

---

**6. Интерфейс ввода-вывода данных**  
**Организация ввода-вывода данных**

Микропроцессор осуществляет обмен данными с устройствами, которые могут располагаться на одной с ним плате, либо с устройствами, подключаемые к нему через усилители посредством кабелей с разъемами. В любом случае должен существовать определенный стандарт на организацию каналов связи, обеспечивающих обмен данными с внешними устройствами.

Чаще всего обмен данными на небольшие расстояния, например, в пределах одной или нескольких плат происходит по параллельным линиям связи, то есть каждый бит информации передается по отдельному каналу. Такой способ обмена обеспечивает наибольшее быстродействие, однако линии связи занимают на плате много места, а при передаче за пределы платы требуются дорогие многожильные кабели. В тех случаях, когда скорость обмена не велика, используются последовательные линии связи, по которым информационные биты передаются последовательно по одной линии в соответствии с тактовой частотой передачи. Как правило, они используются для удаленной связи, например, в информационных сетях, но могут применяться и на одной плате, как, например, двухпроводной последовательный канал связи I<sup>2</sup>C.

Обмен данными может осуществляться в синхронном и асинхронном режимах. Синхронный режим передачи предполагает, что при каждом выполнении команд обмена устройство готово к приему или выдаче данных. Данные поступают на линии связи или считываются с них синхронно со стробирующими сигналами, которые генерируются микропроцессором или другим активным устройством, например, контроллером прямого доступа к памяти. Однако в этом случае посылающее устройство не знает получены ли данные адресатом. Кроме того, при больших расстояниях сигналы могут устанавливаться недостаточно быстро, чтобы обеспечивать надежную передачу данных.

Асинхронный режим или режим передачи с квитированием обеспечивается дополнительными сигналами готовности и подтверждения передачи данных. Перед началом передачи данных микропроцессор проверяет сигнал готовности устройства к приему, а затем, другим сигналом оповещает устройство, что данные отправлены. При приеме данных МП посылает сигнал готовности к приему и опрашивает сигнал подтверждения от устройства, что данные переданы. Основное

достоинство асинхронного режима заключается в возможности использовать линии связи любой длины за счет лишь незначительного усложнения аппаратуры.

При организации связи с медленными устройствами в синхронном режиме передачи данных необходимо включение тактов ожидания кратное тактам стробирования, в асинхронном режиме увеличение цикла обмена происходит естественным образом.

Для организации системы ввода-вывода данных с внешними устройствами существует разнообразные стандартные правила или протоколы обмена, которые чаще называются стандартными интерфейсами ввода-вывода, включая в это понятие и аппаратные средства обеспечения ввода вывода. Интерфейсы внешних устройств разделяются на две большие категории: радиального (двухточечного) и магистрального (многоточечного) типа. Наиболее широко распространены в МПС универсальные интерфейсы радиального типа - параллельные: ИРПП, Centronics, последовательные: ИРПС, RS232C; магистрального типа - параллельные: SCSI, МЭК625-1, последовательные: I<sup>2</sup>C, RS422A, RS485.

### **Интерфейсы радиальные параллельного типа**

Аналогом ИРПП является стандартный интерфейс BS 4421, разработанный в Великобритании. Передача данных в ИРПП осуществляется между передающим устройством, называемым источником (S), и принимающим устройством - приемником (A). На рис. 6.1 приведен пример использования интерфейса в системе связи контроллера с внешними устройствами, в составе которых имеется цифровой вольтметр с программным переключением предела измерения и режима работы (ЦВ), коммутатор измерительных каналов (К) и печатающее устройство (ПУ). Если контроллер одновременно выполняет функции приема и передачи, то требуется соответствующее количество сопряжений стандартного интерфейса (СИ) источник-приемник.

Набор информационных, управляющих и вспомогательных сигналов стандартного интерфейса, а также направления их передачи изображены на рис. 6.2. Сигналы готовности источника SO и приемника AO устанавливаются на все время связи устройств для индикации их рабочего состояния. Сигнал запроса данных приемником AC (Acceptance Control) и подтверждения истинности данных на линии источником SC (Source Control) предназначены для квитирования в процессе передачи данных по линиям D7...D0. Цикл работы системы повторяется до тех пор, пока не будет установлен сигнал ST, свидетель-

ствующий, что передано последнее слово в блоке данных, или пока приемник не распознает ошибку и не выдаст сигнал АЕ. Для надежности передачи данных сигнал РV включает выполнение контроля четности, а передача сигнала по линии Р приводит к нечетности суммы единичных сигналов в линиях данных. Линии S и Z выполняют функции общего провода и защитного заземления устройств.

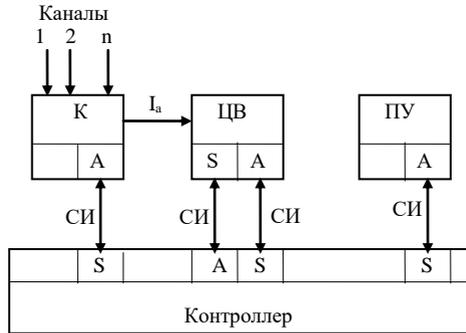


Рис. 6.1. Пример использования интерфейса ИРПП



Рис. 6.2. Структура связей между источником и приемником сообщений

Временная диаграмма передачи данных изображена на рис. 6.3. Инициатором передачи данных является приемник, который в момент 1 информирует источник о своей готовности. Источник готовит данные и в момент 2 сообщает приемнику, что данные в линиях действительны. В момент 3 данные принимаются приемником, но к очередному обмену он уже не готов. С момента 4 сигналы кодов в линиях данных не действительны и затем может начаться следующий цикл пере-

дачи. Приемник распознает команду SC за время  $D_A$ , а источник команду AC за время  $D_S$ . Периоды  $T_1$  и  $T_3$  - время работы источника,  $T_2$  и  $T_4$  - приемника. Скорость передачи данных зависит от характеристик функциональных элементов системы и задержки прохождения сигналов в кабельных соединениях. Минимальное время передачи одного слова равно  $T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + 4T_d$ . Время задержки кабеля  $T_d$  в стандарте указано для ограничения длины кабеля до 1500 м.

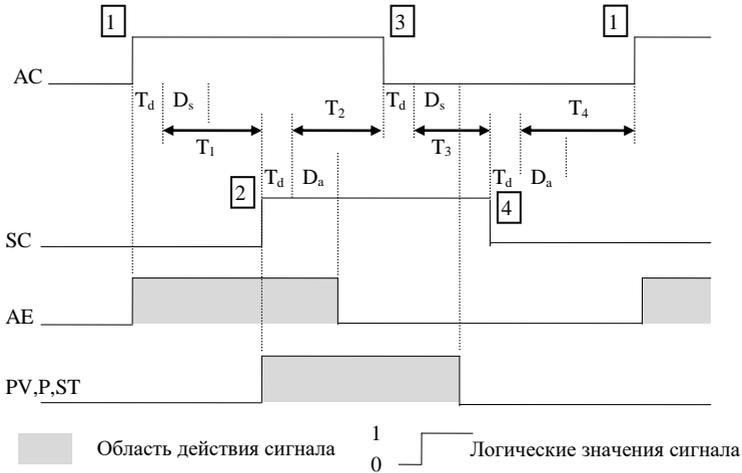


Рис. 6.3. Временная диаграмма передачи данных

**Интерфейсы радиальные последовательного типа**

Интерфейс обеспечивает асинхронную передачу постоянного тока по дуплексной линии. Допускается наличие цепи, определяющее состояние устройства ввода-вывода. Каждая цепь выполняется витой парой. Первая линия предназначена для передаваемых данных, вторая - для принимаемых данных и необязательная третья линия - для указания состояния приемника. В случае, если устройство предназначено только для приема, первая линия разомкнута. Третья линия в состоянии логической 1 указывает готовность приемника принять новую информацию.

Последовательная передача данных осуществляется словами по 5 - 8 бит со скоростью 9600 бит/с на расстояние до 500 м. Формат передаваемого кадра, изображенный на рис. 6.4, содержит помимо данных

стартовый бит, необязательный бит контроля четности, дополняющий до четного количества бит истинного значения, и один или два стоповых бита. Размещение данных в кадре начинается с младшего бита.

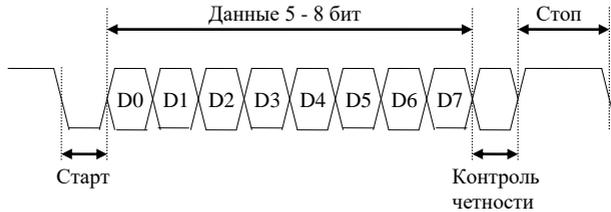


Рис. 6.4. Формат кадра передаваемой информации

Наиболее широко распространенным последовательным интерфейсом для связи между компьютером и внешними устройствами является стандарт RS232C/CCITT V24, утвержденный ассоциацией электронной промышленности (EIA). Для него предполагается наличие оборудования двух видов: оконечное оборудование данных DTE (Data Terminal Equipment) и аппаратура передачи данных DCE (Data Communication Equipment). Как правило, терминальным оборудованием является компьютер, а в качестве примера связного оборудования можно привести модем, который служит последовательным звеном в цепи компьютера и телефонной линии.

Интерфейс RS232C включает в себя 25 линий, которые обеспечивают два независимых последовательных канала данных: главный и вспомогательный. Оба канала могут работать в дуплексном асинхронном режиме, т. е. одновременно принимать и передавать данные. Однако на практике вспомогательный канал применяется редко, и обычно используются только 9 линий, приведенных в табл. 6.1.

TxD и RxD - линии передачи и приема данных; RTS и CTS - пара квитирования передачи данных; DTR и DSR пара квитирования готовности оборудования; DCD и RI - разрешение входа DTE. На всех сигнальных линиях действуют биполярные уровни, причем установленные данные имеют отрицательную полярность (см. рис. 6.5): логический 0 (SPACE) имеет уровень напряжения от +3 до +25 В, а логическая 1 (MARK) - от -3 до -25 В, а установленные управляющие сигналы - положительную полярность того же уровня напряжения.

Таблица 6.1. Сигналы 9-контактного RS232C

Наименование	Номер контакта	Направление DTE↔DCE	Функция (со стороны DTE)
TxD	3	→	Передаваемые данные
RxD	2	←	Принимаемые данные
RTS	7	→	Запрос передачи (DTE готово послать данные)
CTS	8	←	Готов к передаче (DCE готово принять данные)
DTR	4	→	DTE готово
DSR	6	←	DCE готово
DCD	1	←	Детектор принимаемого сигнала
RI	9	←	Индикатор вызова
SG	5		Общий

Сдвиг уровня, т.е. преобразование TTL-уровней в уровни интерфейса RS232C и наоборот, производится специальными микросхемами драйвера линии и приемника линии, например, 1488 и 1489 соответственно или 75150 и 75154, аналогами которых являются отечественные микросхемы К170АП2 и К170ПУ2. Существенный недостаток этих микросхем в том, что им требуется двуполярное питание  $\pm 12$  В. Фирма Maxim предлагает для этих целей семейство микросхем MAX220 - MAX249 с одним питающим напряжением +5 В, в которых вырабатываются необходимые уровни интерфейса до напряжения  $\pm 10$

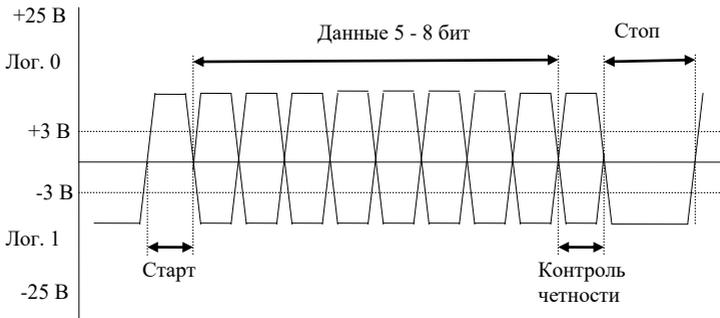


Рис. 6.5. Логические уровни передаваемого кадра данных в стандарте RS232C

Наличие двух типов оборудования для RS232C вносит некоторую сложность в разводке кабеля, осуществляющего связь между ними. На рис. 6.6 изображены некоторые варианты соединительных кабелей.

На рис. 6.6а показаны соединения для пары устройств DTE - DCE, когда оба устройства используют полный протокол квитирования. Одна пара квитующих сигналов представлена линиями RTS, CTS, другая - линиями DTR, DSR. На рис. 6.6в показан кабель “нуль-модема” с перекрещенными входами и выходами для пары DTE - DTE. Тот же кабель годится и для пары DCE - DCE, только надо изменить направление стрелок и опустить соединение контакта DCD. Если одно устройство реализует протокол квитирования, а другое нет, то кабели распаиваются так, чтобы устройство само отвечало на свои же сигналы квитирования. Такое соединение для пары DTE - DCE показано на рис. 6.6б, и для пары DTE - DTE (или пары DCE - DCE, но тогда без соединения контакта DCD) - на рис. 6.6г.

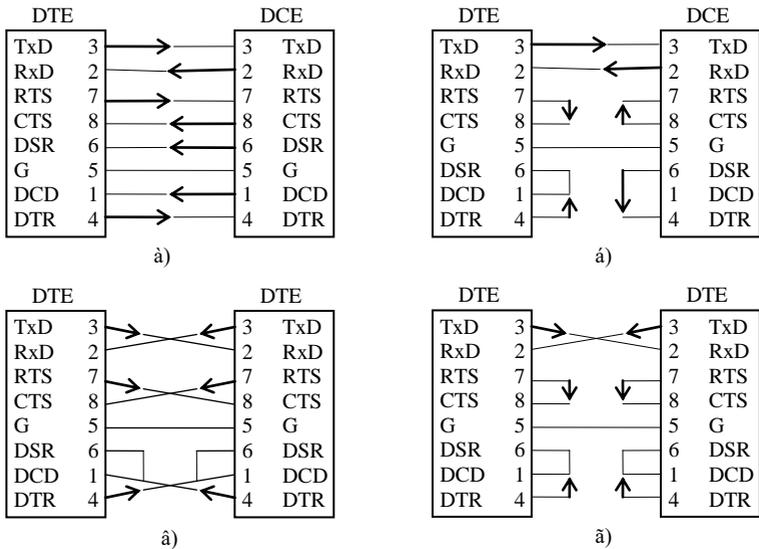


Рис. 6.6. Кабели 9-контактные RS232C: а) для пары DTE - DCE с линиями квитирования; б) для пары DTE - DCE без линий квитирования; в) для пары DTE - DTE с линиями квитирования; г) для пары DTE - DTE без линий квитирования.

Некоторые устройства используют аппаратные сигналы квитирования RTS, CTS для индикации начала и конца передачи данных, в то время как более медленные устройства (например, принтер) держит их

установленными. Другие осуществляют программное квитирование: Ctrl-S (для остановки) и Ctrl-Q (для возобновления).

Интерфейс RS232C обеспечивает дальность связи до 15 м при скорости передачи 19200 бит/с, линии связи представляют собой многожильный кабель. Для более высокой скорости передачи разработаны другие последовательные интерфейсы, как например, RS423, протокол которого принципиально совместим с интерфейсом RS232. Он обеспечивает скорость передачи до 100 кбит/с и дальность - до 1200 м (но не одновременно). В качестве линий связи здесь используются витые пары. Другой интерфейс RS422 представляет собой протокол для однополярных цепей с дифференциальным выходом сигнала с граничными возможностями 10 Мбит/с и 1200 м.