться друг с другом по шине I2C. Это конструкторское решение разрешает множество проблем сопряжения различных устройств, которые обычно возникают при разработке цифровых систем.

**Вот некоторые достоинства шины I<sup>2</sup>C:**

Требуется только две линии - линия данных (SDA) и линия синхронизации (SCL) Каждое устройство, подключённое к шине, может быть программно адресовано по уникальному адресу. В каждый момент времени существует простое отношение ведущий/ведомый: ведущие могут работать как ведущий-передатчик и ведущий-приёмник.

I<sup>2</sup>C-совместимые микросхемы не только помогают конструкторам, но и дают широкий диапазон преимуществ для технологов, потому что: Простая двухпроводная последовательная шина I<sup>2</sup>C минимизирует соединения между микросхемами; микросхемы имеют меньше контактов и требуется меньше дорожек, результат - печатные платы становятся менее дорогими и меньше по размеру.

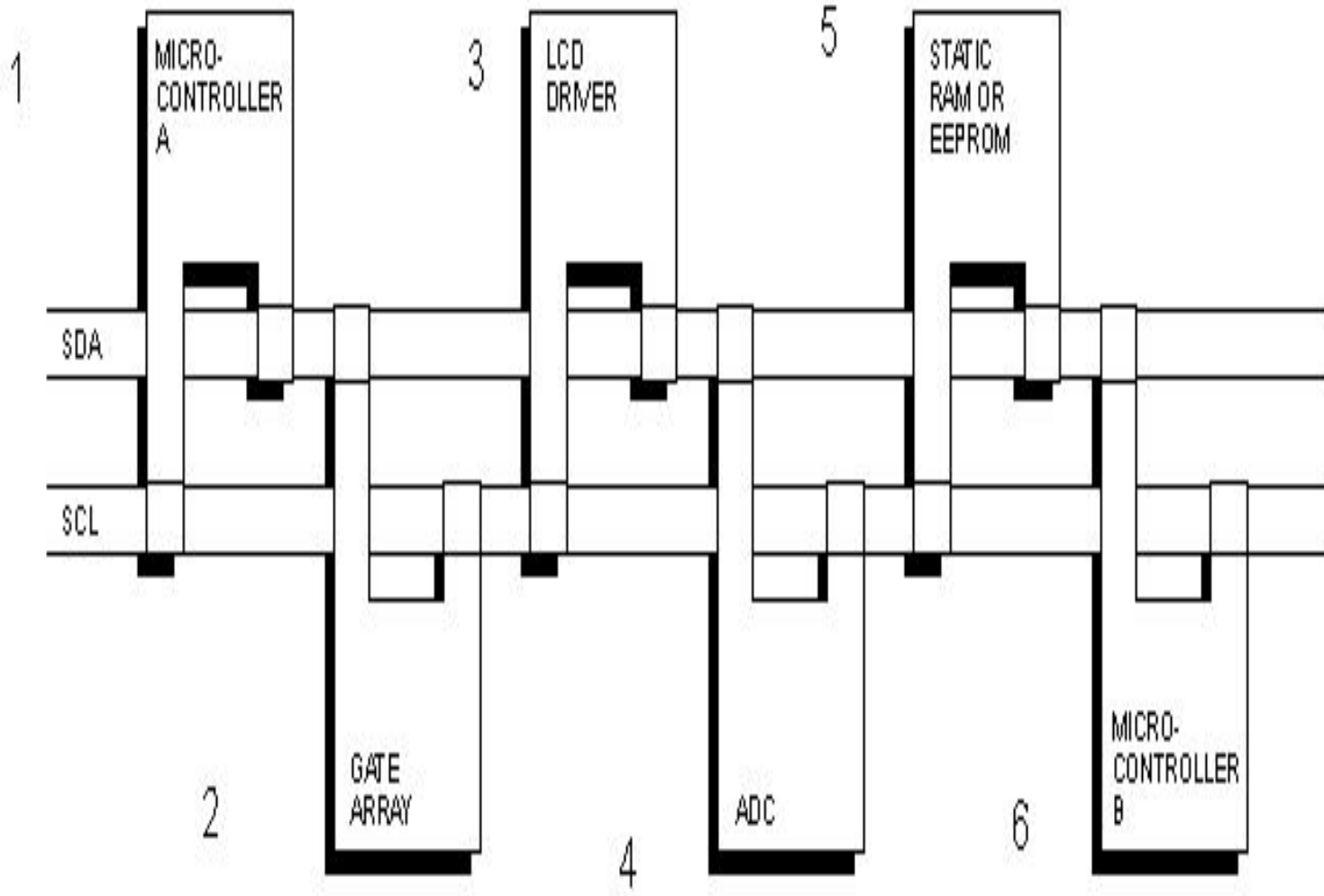


Полностью интегрированный I<sup>2</sup>C-протокол устраняет необходимость в дешифраторах адреса и другой внешней мелкой логике.

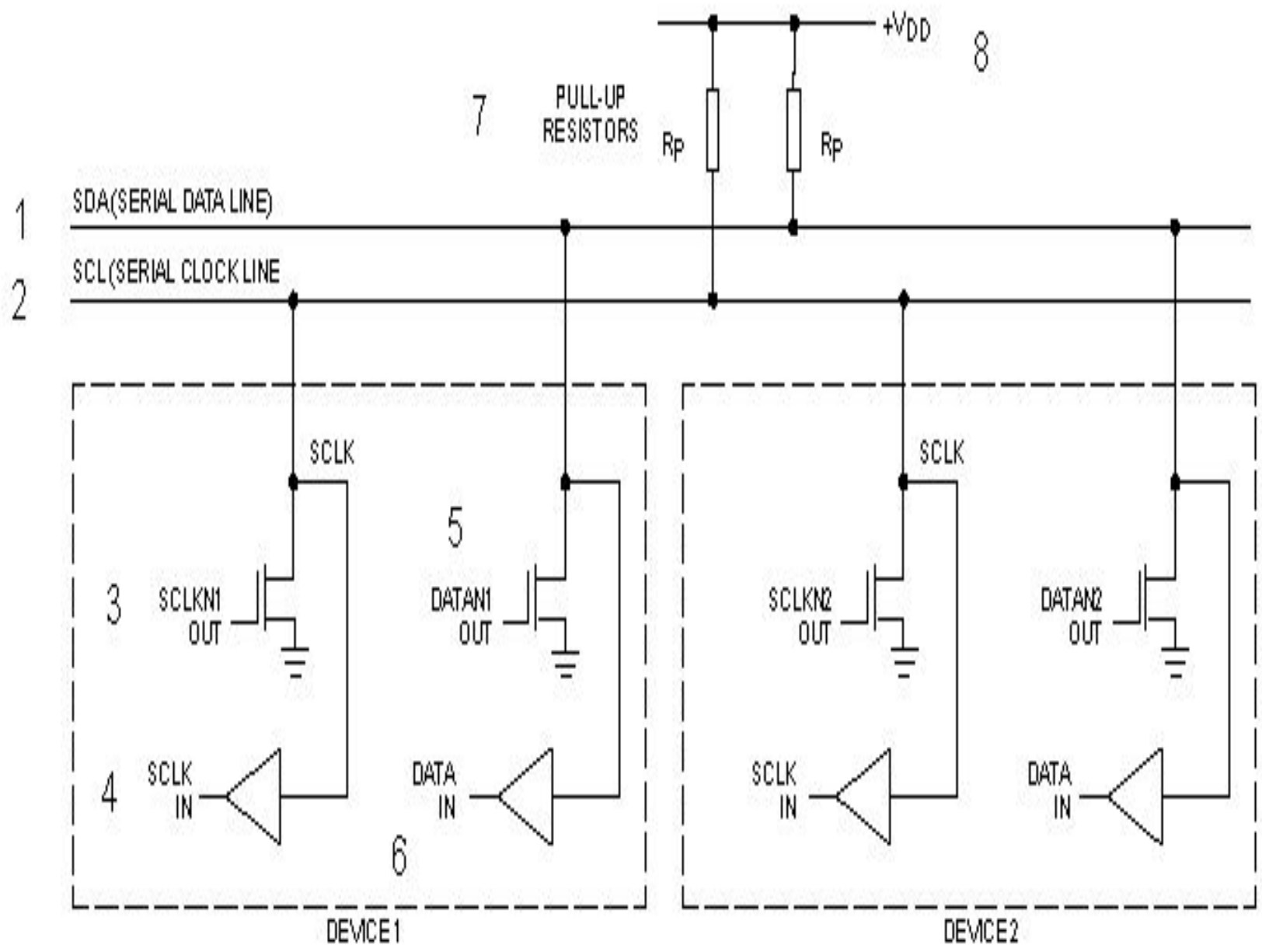
Возможность нескольких “ведущих” на I<sup>2</sup>C-шине позволяет ускорить тестирование и настройку оборудования при помощи подключения шины к компьютеру сборочной линии.

Шина I2C поддерживает любую технологию изготовления микросхем (НМОП, КМОП, биполярную). Две линии, данных (SDA) и синхронизации (SCL) служат для переноса информации. Каждое устройство распознается по уникальному адресу - будь то микроконтроллер, ЖКИ буфер, память или интерфейс клавиатуры - и может работать как передатчик или приёмник, в зависимости от назначения устройства.

Обычно ЖКИ буфер - только приёмник, а память может как принимать, так и передавать данные. Кроме того, устройства могут быть классифицированы как ведущие и ведомые при передаче данных. Ведущий - это устройство, которое инициирует передачу данных и вырабатывает сигналы синхронизации. При этом любое адресуемое устройство считается ведомым по отношению к ведущему.



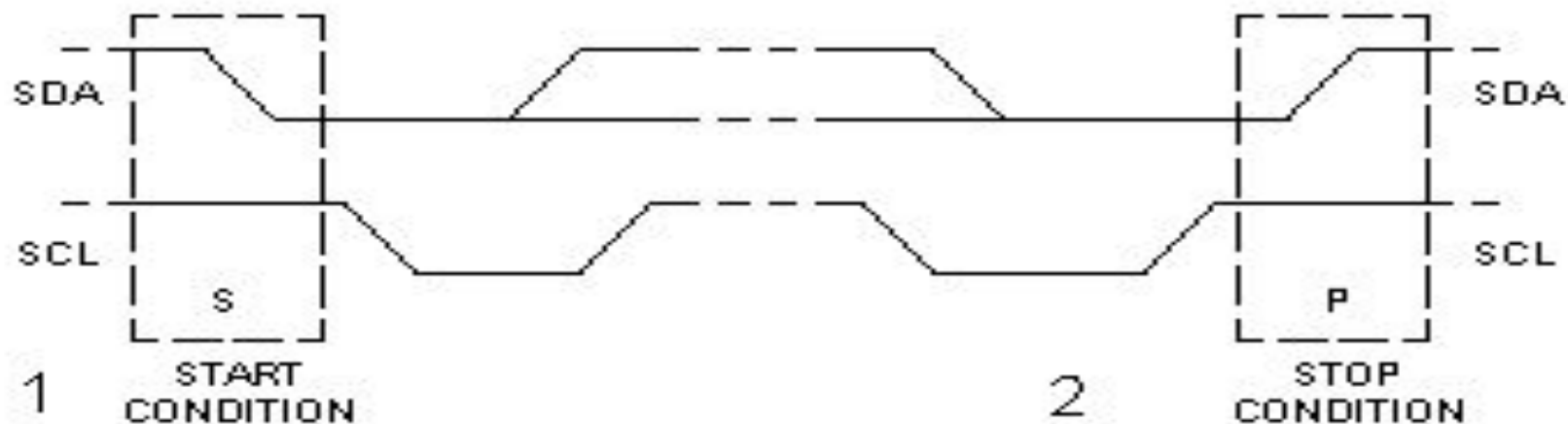
Как SDA, так и SCL являются двунаправленными линиями, подсоединенными к положительному источнику питания через подтягивающий резистор (см. Рис 4). Когда шина свободна, обе линии находятся в ВЫСОКОМ положении. Выходные каскады устройств, подключенных к шине, должны иметь открытый сток или открытый коллектор для обеспечения функции монтажного И. Данные по шине I<sup>2</sup>C могут передаваться со скоростью до 100 кбит/с в стандартном режиме, и до 400 кбит/с в “быстром” режиме. Количество устройств, подключенных к шине, определяется единственным параметром - емкостью линии (до 400 пф).



Специальные ситуации на шине отмечают сигналы START и STOP

Переход линии SDA из ВЫСОКОГО состояния в НИЗКОЕ, в то время как SCL находится в ВЫСОКОМ состоянии означает START.

Переход линии SDA из НИЗКОГО состояния в ВЫСОКОЕ при SCL в ВЫСОКОМ состоянии означает STOP.

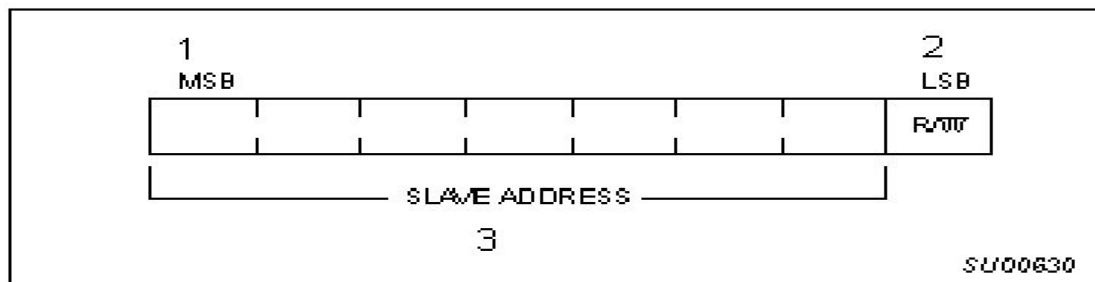


Каждый байт, передаваемый по линии SDA, должен состоять из 8 бит. Количество байт, передаваемых за один сеанс связи неограничено. Каждый байт должен оканчиваться битом подтверждения. Данные передаются, начиная с наиболее значащего бита. Если приёмник не может принять еще один целый байт, пока он не выполнит какую-либо другую функцию (например, обслужит внутреннее прерывание), он может удерживать линию SCL в НИЗКОМ состоянии, переводя передатчик в состояние ожидания. Пересылка данных продолжается, когда приёмник будет готов к следующему байту и отпустит линию SCL.



## Форматы с 7-битным адресом

Посылки данных происходят в формате, показанном на рис. 11. После сигнала СТАРТ посылается адрес ведомого. После 7 бит адреса следует бит направления данных (R/W<sup>^</sup>), “ноль” означает передачу (запись), а “единица” - прием (чтение). Пересылка данных всегда заканчивается сигналом СТОП, генерируемым ведущим. Однако, если ведущий желает оставаться на шине дальше, он должен выдать повторный сигнал СТАРТ и затем адрес следующего устройства. При таком формате посылки возможны различные комбинации чтения/записи.



**Рисунок – Формат первого передаваемого байта при 7-ми битной адресации.**

После сигнала СТАРТ посылается адрес ведомого. После 7 бит адреса следует бит направления данных (R/W), "ноль" означает передачу (запись), а "единица" – прием (чтение). Пересылка данных всегда заканчивается сигналом СТОП, генерируемым ведущим.

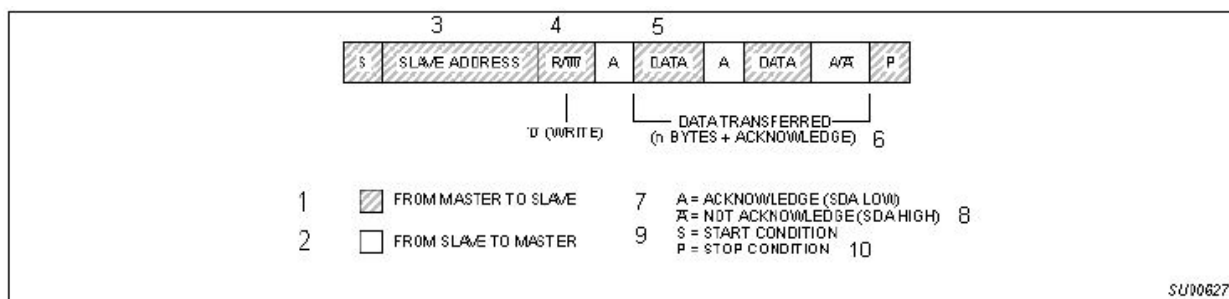


Рисунок - Ведущий-передатчик адресует ведомого-приемника 7-битным

Ведущий-передатчик передает данные ведомому-приёмнику. Направление пересылки данных не изменяется.

Рисунок – Формат первого передаваемого байта при 7-ми битной адресации.

10-битная адресация не меняет формат шины. Для этого используется зарезервированная адресная комбинация 1111XX первых семи бит первого байта. 10-битная адресация не влияет на существующую 7-битную адресацию. Устройства с 7-битной и 10-битной адресацией могут быть подключены к одной шине.

Хотя имеются восемь возможных комбинаций последовательности 1111XX, из них используются только четыре - 11110XX. Комбинации типа 11111XX зарезервированы для дальнейших улучшений шины.







# Последовательный интерфейс SPI.

SPI интерфейс – трех-проводной интерфейс предназначенный для синхронного двухстороннего дуплексного обмена данными между двумя устройствами.

**Master (ведущий)** инициирует пересылку данных, вырабатывает синхроимпульсы, заканчивает пересылку данных.

**Slave (Ведомый)** Устройство, адресуемое ведущим (может быть как приемником так и передатчиком).



# SPI(Serial Peripheral Interface)

• **MISO**- MasterIn, Slave Out-выход ведомого, вход ведущего.

**MOSI**-Master Out, SlaveIn -вход ведомого, выход ведущего.

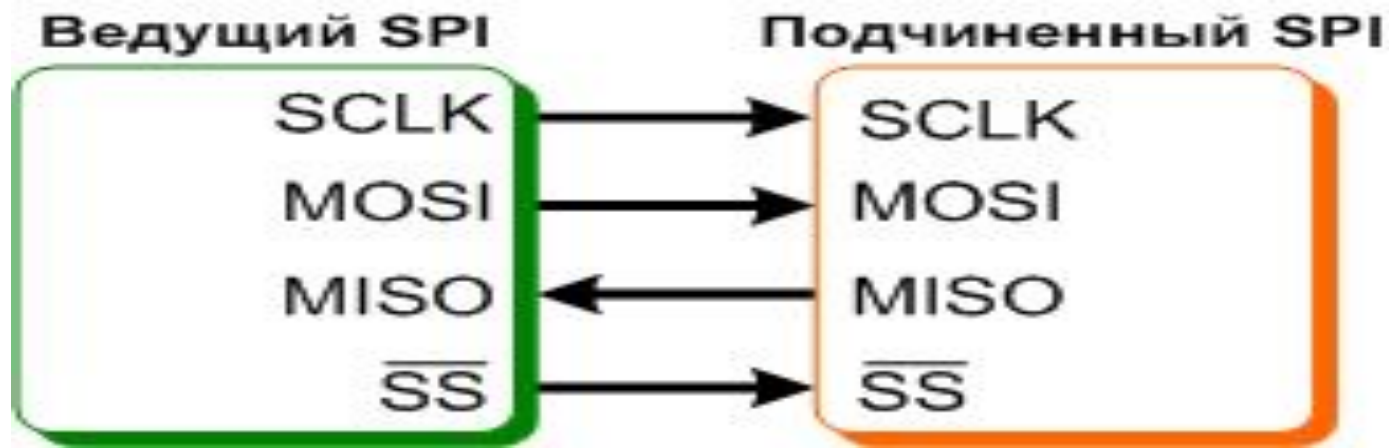
**SCK**-SPI Clock -тактовая линия.

**#SS**-Slave Select. "0" -контроллер работает ведомым, "1" -ведущим.

- Стандартный периферийный порт микроконтроллеров
- Подключение внешних устройств с невысокой скоростью обмена
- Для чтения достаточно двух линий (в том числе облегчается гальваническая развязка)

SPI - популярный интерфейс для последовательного обмена данными между микросхемами. Интерфейс SPI, наряду с I2C, относится к самым широко-используемым интерфейсам для соединения микросхем. Изначально он был придуман компанией Motorola, а в настоящее время используется в продукции многих производителей. Его наименование является аббревиатурой от 'Serial Peripheral Bus', что отражает его предназначение - шина для подключения внешних устройств.

Шина SPI организована по принципу 'ведущий-подчиненный'. В качестве ведущего шины обычно выступает микроконтроллер, но им также может быть программируемая логика, DSP-контроллер или специализированная ИС. Подключенные к ведущему шины внешние устройства образуют подчиненных шины. В их роли выступают различного рода микросхемы, в т. ч. запоминающие устройства (EEPROM, Flash-память, SRAM), часы реального времени (RTC), АЦП/ЦАП, цифровые потенциометры, специализированные контроллеры и др.

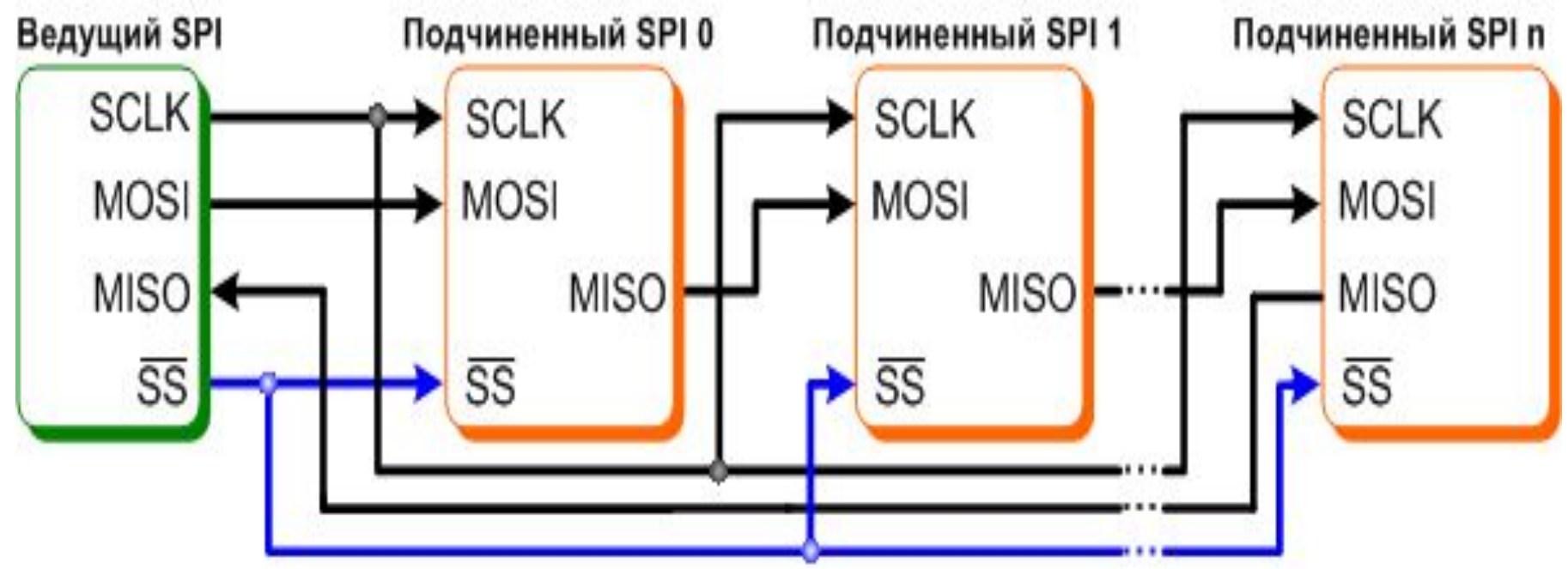
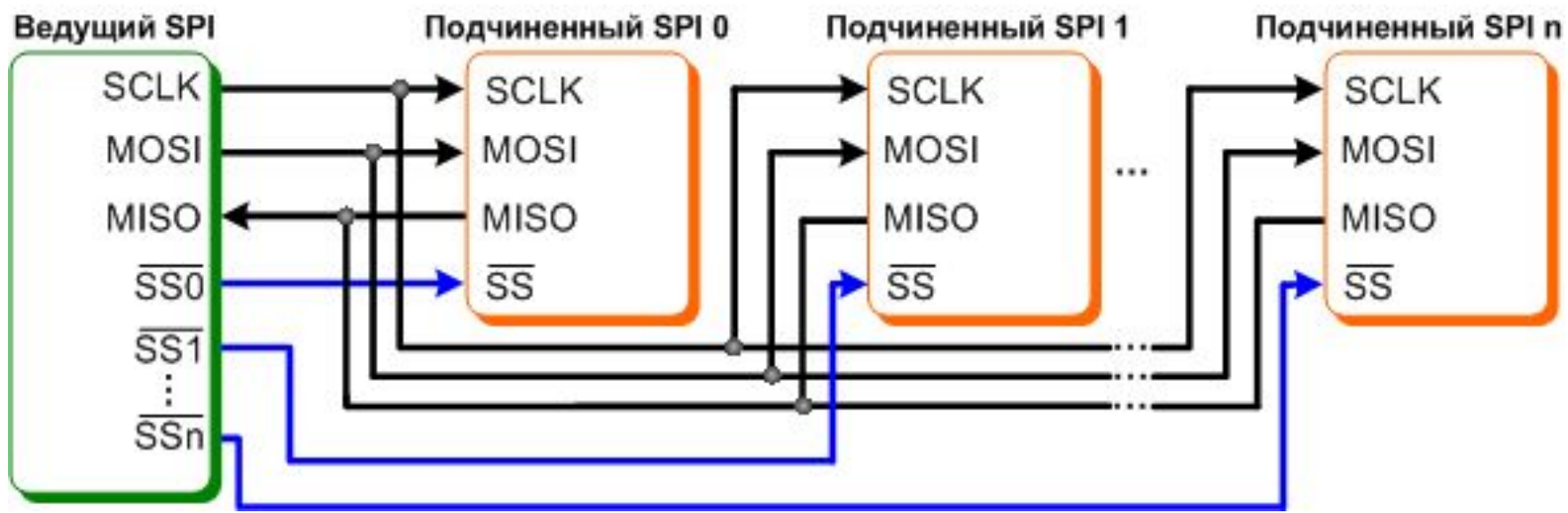


Простейшее подключение к шине SPI

Самое простое подключение, в котором участвуют только две микросхемы, показано на рисунке 1. Здесь, ведущий шины передает данные по линии MOSI синхронно со сгенерированным им же сигналом SCLK, а подчиненный захватывает переданные биты данных по определенным фронтам принятого сигнала синхронизации. Одновременно с этим подчиненный отправляет свою посылку данных

При необходимости подключения к шине SPI нескольких микросхем используется либо независимое (параллельное) подключение, либо каскадное (последовательное) .

Независимое подключение более распространено, т.к. достигается при использовании любых SPI-совместимых микросхем. Здесь, все сигналы, кроме выбора микросхем, соединены параллельно, а ведущий шины, переводом того или иного сигнала  $SS$  в низкое состояние, задает, с какой подчиненной ИС он будет обмениваться данными.



# КОП(GPIB)–канал общего пользования (General-Purpose Interface bus)

- == ГОСТ 26.003-80 («Система интерфейса для измерительных устройств с байт-последовательным, бит-параллельным обменом информацией»)
- Введено Hewlett-Packard (HP-IB) для унификации интерфейсов лабораторного измерительного оборудования



• Не более 15 устройств одновременно на шине, включено не менее  $2/3$  (при выключении любого количества устройств уровень сигналов должен быть не менее 2,5 В)

• Число адресов – 31 при однобайтной и 961 при двухбайтной адресации

• Расстояние:

– 20 м при 250 000 байт/с, источник с ОК 48 мА

– 20 м при 500 000 байт/с, источник с тремя состояниями 48 мА

– 15 м при 1 000 000 байт/с; источник с тремя состояниями 48 мА, не более 50 пФ на линию

- Линии интерфейса:
  - ЛД0 –ЛД7 (DIO) линии данных
  - СД (DAV, Data Valid) сопровождение данных
  - ГП (NRFD, Not Ready For Data) готов к приему
  - ДП (NDAC, Not Data Accepted) данные приняты
  - ОИ (IFC, Inter Face Clear) очистить интерфейс
  - УП (ATN, Attention) управление
  - ЗО (SRQ, Service Request) запрос на обслуживание
  - ДУ (REN, Remote Enable) дистанционное управление
  - КП (EOI, End) конец передачи

- Все сообщения через КОП подразделяются на:
  - Интерфейсные сообщения
  - Сообщения устройств
- 19 групп команд
- Исчерпывающий контроль состояний при обмене

- Приборы имеют собственные наборы команд, которые должны быть переданы в обычном режиме (УП неактивен)
- Существует большое количество приборов выпуска 80-х гг. с интерфейсом КОП

# CAN (Controller Area Network)

- Интерфейс с высокой надежностью, ориентированный на применение в автомобилестроении
- Три провода (2 сигнальных + общий), возможна работа при наличии любых двух
- Развитые средства диагностики, прозрачный протокол доставки данных
- Контроллер–встроенный в МК или отдельный
- Работа –на уровне программирования регистров контроллера
- Firm ware (программная надстройка) –зависит от приложения

CAN (Control Area Network) - последовательная магистраль, обеспечивающая увязку в сеть "интеллектуальных" устройств ввода/вывода, датчиков и исполнительных устройств некоторого механизма или даже предприятия. Характеризуется протоколом, обеспечивающим возможность нахождения на магистрали нескольких ведущих устройств, обеспечивающим передачу данных в реальном масштабе времени и коррекцию ошибок, высокой помехоустойчивостью. Система CAN обеспечена большим количеством микросхем, обеспечивающих работу подключенных к магистрали устройств, разработку которых начинала фирма BOSCH для использования в автомобилях, и в настоящее время широко используемых в автоматизации промышленности.

