

**МПСвЭПиТК**

Передача данных

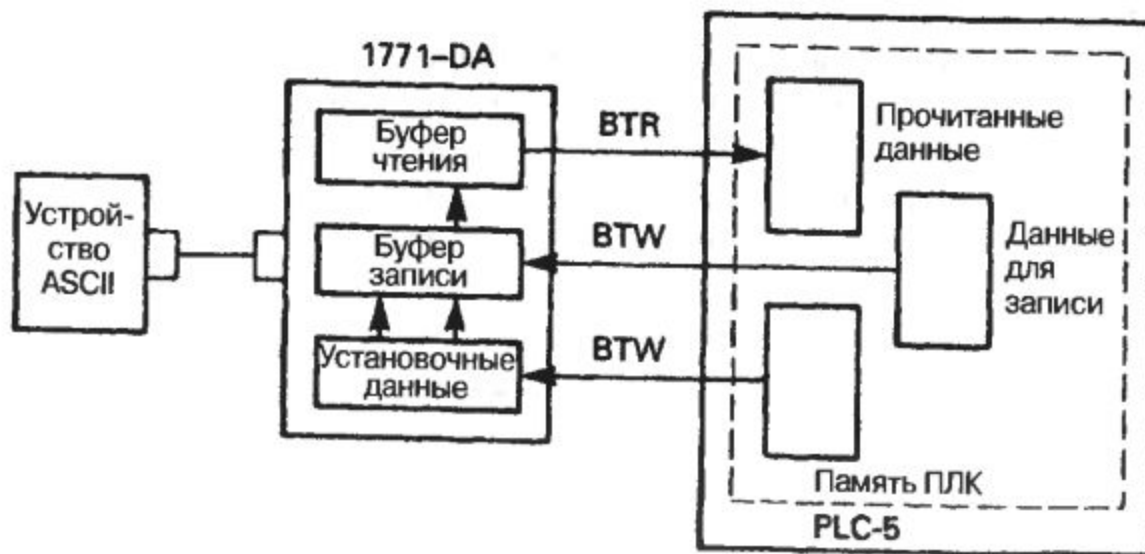
## **Двухточечная связь**

ПЛК часто используются для осуществления простой последовательной связи с различными устройствами. Типичными примерами являются получение информации от измерительного прибора или устройства, считывающего штрихкод, задание уставки управляющему устройству

Двухточечные связи обычно являются достаточно простыми, и самое большее, что в них используется, это контроль по четности на наличие ошибок. Когда происходит чтение данных с какого-либо устройства, то вполне возможно, что выходной порт этого устройства был создан исключительно для связи с принтером, поэтому будут использованы лишь несколько (если вообще какие-то) управляющих сигналов, представленных в схеме на рис. 5.8. Первое, что надо сделать для чтения или записи данных, это определить следующее:

- а) способ подключения прибора или устройства;
- б) скорость двоичной передачи в бодах;
- в) формат данных (ASCII, количество битов, применение контроля по четности, число стоповых битов);
- г) способ использования управляющих сигналов;
- д) способ инициации передачи сообщения;
- е) вид сообщения.

Действие модуля проиллюстрировано на рис. 5.18. Данные, которыми модуль обменивается с внешними устройствами, буферизуются. Общая емкость этих буферов равна 2 К байтов, а распределение ее для входных и выходных данных задается как часть конфигурации ВТW.



Работа модуля ASCII с инструкциями поблочной передачи

Данные из внешнего мира поступают во входной буфер и передаются в блок памяти PLC-5 с помощью инструкции ВTR. Во внешний мир данные записываются через выходной буфер с помощью инструкции ВTW.

Типичное входное сообщение может поступить от датчика температуры в виде, Нам необходимо знать,  
когда именно сообщение было получено. Оно будет введено от внешнего устройства во входной буфер, и ПЛК получит разрешение выполнить инструкцию ВTR в следующих двух случаях:

1. Когда буфер заполнен (т. е. отведенный буферу размер в точности совпадает с длиной сообщения) или
2. Если принят символ, который в конфигурации ВTW определен как «признак конца». Обычно это символ возврата каретки <CR> или <ETX> или даже символ, специально выделенный для конкретного приложения. На рис. 5.19 для этой цели могут быть использованы символы <C> или <CR>.

## **Вычислительные сети**

До сих пор мы рассматривали двухточечные связи. Для распределенной системы управления необходим метод, с помощью которого можно было бы объединить несколько ПЛК или компьютеров, что позволит легко осуществлять связь между любыми компонентами системы.

Чтобы выполнить эту задачу, нам потребуется установить топологию соединений, определить способ совместного использования общей сети, устраняющий конфликтные ситуации, связанные с ожиданием соединения, и разработать систему адресов, позволяющую обмениваться сообщениями между компонентами системы. Подобные системы известны как локальные вычислительные сети (LAN – local area network) или широкомасштабные вычислительные сети (WAN – wide area network), в зависимости от размеров области охвата и количества станций.

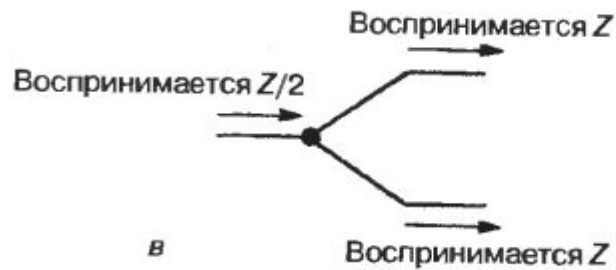
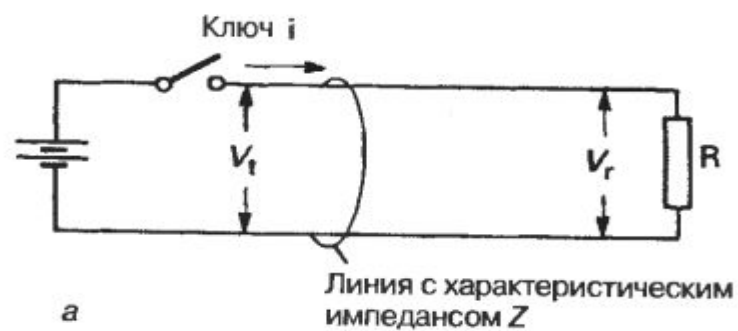
### **Линии передачи**

В основе любой сети, как известно, лежат кабельные соединения, и если речь идет о высокоскоростной передаче сообщений, то предварительно нужно рассмотреть некоторые вопросы теории связи.

Рассмотрим простую цепь, изображенную на рис. 5.22 (а). В момент замыкания ключа источнику напряжения неизвестна величина нагрузки на другом конце линии. Поэтому начальный скачок тока  $i$  определяется не нагрузкой, а характеристиками кабеля (зависящими от индуктивности и емкости, приходящихся на единицу длины). Характеристический импеданс линии обычно равен 75 Ом или 50 Ом для коаксиального кабеля и 120–150 Ом для двухжильной или экранированной витой пары. Таким образом, начальный скачок тока будет равен  $V/Z$ , где  $Z$  – характеристический импеданс.

Спустя некоторое время этот скачок тока достигает нагрузки  $R$  и создает скачок напряжения  $iR$ . Если  $R \neq Z$ , то скачок напряжения на нагрузке не будет равен  $V$  и произойдет отражение. Типичные случаи приведены на рис. 5.22 (б).

Данный эффект характерен для всех кабелей и обычно не представляет интереса, т. к. отражения сохраняются только в течение короткого интервала времени. Однако если задержка распространения тока по линии имеет тот же порядок, что и период, соответствующий максимальной частоте передачи сигнала, то отражения могут вызвать определенные проблемы. Отсюда следует, что линия



**Рис. 5.22.** Линия передачи и характеристический импеданс:  
 (а) линия передачи; (б) влияние согласующего резистора;  
 (в) эффект ветвления

передачи должна заканчиваться сопротивлением, равным ее характеристическому импедансу. Как правило, устройства, подключаемые к линии передачи, имеют высокий входной импеданс, что позволяет устанавливать их где угодно, используя согласующие резисторы на обоих концах линии.

Побочный эффект состоит в том, что не допускается применение Т-образных коннекторов, или разветвителей (за исключением случаев, когда разветвление имеет небольшую длину). На рис. 5.22 (в) изображено Т-образное соединение. Для сигнала, приходящего слева, два участка цепи оказываются соединенными параллельно, создавая кажущийся импеданс  $Z/2$  и приводя к появлению отражений.



## Топологии сетей

На рис. 5.23 изображена система с главным и подчиненными элементами, в которой общий «хозяин» желает принимать данные от подчиненных компонентов (или посылать им данные), но эти подчиненные компоненты никогда не могут общаться друг с другом. Все подчиненные компоненты имеют свои адреса, позволяющие «хозяину» отдавать им команды типа «Станция 3, сообщите мне значение аналогового входа 4» или «Станция 14, ваша уставка равна 751.2». Такие системы часто используют стандарт RS422.

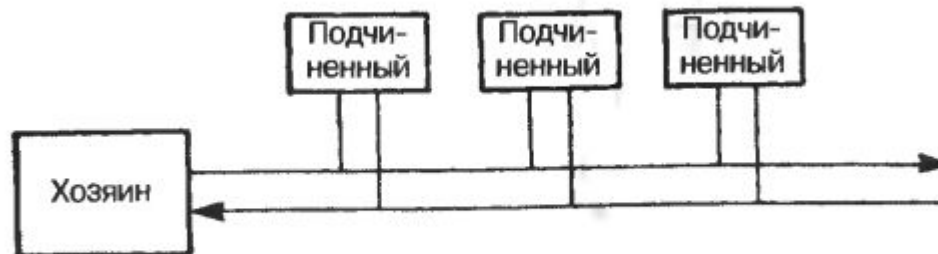


Рис. 5.23. Сеть с главной и подчиненными станциями

В звездообразной сети, изображенной на рис. 5.24, «хозяин» также осуществляет двухточечную связь с отдельными станциями. Такая конфигурация обычно используется в компьютерных системах высокого уровня. Управление связью осуществляет главная станция. Связь между подчиненными станциями возможна через главную станцию и при ее участии.

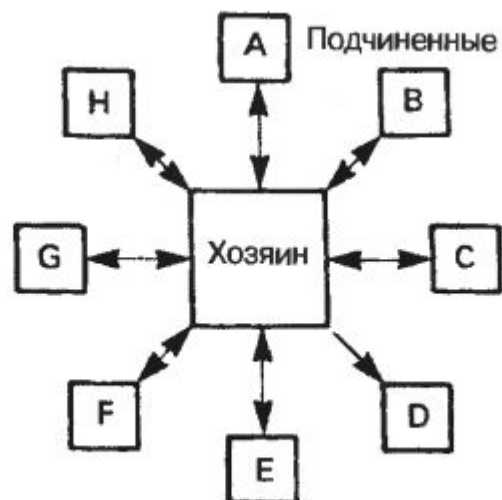
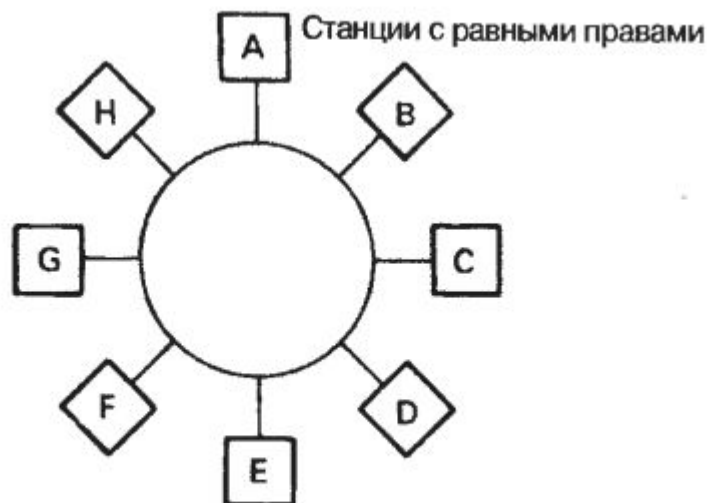


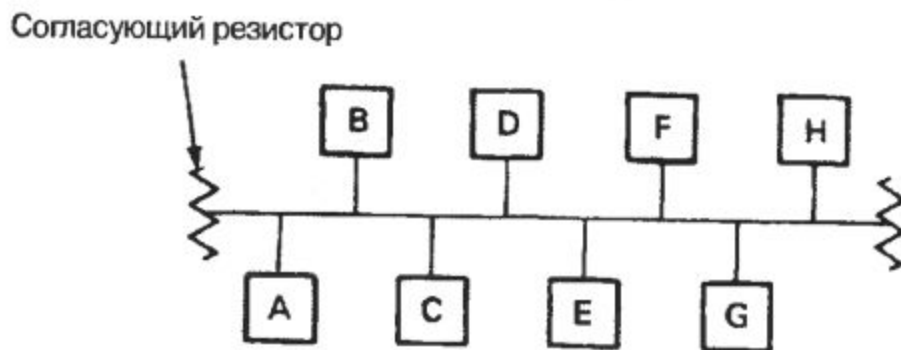
Рис. 5.24. Звездообразная сеть

На рис. 5.25 все станции объединены в кольцо. Здесь нет станции-хозяина, и все станции могут общаться с любой из себе подобных и имеют равные права доступа. Применительно к такой конфигурации часто используется термин «соединение равноправных узлов». В схемах на рис. 5.23 и 5.24 все управление сосредоточено в руках главной станции. В кольцеобразной сети должен быть предусмотрен некоторый способ предотвращения конфликтов, когда две станции хотят одновременно использовать линию связи. Этот вопрос мы обсудим в следующем разделе.



**Рис. 5.25.** Объединение в сеть равноправных узлов (кольцо)

Конфигурация, изображенная на рис. 5.26, по-видимому, является наиболее распространенным типом объединения ПЛК в сеть. Здесь имеется одна общая магистральная линия с согласующими резисторами и, как и в кольцеобразной сети, все станции равноправны в смысле общения друг с другом.



**Рис. 5.26.** Соединение равноправных узлов с единой магистральной линией и согласующими резисторами

## **Совместное использование сети**

Связь посредством соединения равноправных узлов позволяет многим станциям использовать одну и ту же сеть. Нет ничего необычного в том, что две станции захотят одновременно воспользоваться сетью для передачи сообщений. Если не предусмотрены меры предосторожности, возникнет полный беспорядок. В связи с этим разработаны различные методы управления доступом в сеть.

Одна из идей заключается в том, что для каждой станции устанавливается определенный отрезок времени, в течение которого она может отправлять свои сообщения. Этот метод известен как мультиплексирование с разделением времени, или TDM (time division multiplexing). Хотя это и исключает конфликтные ситуации, но может оказаться неэффективным, т. к. каждая станция должна будет ожидать выделенного ей отрезка времени, даже если ни одна другая станция не имеет сообщения для передачи. Несоответствие между частотами сообщений от разных станций в некоторой степени можно устранить, выделив большие временные интервалы наиболее загруженной станции. Если в сети, куда входят пять станций, обозначенных буквами от А до Е, наибольшую нагрузку имеет А, то можно принять следующий порядок предоставления времени: АВАСАДАЕАВ и т. д. Иногда это называют статическим TDM.

В схеме на рис. 5.27 используется специальный сегмент для сообщений в виде пустого пакета, непрерывно циркулирующего по кольцу. Если станция желает отправить свое сообщение, она ожидает, когда к ней подойдет пустой пакет, и помещает в него сообщение. Представим себе, что на рис. 5.27 станция А желает отправить сообщение станции D. Она ожидает, когда подойдет пустой пакет, и затем направляет сообщение в сеть вместе с указанием адреса D. Это сообщение проходит мимо станций В и С, но игнорирует их, потому что оно направлено не по их адресу. Станция D сверяет адрес и читает содержание сообщения (присоединяя к нему маркер, обозначающий, что сообщение принято). Станции Е–Н игнорируют его, но пропускают дальше. Станция А получает назад свое сообщение, видит подтверждение его приема и удаляет его из пакета, оставляя последний по-прежнему циркулировать по кольцу.



Рис. 5.27. Пустой сегмент и передача маркера в сети

Аналогичная идея подразумевает передачу маркера, когда по сети циркулирует специальный маркер «разрешения на передачу сообщения». Станция имеет право передавать сообщение, только если она обладает этим маркером, который удаляется сразу после получения подтверждения о приеме сообщения.

И пустой пакет, и маркер требуют, чтобы был какой-то способ их установки в новое состояние, если сеть была повреждена помехой или передача сообщений прервана. Это обычно выполняется главной станцией, или станцией-монитором, однако в данном случае ее роль несколько отличается от той, которая принадлежит ей в схемах на рис. 5.23 и 5.24.

Циркуляция пустого пакета и передача маркера обычно реализуются в кольцеобразных сетях, хотя их можно использовать и в системе с шинной организацией, если станции размещены в виде логического кольца.

В системах с шинной организацией обычно применяется метод, когда станция, желающая передать сообщение, прислушивается к тому, что происходит в сети. Если сеть занята, станция ожидает, а если свободна, то станция посылает свое сообщение (блокируя тем самым все другие станции, пока ее сообщение не завершится). Этот метод известен как многостанционный доступ с контролем несущей (CSMA – carrier sense multiple access).

Однако могут возникать ситуации, когда две станции одновременно начинают посылать свои сообщения, и появляется конфликт (и засорение сообщений). Подобную ситуацию легко обнаружить, тогда обе станции прекращают работу и в течение случайного отрезка времени ожидают следующей попытки. Отрезок времени выбран случайным именно для того, чтобы воспрепятствовать двум станциям снова вступить в конфликт друг с другом. Этот метод известен

как множественный доступ с контролем несущей и предотвращением конфликтов (CSMA/CD – carrier sense multiple access with collision detection).

Существует принципиальное различие между методами TDM, пустого пакета и маркера передачи права использования сети (составляющими одну группу) и методом CSMA. В первом случае некоторое количество времени тратится впустую, но каждой станции в определенный момент гарантирован доступ к сети. В случае CSMA время впустую практически не тратится, но теоретически станция не застрахована от повторных конфликтов и вообще может никогда не получить доступа к сети.



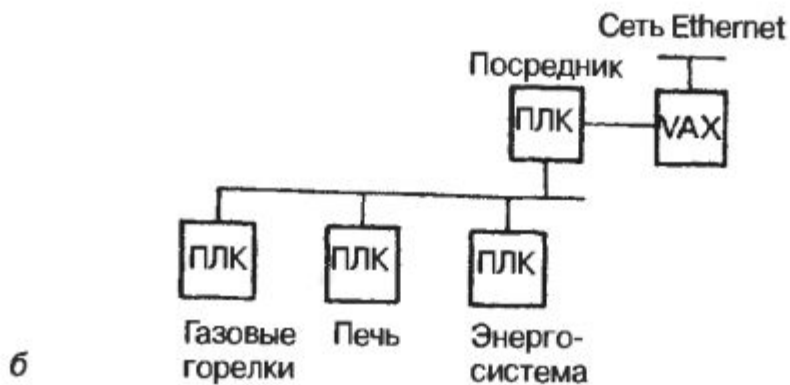
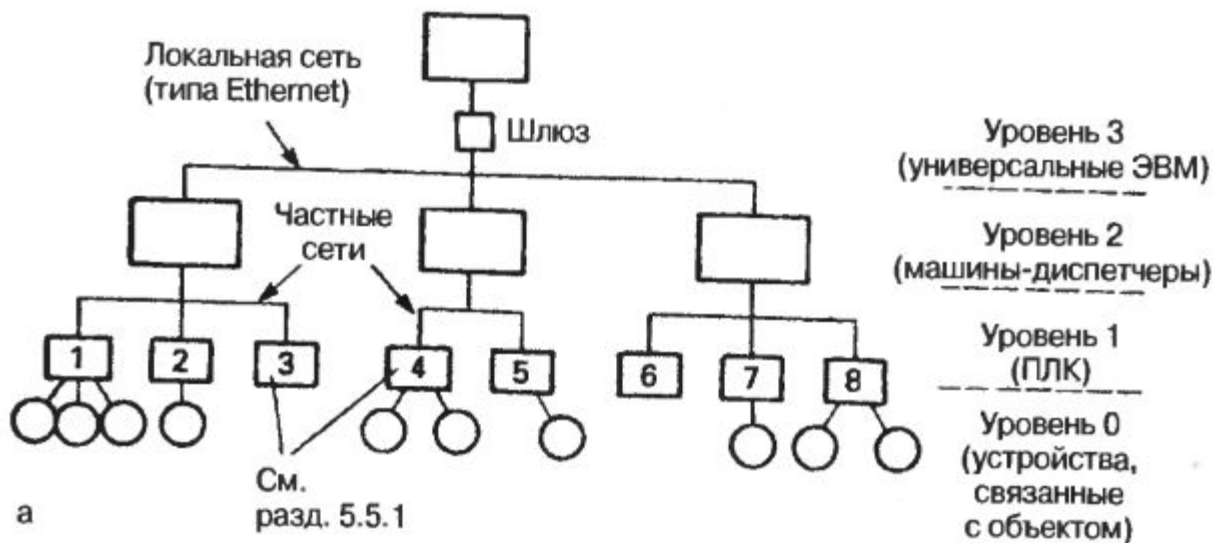
### ***Иерархия связи***

Прежде наблюдалась тенденция создавать системы управления на базе одного большого компьютера или ПЛК. Появление дешевых ПЛК с хорошими средствами коммуникации привело к созданию иерархии машин с разделением между ними основных функций. Это обобщенно представлено на рис. 5.28 (а), где иерархия разбита на четыре уровня.

Уровень 0 соответствует реальному объекту вместе с физическими устройствами, которые соединяются со следующим уровнем напрямую или с помощью каналов последовательной передачи данных стандартов RS232/422.

Уровень 1 — это тот уровень, которому посвящена большая часть данной книги; сюда относятся ПЛК и малые компьютеры, непосредственно управляющие работой объекта.

Уровень 2 — это мини-компьютеры наподобие VAX фирмы DEC, действующие как супервизоры по отношению к множеству объектов управления.



**Рис. 5.28.** Иерархии связи: (а) сеть в масштабе предприятия; (б) реальная система

Обычно топология иерархии бывает не столь четко очерченной, как на рис. 5.28. Отдельные предприятия представляют ее по-разному: некоторые нумеруют уровни сверху вниз, а некоторые игнорируют уровень 0. Считается, что в иерархии все функции должны быть однозначно распределены между уровнями; на предприятии, где работает автор, за решение технических задач отвечают уровни 0 и 1, а за обработку информации — уровни 2 и 3.

Распределенные системы имеют много преимуществ. Дерево уровней иерархии отличается простотой структуры и, как следствие, удобством проектирования, обслуживания и модификации.

Надлежащим образом спроектированная система некоторое время будет отказоустойчивой и способной в определенных случаях справиться с неисправностями отдельных станций.

Распределенная система может также повысить качество процесса управления, т. к. машины более низкого уровня снимают часть работы с машин более высокого уровня. На рис. 5.28 (б) ПЛК-посредник выдает основные команды контроллерам более низкого уровня, а сам занимается главным образом сбором информации для системы VAX. Машины низкого уровня непосредственно управляют работой объекта и следят за возникновением аварийных ситуаций, передавая любую требуемую для оператора информацию через тот же ПЛК-посредник, который выводит ее на устройства визуального отображения.

Существует хорошо известная модель Международной организации по стандартизации (ISO/OSI), призванная разграничить и формализовать функции, выполняемые различными уровнями аппаратного и программного обеспечения сетевой структуры. Данная модель определяет семь уровней сервиса, предоставляемого сетью (таблица 1).

Существует хорошо известная модель Международной организации по стандартизации (ISO/OSI), призванная разграничить и формализовать функции, выполняемые различными уровнями аппаратного и программного обеспечения сетевой структуры. Данная модель определяет семь уровней сервиса, предоставляемого сетью (таблица 1).



Рис. 5.29. Модель OSI



**На физическом уровне** определяются физические характеристики канала связи и параметры сигналов.

**Канальный уровень** формирует основную единицу передаваемых дан-

**Сетевой уровень** отвечает за адресацию и доставку пакета по оптимальному маршруту.

**Транспортный уровень** разбирается с содержимым пакетов, формирует ответы на запросы или организует запросы, необходимые для уровня сессий.

**Уровень сессий** оперирует сообщениями и координирует взаимодействие между участниками сети.

**Уровень представления** занимается преобразованием форматов данных, если это необходимо.

**Прикладной уровень** — это набор интерфейсов, доступных программе пользователя.

### **Ethernet**

Ethernet — это очень популярная локальная сеть с шинной топологией, созданная компаниями DEC, Xerox и Intel и обычно используемая для связи между компьютерами уровня 2 на рис. 5.28. Связь осуществляется при помощи коаксиального кабеля с волновым сопротивлением 50 Ом; максимальная длина кабеля составляет 500 м (хотя она может быть увеличена за счет использования повторителей). Сеть может включать до 1024 станций, хотя на практике это число гораздо меньше. Передача сигналов осуществляется в рабочей полосе (без модуляции), а управление доступом производится с помощью CSMA/CD. Скорость передачи необработанных данных равна 10 Мбод, что обеспечивает при загрузке высокое быстродействие — примерно 20–30% от теоретического максимума. После этого начинают возникать конфликтные ситуации.

## **Profibus**

В настоящее время Profibus является одним из наиболее распространенных кандидатов на роль стандарта сетей с шинной организацией,

Первая версия, называемая Profibus DP (от Decentralized Periphery — децентрализованная периферия), является наиболее простой и разработана для связи микропроцессорных ведущих станций (например, ПЛК) с подчиненными устройствами, такими как датчики, приводы или исполнительные механизмы. Эта сеть охватывает только уровни 1 и 2 модели ISO/OSI. Для передачи данных используется витая пара в стандарте RS485 или волоконно-оптический кабель.

Вторая версия, Profibus FMS (от Field Message Specification), разработана для более высокого уровня, содержащего множество ведущих станций, и позволяет осуществлять коммуникацию между равноправными узлами. Она включает уровни 1, 2 и 7 модели ISO/OSI, а для передачи данных используется стандарт RS485 или волоконно-оптический кабель.

Обе версии, DP и FMS, используют один и тот же стандарт передачи данных и, следовательно, могут работать в одной общей сети.



Последняя из трех версий, Profibus PA (от Process Automation), разработана для эксплуатации в опасных условиях и позволяет формировать сеть высокой надежности. В версии PA используются несколько иные стандарты, чем в DP и FMS, но их объединение возможно с помощью сегментного соединительного устройства.

Все эти сети являются системами с линейной магистральной шиной, т. е. прямым каналом связи. Скорость передачи может варьироваться от 9.6 Кбит/с (при длине линии до 1200 м) до 12 Мбит/с (при длине линии до 100 м). Канал связи представляет собой экранированную витую пару с согласующими резисторами на обоих концах шины. Каждый сегмент может содержать до 32 станций, каждая со своим уникальным адресом. Сегменты могут быть связаны с помощью повторителей, что позволяет довести общее число станций-адресатов до 127. Адреса назначаются глобальные или групповые, тем самым уменьшается количество сообщений и исключаются задержки, если одновременно изменяются данные, предназначенные для нескольких устройств.

Подключение к главным или подчиненным станциям производится с помощью стандартных 9-штырьковых разъемов типа D, как показано на рис. 5.35 (а). Согласующие резисторы либо помещаются внутри оконечных станций, либо находятся непосредственно в штекерных разъемах. Заметим, что согласующие резисторы нуждаются в источнике питания; для этого обычно используется источник, находящийся внутри станции.