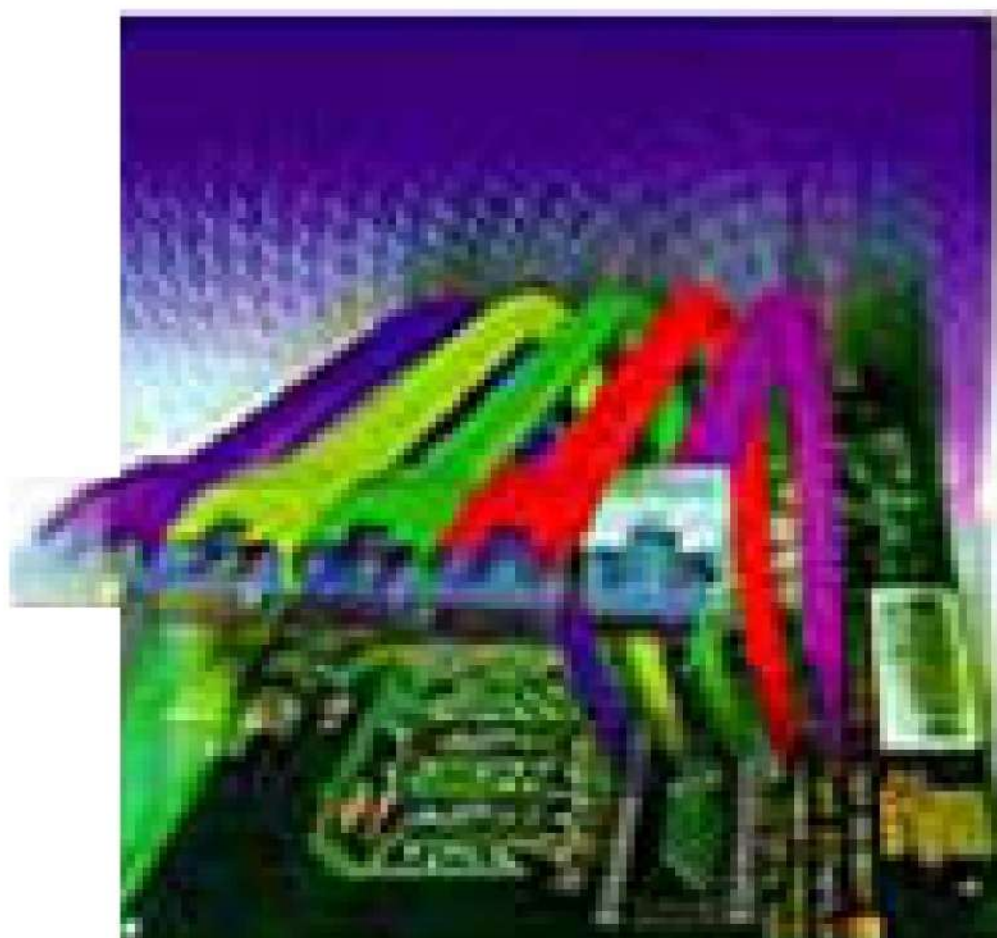


Ю.В.НОВИКОВ, Д.Г.КАРПЕНКО

АППАРАТУРА ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ



ФНКЦИИ, ВЫБОР,
РАЗРАБОТКА



ЭКМ

Ю.В. НОВИКОВ, Д.Г. КАРПЕНКО

**АППАРАТУРА
ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ:
ФУНКЦИИ, ВЫБОР, РАЗРАБОТКА**

**Москва
Издательство ЭКОМ
1998**

ББК 32.98
Н 13
УДК 681.3

Новиков Ю.В., Карпенко Д.Г.
Н13 Аппаратура локальных сетей: функции, выбор, разработка. / Под
общей редакцией Ю.В. Новикова. – М., Издательство ЭКОМ, 1998. –
288с.: ил.

ISBN 5-7163-0024-3

Книга посвящена особенностям аппаратных средств локальных сетей персональных компьютеров. В ней подробно анализируются функции, выполняемые аппаратурой сетей различного назначения, а также методы реализации этих функций. Рассмотрены особенности аппаратуры стандартных сетей, имеющих на рынке, приведены рекомендации по выбору аппаратуры этих сетей и оценке различных конфигураций.

Издание предназначено для специалистов, занимающихся установкой, обслуживанием, ремонтом и разработкой локальных сетей, а также для студентов соответствующих специальностей.

ISBN 5-7163-0024-3

ББК 32.98
УДК 681.3

© Москва, Издательство ЭКОМ, 1998
© Новиков Ю.В., Карпенко Д.Г., 1998

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение

Глава 1. Особенности локальных сетей

- 1.1. Для чего нужны локальные сети?
- 1.2. Топологии локальных сетей
- 1.3. Среды передачи информации
- 1.4. Методы кодирования информации
- 1.5. Форматы пакетов локальных сетей
- 1.6. Методы управления обменом
 - 1.6.1. Управление обменом в сети типа "звезда"
 - 1.6.2. Управление обменом в сети типа "шина"
 - 1.6.3. Управление обменом в сети типа "кольцо"
- 1.7. Контроль правильности передачи
- 1.8. Уровни сетевой архитектуры

Глава 2. Функции аппаратуры локальных сетей

- 2.1. Сетевые адаптеры
 - 2.1.1. Магистральные функции сетевых адаптеров
 - 2.1.2. Сетевые функции сетевых адаптеров
 - 2.1.3. Пример реализации адаптера Ethernet
- 2.2. Другие сетевые устройства
 - 2.2.1. Функции трансиверов и повторителей
 - 2.2.2. Функции концентраторов
 - 2.2.3. Функции мостов, маршрутизаторов и шлюзов

Глава 3. Выбор аппаратуры локальных сетей

- 3.1. Особенности аппаратуры сети Ethernet
 - 3.1.1. Аппаратура 10BASE5 (толстый кабель)
 - 3.1.2. Аппаратура 10BASE2 (тонкий кабель)
 - 3.1.3. Аппаратура 10BASE-T (витая пара)
 - 3.1.4. Аппаратура 10BASE-FL (оптоволоконный кабель)
 - 3.1.5. Выбор конфигурации Ethernet
 - 3.1.6. Адаптеры, репитеры и концентраторы Ethernet
- 3.2. Особенности аппаратуры сети Fast Ethernet
 - 3.2.1. Аппаратура 100BASE-TX (Fast Ethernet, сдвоенная витая пара)
 - 3.2.2. Аппаратура 100BASE-T4 (Fast Ethernet, счетверенная витая пара)
 - 3.2.3. Аппаратура 100BASE-FX (Fast Ethernet, оптоволоконный кабель)
 - 3.2.4. Автоматическое определение типа сети (Auto-Negotiation)
 - 3.2.5. Выбор конфигурации Fast Ethernet
 - 3.2.6. Электрические кабели с витыми парами сетей Ethernet и Fast Ethernet

- 3.3. Особенности аппаратуры сети IBM Token-Ring
- 3.4. Особенности аппаратуры сети Arcnet
- 3.5. Особенности аппаратуры сети FDDI
- 3.6. Особенности аппаратуры сети 100VG-AnyLAN
- 3.7. Сеть Gigabit Ethernet — ближайшая перспектива

Глава 4. Разработка аппаратуры локальных сетей

- 4.1. Локальная сеть типа "шина"
- 4.2. Локальная сеть типа "звезда"
- 4.3. Локальная сеть типа "кольцо"

Приложение. Сигналы, адреса и аппаратные прерывания ISA

Литература

Словарь терминов и сокращений

ВВЕДЕНИЕ

Популярность компьютерных сетей вообще и локальных сетей в частности в наше время неуклонно возрастает. Иметь свою сеть становится все более престижно, и многие фирмы, предприятия, офисы не скупятся на затраты, порой весьма существенные, чтобы получить возможность гордо заявить, что у них тоже установлена сеть. При этом часто оказывается, что эта сеть только создает многочисленные дополнительные проблемы и несколько не повышает при этом эффективности работы. Но отказаться от нее уже невозможно: это значит вернуться назад, признать свою ошибку. И продолжают мучения, которым не видно конца...

А ведь грамотно организованная, на месте установленная и умело эксплуатируемая сеть обеспечивает целый ряд принципиально новых возможностей по сравнению с отдельными компьютерами и может принести немалую пользу. Но для этого надо думать, причем желательно до того, как сеть установлена, а не после этого. И если программное обеспечение заменить не слишком трудно (правда, деньги на его покупку придется выложить заново), то с аппаратурой далеко не все так просто. Недаром она называется по-английски *hardware*, то есть является более твердой и неизменной частью любой системы, чем программы (*software*). Смена аппаратуры зачастую становится не менее (а порой и более) сложной задачей, чем первоначальная установка сети. Отметим сразу, что здесь и далее под терминами "сеть" или "локальная сеть" будет подразумеваться локальная сеть персональных компьютеров, если специально не

оговаривается иное. Ведь в подавляющем большинстве случаев сеть в наше время используется именно для соединения персональных компьютеров.

Соответственно с ростом популярности сетей увеличивается и количество литературы, посвященной им. Однако даже многочисленные книги, брошюры, журналы не могут ответить на все вопросы, возникающие у читателей и соответственно пользователей сетей. Среди книг по сетям можно выделить две большие группы.

Очень много книг, особенно выходящих 5—10 лет назад, посвящено общим проблемам сетей вообще, принципам организации обмена в различных сетях, форматам, протоколам, методам реализации различных функций. Они обычно хороши только для первоначального знакомства с темой, для повышения общего уровня образования читателя.

С другой стороны, книги, изданные в последние годы, большей частью описывают установку и работу сетевых программных продуктов известных фирм, эксплуатацию сетей с уже установленными сетевыми операционными системами, технику программирования в таких сетях. То есть они нужны тем, кто свой выбор уже сделал, у кого сеть уже установлена, и тем, кто знает, зачем ему эта сеть нужна. А вот проблема выбора типа сети, ее конфигурации, ее аппаратурной реализации для различных задач, на наш взгляд, остается недостаточно освещенной.

Данная книга как раз и призвана несколько углубить знания об аппаратуре локальных сетей, ее основных функциях, особенностях организации, о принципах выбора тех или иных аппаратурных решений. При этом значительная часть книги посвящена разработке оригинальных сетевых аппаратных средств. Это многим покажется излишним. Зачем изобретать что-то новое, когда уже все есть? Но если не придумывать ничего нового, оригинального, то мы так и останемся все на том же уровне. К тому же даже в наше время существуют и специалисты в области разработки электронных устройств, которым это может помочь. Ведь не всегда стандартные сети могут решить все возможные задачи. Впрочем, даже если не ставить себе целью создать принципиально новую сеть, познакомиться с предлагаемыми решениями тоже, на наш взгляд, полезно: это поможет лучше понять принципы взаимодействия в сетях, те проблемы, которые решает аппаратура, те трудности, которые приходится преодолевать как разработчикам, так и пользователям сетей. К тому же это может наконец объяснить некоторым читателям, что же скрывается за теми замысловатыми терминами, которых так много во всех книгах о сетях, и объяснить которые на словах очень сложно, а иногда и совершенно невозможно.

Книга написана сотрудниками Московского государственного инженерно-физического института (технический университет) (МИФИ) на основе личного опыта авторов, а также учебных курсов, читаемых в настоящее время на кафедре Электроники. Большая часть приведенных в книге схемотехнических решений была проверена на практике самими авторами. Часть из них использована в рабочих вариантах локальных сетей, в течение ряда лет работающих на различных предприятиях.

Первая, вторая и третья главы книги написаны к.т.н. Ю.В. Новиковым, четвертая глава — совместно Ю.В. Новиковым и Д.Г. Карпенко.

В первой главе рассматриваются отличительные особенности локальных сетей, разъясняются основные понятия и алгоритмы их работы. Отметим, что многие приведенные сведения не часто встречаются в книгах о сетях, поэтому данная глава может быть интересна и тем читателям, которые уже знакомы с данной темой.

Вторая глава подробно останавливается на функциях аппаратуры локальных сетей и различных примерах их практической реализации. Особое внимание уделено аппаратуре сетевых адаптеров, как основе любой сети.

Третья глава посвящена проблеме выбора аппаратуры стандартных локальных сетей, имеющихся на рынке, особенностям их адаптеров, кабелей, терминаторов, трансиверов, разъемов, концентраторов и т.д., а также оценке выбранных конфигураций

сетей с точки зрения их работоспособности.

Наконец, в четвертой главе приводятся некоторые оригинальные решения сетей с различными топологиями, средами передачи информации, методами доступа, а также с разными подходами к реализации аппаратурных функций.

В приложении приведены некоторые сведения о наиболее распространенном персональном компьютере типа IBM PC, которые могут быть полезны как при установке и эксплуатации сетей, так и при разработке новых сетей.

В конце книги приведен небольшой словарь наиболее часто используемых сокращений и терминов, касающихся в первую очередь именно аппаратуры локальных сетей.

Глава 1. Особенности локальных сетей

1.1. Для чего нужны локальные сети?

Ответ на вопрос, вынесенный в заголовок данного раздела, не так прост, как может показаться на первый взгляд. Действительно, по определению, локальные сети обеспечивают связь на небольших расстояниях (обычно до 10 км, чаще до 1 км и даже до 100 м), связывают компьютеры, находящиеся, например, в одной комнате, в соседних комнатах, в одном здании. А зачем это нужно? Вот с глобальными сетями все ясно: они передают информацию на десятки, сотни, тысячи километров, между странами и континентами. А здесь что? Для переноса информации на те несколько десятков метров, которые обеспечиваются локальными сетями, вполне можно воспользоваться простой дискетой. Скорость такого переноса будет вполне приемлемой. И главное: никакой дополнительной головной боли с этими платами, кабелями, программами, распространяющимися по сетям вирусами, контролем за соблюдением установленных правил сетевого обмена и т.д. Не говоря уже о дополнительных, порой весьма существенных денежных затратах. К тому же немаловажно и то, что подключенный к сети персональный компьютер уже теряет часть своей автономности, и его хозяин становится зависимым от других пользователей сети.

Чтобы прояснить ситуацию, обратимся к истории вопроса.

Связь на небольшие расстояния в вычислительной технике существовала еще задолго до появления первых персональных компьютеров. Еще когда существовали только большие ЭВМ (mainframes), она использовалась для присоединения к ним многочисленных терминалов (или "интеллектуальных дисплеев", как они тогда назывались). Интеллекта в этих терминалах было, правда, очень мало, практически никакой обработки информации они не делали, и основная цель организации связи состояла в том, чтобы разделить интеллект большой мощной и дорогой ЭВМ между пользователями, работающими за этими терминалами. Это называлось режимом разделения времени, так как большая ЭВМ последовательно во времени решала задачи множества пользователей. То есть в данном случае достигалось совместное использование вычислительных ресурсов, самых дорогих ресурсов в то время (рис. 1.1).

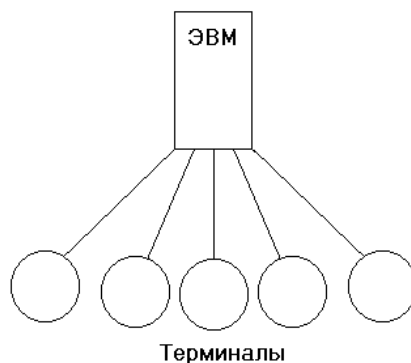


Рис. 1.1. Подключение терминалов к центральному компьютеру (ЭВМ)

Затем появились микропроцессоры и первые микроЭВМ (микрокомпьютеры). Появилась возможность разместить компьютер на столе у каждого пользователя, так как вычислительные ресурсы резко подешевели. Но зато все остальные ресурсы оставались еще довольно дорогими. А что значит голый интеллект без средств хранения информации и ее документирования? Не будешь же каждый раз после включения питания заново набирать выполняемую программу или хранить ее в маловместительном ПЗУ. На помощь снова пришли средства связи. Связав несколько микроЭВМ, можно было организовать совместное использование ими компьютерной периферии. При этом вся обработка информации проводилась на месте, но ее результаты передавались на централизованные ресурсы. То есть здесь опять же наблюдалось совместное использование самого дорогого, что есть в системе, но уже совершенно по-новому. Поэтому этот режим получил название режима обратного разделения времени (рис. 1.2). Как и в первом случае средства связи снижали стоимость всей компьютерной системы в целом.

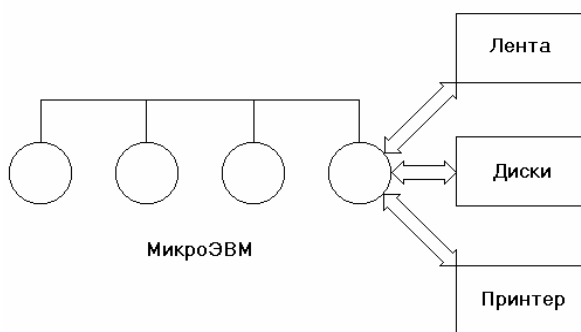


Рис. 1.2. Объединение в сеть первых микрокомпьютеров (микроЭВМ)

Затем появились персональные компьютеры, которые отличались от первых микрокомпьютеров (микроЭВМ) тем, что имели полный комплект достаточно развитой для полностью автономной работы периферии: магнитные диски, принтеры, не говоря уже о более совершенных средствах интерфейса пользователя (дисплеи, клавиатуры, джойстики, мыши и т.д.). Периферия подешевела и стала по цене вполне сравнимой с компьютером. Казалось бы, зачем теперь-то соединять персональные компьютеры (рис.

1.3)? Что теперь им разделять, когда и так уже все разделено и находится на столе у каждого пользователя? Интеллекта на месте хватает, периферии тоже. Что же может дать сеть в этом случае?

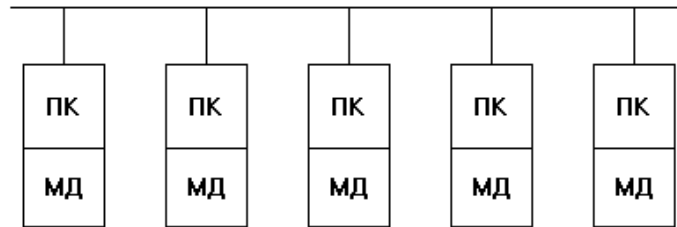


Рис 1.3. Объединение в сеть персональных компьютеров

Самое главное — это опять же совместное использование ресурса. То самое обратное разделение времени, но уже на другом уровне. Здесь уже оно используется не от бедности, а чтобы более эффективно использовать ресурсы всех имеющихся в распоряжении компьютеров. Например, сеть позволяет объединить объем дисков всех компьютеров, обеспечив доступ каждому из них к дискам всех остальных как к своим собственным. А то бывает, что на одном компьютере емкости своего диска не хватает, а у другого — избыток свободного места. Еще ситуация: все пользователи работают с одной и той же программой, и, соответственно, эта программа хранится на диске у каждого из них, занимая значительный объем. При использовании сети она может находиться только в одном месте, но все будут иметь к ней столь же удобный доступ, как если бы она была на их компьютере.

Но нагляднее всего преимущества сети проявляются, наверное, когда все пользователи активно работают с единой базой данных, как запрашивая данные из нее, так и занося в нее новые данные (например, в банке, в магазине, на складе). Никакими дискетами тут уже не обойдешься: пришлось бы целыми днями переносить данные с каждого компьютера на все остальные, содержать целый штат курьеров. А с сетью все очень просто: любые изменения данных, произведенные с любого компьютера, тут же становятся видными и доступными всем. В этом случае особой обработки на месте обычно не требуется, и в принципе можно было бы обойтись более дешевыми терминалами (вернуться к первой рассмотренной ситуации), но персональные компьютеры имеют несравнимо более удобный интерфейс пользователя, облегчающий работу персонала. К тому же возможность сложной обработки информации на месте часто может заметно уменьшить объем передаваемых данных.



Рис. 1.4. Использование локальной сети для организации совместной работы компьютеров

Без сети также совершенно невозможно обойтись в том случае, когда необходимо обеспечить согласованную работу нескольких компьютеров. Эта ситуация чаще всего встречается, когда эти компьютеры используются не для вычислений и не для работы с базами данных, а в задачах управления, измерения, контроля, то есть там, где компьютер сопрягается с теми или иными внешними устройствами (рис. 1.4). Примерами могут служить различные производственные технологические системы, а также системы управления научными установками и комплексами. Здесь сеть позволяет синхронизовать действия компьютеров, распараллелить и соответственно ускорить процесс обработки данных, то есть сложить уже не только периферийные ресурсы, но и интеллектуальную мощь.

Отметим, что разделять с помощью локальных сетей можно не только диски и принтеры, о чем обычно вспоминают в первую очередь, но и другие ресурсы, например, возможность выхода в глобальную сеть. Если бы локальной сети не было, пришлось бы оснащать соответствующей аппаратурой каждый компьютер, а с локальной сетью достаточно подключить к глобальной сети только один из них, а все остальные уже получают возможность доступа к ней автоматически.

Именно указанные преимущества локальных сетей и обеспечивают их популярность и все более широкое применение несмотря на все неудобства, связанные с их установкой и эксплуатацией.

Несколько слов об особенностях локальных сетей по сравнению с глобальными. Прежде всего это, конечно, различное назначение. Хотя четкой границы по длине линии связи между ними нет (бывают локальные сети длиной даже в десятки километров, а по глобальной сети в принципе могут общаться компьютеры, находящиеся в соседних комнатах), но цель создания локальных и глобальных сетей совершенно различна.

Глобальные сети принципиально создаются для практически неограниченного числа потенциальных абонентов и практически неограниченного расстояния между ними. Для глобальной сети важнее всего именно факт наличия связи, а не ее качество. То есть, конечно, данные должны передаваться безошибочно, но вот скорость передачи и ее удобство здесь отступают на второй план. По глобальной сети обычно передаются небольшие объемы данных и, что тоже немаловажно, передаются сравнительно редко. Это и понятно: абонентов очень много, расстояния большие. То есть в данном случае хорошо

уже то, что есть связь, которая гораздо быстрее почты и во многих случаях значительно удобнее телефона. Конечно же, использовать глобальную сеть для разделения дисков никто не будет. Она больше подходит для совместного доступа к базам данных или для пересылки отдельных файлов. Для глобальных сетей не нужен специальный кабель (его просто невозможно проложить ко всем потенциальным абонентам). Чаще всего для них используется обычная телефонная сеть, реже — радиоканалы, в том числе спутниковые. Скорость передачи по телефонной сети не превышает нескольких десятков килобит в секунду, время ожидания установления связи может быть очень значительным. В глобальных сетях допускается возможность большого количества ошибок, но, конечно же, предусматриваются совершенные механизмы их исправления.

Что касается локальных сетей, их назначение совершенно иное. Здесь уже недостаточно того, что имеется просто какая-то связь, нужна связь быстрая, надежная и удобная. Обычно локальные сети не выходят за пределы одной комнаты, нескольких комнат, одного здания, реже комплекса зданий (длина линий связи редко превышает несколько километров). Связывают они небольшое и, главное, заранее ограниченное число компьютеров (от 3...5 до нескольких сотен). Поэтому можно обеспечить гораздо более качественную связь, чем в глобальных сетях. А она и должна быть такой, так как от локальной сети требуется разделение ресурсов и общение с этими разделенными ресурсами как со своими собственными. Поэтому скорости передачи данных здесь не бывают меньше 1 Мбит/с, а обычно составляют 10 Мбит/с и даже выше. Отметим, что реальная скорость обмена оказывается, как правило, существенно ниже, но об этом позже. То есть здесь нужна не просто связь, а связь быстрая. К тому же она должна быть очень надежная, так как исправление возникших ошибок может свести на нет весь выигрыш в скорости передачи. Типичное количество ошибок в локальных сетях составляет один ошибочный бит на сто миллионов (то есть вероятность ошибки 10^{-8}). Это достигается, в частности, использованием высококачественных кабелей (чаще всего это коаксиальные электрические кабели и в последнее время — оптоволоконные). Также в локальных сетях уделяется большое внимание снижению времени ожидания установления связи, так как, с точки зрения пользователя, оно входит во время передачи информации.

Таким образом, локальные сети, исходя из специфики их применения, требуют использования специальных технических и программных средств, которые должны обеспечивать быструю и удобную связь между всеми компьютерами.

И в заключение этого раздела — небольшой словарь некоторых ключевых терминов (в конце книги приведен более подробный словарь).

Локальная сеть — компьютеры или другие устройства, соединенные линиями связи для передачи информации между ними (особенности локальных сетей перечислены выше).

Узлы сети, абоненты сети — компьютеры или другие устройства сети. Это могут быть персональные компьютеры, специализированные микроконтроллеры, миникомпьютеры, большие компьютеры (mainframes), специальные рабочие станции.

Сервер — абонент сети, отдающий в сеть свой ресурс и имеющий или не имеющий доступа к ресурсам сети. То есть совсем не обязательно сервер — это мощный центральный компьютер, занятый обслуживанием периферийных, подключенных к нему сетью, как довольно часто считают.

Клиент — абонент, не отдающий своего ресурса в сеть, но имеющий доступ к ресурсам сети. Иногда клиенты называются также рабочими станциями в противоположность серверу.

Сетевой адаптер (он же контроллер, интерфейс) — электронная плата, сопрягающая аппаратуру абонента сети и линии связи сети.

Скорость передачи — обычно в документации или в таблице параметров под этим термином имеется в виду скорость, определяемая пропускной способностью кабеля и быстродействием аппаратуры сетевого адаптера. Если говорить о реальной скорости передачи, например, копирования с диска на диск, то она сильно зависит еще от сетевого программного обеспечения, от быстродействия центральных процессоров участвующих в обмене компьютеров, от быстродействия дисков и т.д. Довольно типичное значение реальной скорости — 10...50% от указываемой для данной сети (например, для сети Ethernet вместо табличных 10 Мбит/с реально обычно получается 100...500 Кбит/с). Локальные сети по скорости можно условно разделить на низкоскоростные (до 1 Мбит/с, используются очень редко), среднескоростные (порядка 2...10 Мбит/с), высокоскоростные (более 10 Мбит/с).

Централизованное управление обменом — метод управления обменом в сети, при котором один компьютер или одно специальное устройство управляет всем обменом в сети.

Децентрализованное управление обменом — метод управления обменом в сети, при котором нет выделенного центра управления, и все абоненты равноправны (хотя и могут иметь разные приоритеты по захвату сети).

Пакет — единица информации, передаваемой по сети. Могут быть короткими (порядка десятков байт и даже единиц байт), а также длинными (порядка нескольких килобайт).

Топология — метод соединения, структура связей абонентов сети. Основные топологии — это "звезда", "шина" и "кольцо". Реже встречаются топологии "цепочка" и "дерево" (в данной книге не рассматриваются). Топологии различаются требуемой длиной соединительного кабеля, удобством соединения, возможностями подключения дополнительных абонентов, отказоустойчивостью, возможностями управления обменом.

Среда передачи информации — электрический кабель (коаксиальный, витая пара), волоконно-оптический кабель, радиоканал, инфракрасный канал, то есть то, что используется в данной сети для связи абонентов. Характеризуется стоимостью, удобством подключения, пропускной способностью (то есть предельной скоростью передачи), предельной длиной линии связи (затуханием сигнала с расстоянием на данной частоте), помехоустойчивостью, секретностью передаваемых данных (возможностью подслушивания), требуемой сложностью адаптеров абонентов, а также рядом специфических параметров, менее важных для пользователей сети.

1.2. Топологии локальных сетей

Пользователю локальных сетей нечасто приходится выбирать топологию своей сети. Имеющиеся на рынке сети обычно имеют раз и навсегда заданную топологию. Очень редко ее можно изменить по своему усмотрению. Вообще топология не относится к определяющим параметрам сети. Гораздо важнее обычно, например, скорость обмена, предельная длина сети, стоимость аппаратуры, удобство программного обеспечения и т.д. Тем не менее об имеющихся топологиях, их достоинствах и недостатках полезно знать любому человеку, так или иначе связанному с эксплуатацией, установкой и особенно разработкой сетей.

Итак, в наше время наиболее часто используются три топологии локальных сетей: "звезда", "кольцо" и "шина" (рис. 1.5). В принципе было предложено еще несколько типов топологий, например, "цепочка", в которой все абоненты последовательно соединяются один за другим (разомкнутое "кольцо"), или "дерево", где абоненты соединяются в виде дерева с разветвляющимися ветвями (соединение многих "звезд"), но все они не получили широкого распространения. Три же основные топологии существенно различаются

областями применения, часто не могут заменить одна другую и поэтому их применение оправдано.

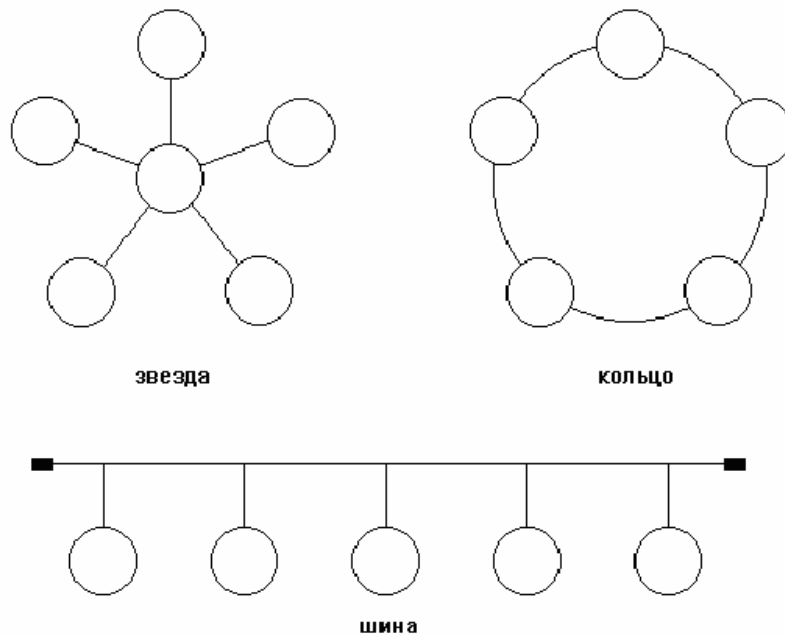


Рис. 1.5. Наиболее распространенные топологии локальных сетей

Не следует думать, что топология сети должна быть жестко связана с расположением соединяемых абонентов. При одном и том же расположении чаще всего довольно легко можно применить любую из трех топологий безо всякого ущерба для удобства прокладки соединительных кабелей (рис. 1.6). Но в ряде случаев одна из топологий бывает гораздо удобнее остальных или наоборот совершенно неудобна (рис. 1.7).

Кстати, название топологии "звезда" применяется для двух совершенно различных типов топологий. Существуют так называемая "активная звезда" и "пассивная звезда". "Активная звезда"— это истинная "звезда" (в центре есть абонент, как на рис. 1.5), а "пассивная звезда" фактически представляет собой "шину", но соединены абоненты звездой (рис. 1.8). В центре этой звезды нет абонента, в простейшем случае все кабели там просто соединены между собой, но там могут находиться также повторители сигналов, некие пассивные преобразователи и т.д. В любом случае в центре "пассивной звезды" нет никакой обработки информации и никакого управления обменом.

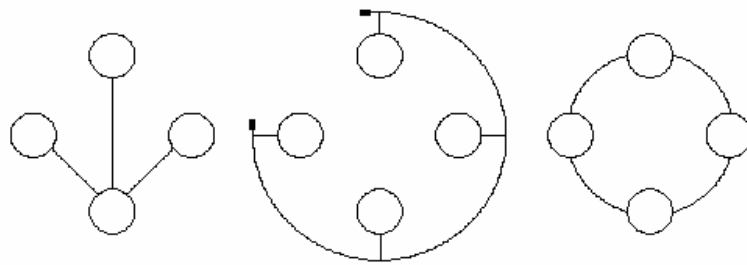


Рис. 1.6. Использование различных топологий для данного расположения абонентов

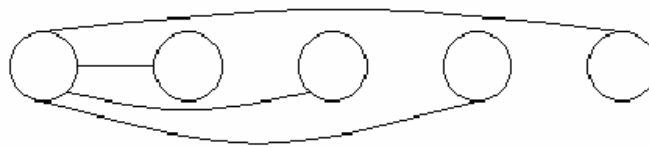


Рис. 1.7. Неудачный выбор топологии. Здесь удобнее не "звезда", а "шина"

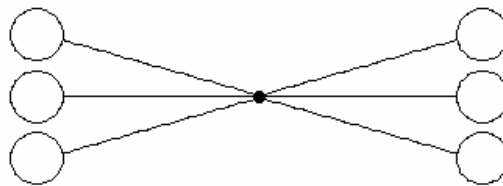


Рис. 1.8. Топология типа "пассивная звезда" (в центре нет абонента)

Топология сети очень сильно влияет на методы управления в ней, на ее отказоустойчивость и даже на ее стоимость. С другой стороны, часто выбор метода управления или среды передачи диктует выбор топологии. Но все эти задачи решаются еще на этапе разработки сети. Остановимся кратко на основных особенностях трех распространенных топологий.

1. "Звезда" — принципиально централизованная топология, то есть всегда есть четко выделенный центральный абонент, который осуществляет все управление обменом в сети, и через который идет вся информация в сети. В этом сила и слабость такой топологии. Любое жесткое централизованное управление (не только в сетях) по своей сути безконфликтно (все выполняют команды единого центра), но нарушения в работе центра приводят к выходу из строя всей системы. Данная сеть не будет работать при любой неисправности центрального абонента. Поэтому центральный компьютер должен быть гораздо надежнее (а значит, и дороже) всех остальных. К тому же центральный компьютер будет сильно загружен работой с сетью и не сможет заниматься другими задачами. Зато сеть с такой конфигурацией мало чувствительна к выходу из строя соединительного кабеля. Разрыв кабеля в любом месте всегда нарушает связь только с одним абонентом, вся остальная сеть остается работоспособной. Что касается сложности аппаратуры сетевых адаптеров, то очевидно, что один адаптер (центральный) должен быть очень сложным, остальные (периферийные) — довольно простые. К недостаткам данной топологии относится сильно ограниченное максимальное число абонентов (редко превышает 16) и

невозможность его увеличения без специальных программных ухищрений и соединения нескольких звезд между собой.

2. "Кольцо" предполагает последовательное соединение абонентов в замкнутое кольцо, что определяет его особенности. Во-первых, вся передаваемая информация проходит через всех абонентов. Поэтому выход из строя любого из них (во всяком случае его адаптера) нарушает работу всей сети в целом. Во-вторых, разрыв кабеля в любой точке нарушает целостность кольца и, следовательно, выводит из строя всю сеть (если, конечно, не принять специальных мер на такой случай). Управление здесь может быть как централизованное, так и децентрализованное, оно не определяется жестко топологией, как в случае "звезды". Все адаптеры здесь должны быть одинаковы (иногда один из них выполняет функцию диспетчера сети, тогда он значительно сложнее). Данная топология обычно допускает значительное число абонентов (до 1024 и выше), причем изменение количества абонентов совершенно безболезненно. Интересно, что в кольце автоматически производится усиление (ретрансляция) передаваемых сигналов каждым абонентом, поэтому размеры кольца могут быть очень большими (до нескольких десятков километров) и ограничены только временем прохождения сигнала по всему кольцу.

3. "Шина" вообще-то ориентирована на полное равноправие всех абонентов, во всяком случае, с точки зрения идентичности их адаптеров. Это, впрочем, не означает, что управление обменом не может быть централизованным. Но такой центр будет заниматься только управлением обменом, а не перераспределением информации, как в случае "звезды". Отметим, что физическая топология типа "шина" может логически работать как "звезда" (централизованное управление) или "кольцо" (поочередная работа абонентов), но подробнее об этом чуть позже. На первый взгляд кажется, что "шина" нечувствительна к повреждению кабеля, то есть при его разрыве получаются две меньшие, но вполне работоспособные "шины" (конечно, при полном равноправии абонентов). Но это далеко не так. В "шине" в отличие от "звезды" и "кольца" чрезвычайно важны вопросы электрического согласования используемых линий связи: при любом повреждении кабеля возникают отражения и наложения сигналов, полностью нарушающие работу сети. Отметим, что оптоволоконные кабели при данной топологии практически не применяются. А вот к выходу из строя компьютеров "шина" нечувствительна: нарушается только обмен с неисправным компьютером, а вся остальная сеть остается работоспособной. Максимально допустимое количество абонентов в "шине" обычно примерно такое же, как и в "кольце" (до 1024). В "шине" легко можно менять количество подключенных абонентов, иногда даже прямо в процессе работы. Сложность аппаратуры адаптеров в "шине", как правило, выше, чем в других топологиях, что связано с необходимостью работы на большое число нагрузок, а также со сложностью децентрализованного управления обменом по сети. Зато децентрализованное управление гораздо надежнее централизованного и лучше приспособляется к изменяющимся внешним условиям.

1.3. Среды передачи информации

Информация в локальных сетях передается в последовательном коде, то есть бит за битом. Казалось бы, почему бы не использовать параллельную передачу, ведь она гораздо быстрее, к тому же не требует преобразования параллельного кода компьютера в последовательный и обратного преобразования? Прежде всего это связано с тем, что при параллельной передаче увеличивается количество соединительных кабелей в число раз, равное количеству разрядов параллельного кода. Это совсем не мелочь, как может показаться на первый взгляд. При значительных расстояниях между абонентами сети стоимость кабеля может быть вполне сравнима со стоимостью компьютеров и даже превосходить ее. К тому же проложить один кабель (реже два разнонаправленных) гораздо проще, чем 8, 16 или 32. Значительно дешевле обойдется также поиск

повреждений и ремонт кабеля.

Но это еще не все. Передача на большие расстояния при любом типе кабеля требует сложной передающей и приемной аппаратуры: надо формировать мощный сигнал на передающем конце и детектировать слабый сигнал на приемном конце. При последовательной передаче для этого требуется всего один передатчик и один приемник. При параллельной же передаче количество передатчиков и приемников возрастает пропорционально разрядности используемого параллельного кода. Поэтому даже если разрабатывается сеть незначительной длины (порядка десятка метров) обычно все равно выбирают последовательную передачу.

Наиболее часто в локальных сетях используются следующие типы линий связи или, как их часто называют, сред передачи информации: электрический кабель (витая пара проводов или коаксиальный кабель), оптоволоконный (он же волоконно-оптический) кабель, радиоканал и инфракрасный канал (последние два типа не требуют проводов). Кратко перечислим их основные особенности.

1. Витая пара (рис. 1.9) — самый дешевый тип соединительных проводов. Представляет собой скрученные между собой два провода в диэлектрической изоляции. Часто витой парой называют также не перекрученные, а параллельно идущие провода в общей изоляции (распространенный телефонный кабель типа "лапша"), хотя характеристики у него несколько иные. Витая пара характеризуется исключительной простотой монтажа и ремонта повреждений. Как правило, витая пара используется для передачи на скорости до 10 Мбит/с, но в последнее время появились разработки, где достигается скорость 100 Мбит/с (правда, на небольшие расстояния). К недостаткам витой пары относятся низкий уровень защищенности от электрических и магнитных помех и большой уровень собственных излучений (иногда используется экранированная витая пара, показанная на рис. 1.10, которая свободна от подобных недостатков, но ее стоимость гораздо выше), а также возможность простого несанкционированного подключения к сети с целью подслушивания или вредительства. Витая пара обычно используется для связи на расстояниях не более нескольких сот метров. Затухание сигнала на частоте 10 МГц составляет около 1,0 — 3,0 дБ/м. Задержка сигнала в витой паре обычно не превышает 8 — 12 нс/м. Как и при использовании любого другого электрического кабеля, здесь очень важна проблема гальванической развязки абонентов друг от друга. При отсутствии гальванической развязки возможен выход из строя не только адаптеров сети, но и всех компьютеров. Но об этом несколько позже. Как и любой электрической длинной линии связи витой паре требуется согласование на концах с целью уменьшения отражений сигнала.

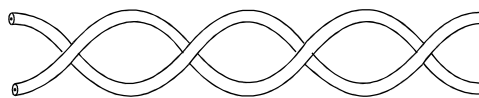


Рис. 1.9. Витая пара проводов



Рис. 1.10. Экранированная витая пара

2. Коаксиальный кабель (рис. 1.11) — наиболее распространенный тип линии связи, сочетающий в себе легкость монтажа и довольно хорошую помехозащищенность.

Представляет собой центральный проводник в изоляции, помещенный в металлический гибкий коаксиальный экран. Стоимость коаксиального кабеля заметно выше витой пары, а монтировать его существенно сложнее. Но наличие экрана сильно увеличивает помехозащищенность и снижает собственное излучение. Несанкционированное подключение к коаксиальному кабелю сложнее, чем к витой паре, но все равно возможно. Пропускная способность может достигать 500 Мбит/с (в режиме модуляции высокочастотного сигнала), но в немодулированном режиме она редко превышает 50—100 Мбит/с. Допустима длина линии связи в несколько километров. Стоимость коаксиального кабеля в несколько раз выше витой пары. Затухание сигнала на частоте 10 МГц составляет порядка 0,1 — 1,0 дБ/м. Задержка распространения сигнала изменяется обычно от 4 до 5 нс/м. При использовании коаксиального кабеля важно обеспечить гальваническую развязку и согласование на концах линии. Стоит отметить, что в случае применения электрического кабеля (коаксиального или витой пары) не требуются никакие сложные преобразователи сигналов на приемном или передающем конце, так как передается электрический сигнал.



Рис. 1.11. Коаксиальный кабель

3. Волоконно-оптический кабель — это качественно иной тип среды передачи информации. Сигнал по нему передается не электрический, а световой, что требует соответственно преобразования электрического сигнала в световой на передающем конце и обратного преобразования на приемном конце. Это, конечно, увеличивает стоимость аппаратуры. Но уникальные характеристики волоконно-оптических кабелей обеспечивают им все большее распространение. Свет с длиной волны 0,85 мкм или 1,2 мкм передается по тонкому (порядка 10 мкм) стекловолокну, заключенному в оболочку, которая имеет значительно меньший коэффициент преломления. Это приводит к эффекту полного внутреннего отражения, в результате которого свет проходит по кабелю, не выходя наружу. Главное достоинство данного типа кабеля для локальных сетей — это чрезвычайно высокий уровень помехозащищенности и отсутствие излучения (высокая секретность). Невозможно также несанкционированное подключение. Немаловажно и то, что максимальная длина кабеля без ретрансляции может достигать нескольких километров и даже десятков километров. Скорость передачи может достигать 3 Гбит/с. Задержка сигнала — около 5 нс/м. Затухание сигналов (около 5 дБ/км) примерно соответствует показателям для электрического коаксиального кабеля, но очень важно то, что с ростом частоты оно увеличивается гораздо медленнее. Поэтому на частотах более 200 МГц волоконно-оптические кабели имеют несомненное преимущество перед любыми электрическими кабелями, что определяет их огромные перспективы. Стоимость данного типа кабеля в настоящее время вполне сравнима со стоимостью коаксиального кабеля. Но у волоконно-оптических кабелей имеются и недостатки. Самый главный — это значительная сложность их монтажа. При соединении кабеля и разъема необходима микронная точность, поэтому обычно используются готовые куски кабеля с разъемами, установленными в заводских условиях, хотя существуют специальные инструменты, позволяющие делать монтаж и непосредственно на месте эксплуатации. В принципе оптоволоконные кабели допускают разветвления и ответвления, но они существенно увеличивают затухание, поэтому обычно предпочитают использовать однонаправленные кабели. Это сразу определяет возможные топологии сети: "звезда" (с двумя разнонаправленными кабелями между центральным абонентом и каждым из

периферийных) или "кольцо" (с одним однонаправленным кабелем). Недостаток данного типа кабеля — его меньшая механическая прочность (правда, есть и кабели в металлической оболочке, но они существенно дороже). Чувствителен он и к ионизирующим излучениям (снижается прозрачность оптоволокна). Обычно он менее долговечен, чем электрический кабель. Зато при использовании волоконно-оптического кабеля автоматически решается задача гальванической развязки, и не требуется никакого согласования кабеля.

4. Радиоканал удобен прежде всего тем, что абоненты ничем не связаны друг с другом, то есть они могут легко изменять свое расположение. К тому же в данном случае не нужно прокладывать кабель и следить за его сохранностью. Радиоканал может поддерживать связь на многие десятки и даже сотни километров и обеспечивает предельные скорости передачи до десятков мегабит в секунду (здесь многое зависит от выбранной длины волны). Но широкого распространения в локальных сетях радиоканал не получил из-за сравнительно высокой стоимости приемных и передающих средств (в них необходимо преобразовывать электрический сигнал в радиосигнал и обратно), а также низкой помехозащищенности и секретности передаваемой информации. Надежность связи в результате оказывается очень часто неудовлетворительной.

5. Инфракрасный канал, как и радиоканал, не требует соединительных проводов, что является его большим достоинством. Но в отличие от радиоканала он нечувствителен к электромагнитным помехам, что позволяет использовать его в производственных условиях. К недостаткам инфракрасного канала относятся высокая стоимость приемников и передатчиков, где требуется преобразование электрического сигнала в инфракрасный и обратно, а также невысокие скорости передачи (обычно не выше 5 Мбит/с). Секретность передаваемой информации также не достигается. В принципе в условиях прямой видимости инфракрасный канал может обеспечить связь на расстояниях в несколько километров, но наиболее удобен он для связи компьютеров, находящихся в одной комнате, где отражения от стен комнаты дает устойчивую и надежную связь. Как и в случае радиоканала, наиболее естественный тип топологии здесь — "шина" (то есть переданный сигнал одновременно получают все абоненты). Широкого распространения инфракрасный канал в настоящее время не получил.

А теперь остановимся чуть подробнее на проблеме согласования электрических линий связи.

При передаче высокочастотных сигналов на большие расстояния витые пары и коаксиальные кабели работают обычно в режиме электрически длинной согласованной линии связи. Это означает, что на концах кабеля необходимо включение специальных согласователей, терминаторов, которые обычно представляют собой резисторы с сопротивлением, равным волновому сопротивлению используемого кабеля. Волновое сопротивление — это параметр данного типа кабеля, зависящий только от его устройства (сечения и формы проводников, толщины и типа изоляции и т.д.). Для витой пары волновое сопротивление составляет обычно 100 — 200 Ом и зависит прежде всего от сечения проводов и количества витков на метр длины. Коаксиальные кабели, используемые в локальных сетях, чаще всего имеют волновое сопротивление 50 Ом или 75 Ом. Надо сказать, что адаптеры абонентов специально рассчитаны на работу с данным типом кабеля, поэтому использование в сети, рассчитанной на 50-омный кабель, например, 75-омного кабеля ни к чему хорошему не приведет, даже если его правильно согласовать на концах. Отсутствие же или неправильный выбор концевых согласователей приводит к резкому ухудшению формы сигналов в кабеле и также может нарушить работу всей сети (рис. 1.12). Если согласующее сопротивление R меньше волнового сопротивления r , то фронт сигнала затягивается, если же больше, то на фронте появляется выброс. Обычно величина сопротивления согласующего резистора не должна отклоняться от величины

волнового сопротивления кабеля более, чем на 5% в ту или другую сторону.

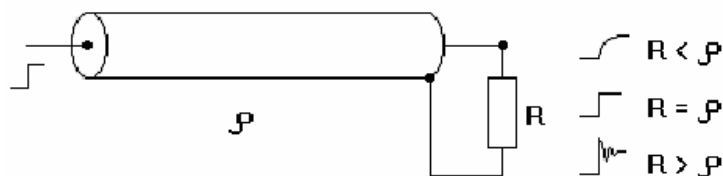


Рис. 1.12. Согласование электрического кабеля. Условие согласования: $R = \rho$

И еще об одной проблеме, возникающей при использовании электрических кабелей. Речь идет о гальванической развязке. Дело в том, что корпуса компьютеров для их более надежной работы часто заземляют. Поэтому если мы соединим обычным электрическим проводом корпуса двух (или более) компьютеров, у нас вполне может возникнуть ситуация, показанная на рис. 1.13. Несмотря на то, что оба корпуса (оба конца кабеля) вроде бы заземлены, то есть имеют одинаковый потенциал, между ними по проводу могут течь огромные токи (до нескольких ампер). Это может привести к сбоям в работе этих компьютеров и даже к полному выходу их из строя. Если же данный провод используется в передаче информации между компьютерами, то выравнивающий ток может совершенно забить любой информационный сигнал и связи попросту не будет.

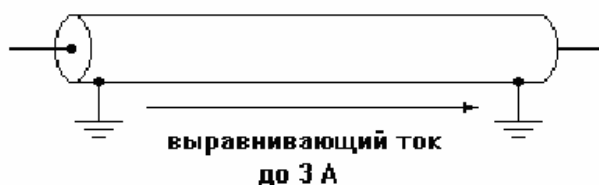


Рис. 1.13. Неправильное соединение кабелем заземленных компьютеров сети (без гальванической развязки)

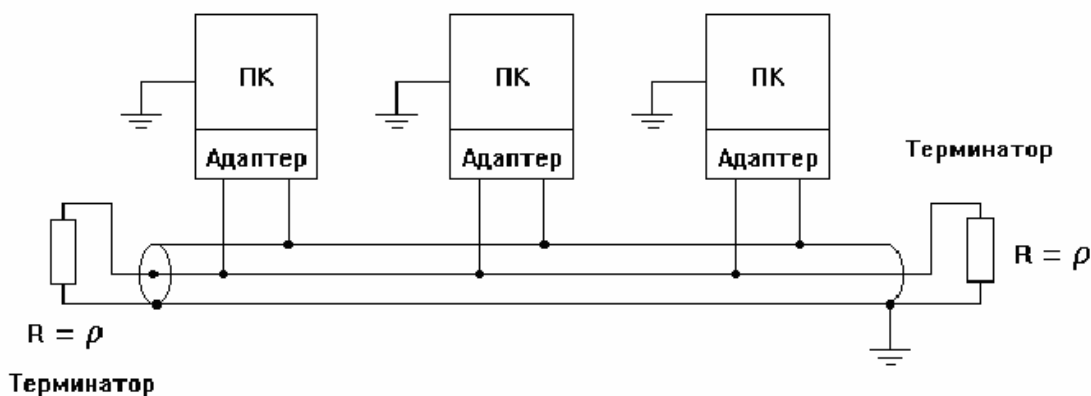


Рис. 1.14. Правильное соединение компьютеров сетевым электрическим кабелем

Поэтому важно обеспечить, чтобы компьютеры не были электрически связанными между собой. А если их все-таки необходимо связать линией передачи информации, надо добиться, чтобы по постоянному току связи не было, то есть необходима гальваническая развязка компьютера от линии связи. Экран коаксиального кабеля (оплетка) вообще-то должен быть заземлен для выполнения своей экранирующей функции, но это должно быть заземление только *в одной точке* (на одном конце). Правильное включение показано на рис. 1.14. В случае электрического кабеля для гальванической развязки чаще всего используются трансформаторы или оптроны. При применении оптоволоконного кабеля, радиоканала или инфракрасного канала данной проблемы вообще не существует.

1.4. Методы кодирования информации

Передаваемая по линии связи информация обычно подвергается специальному кодированию, которое способствует более надежной передаче информации. Это приводит к дополнительным аппаратным затратам на кодирование на передающем конце и декодирование на приемном конце и увеличивает стоимость адаптеров сети, но преимущества кодирования все же перевешивают.

Наиболее часто в локальных сетях используются следующие коды передачи информации (рис. 1.15).

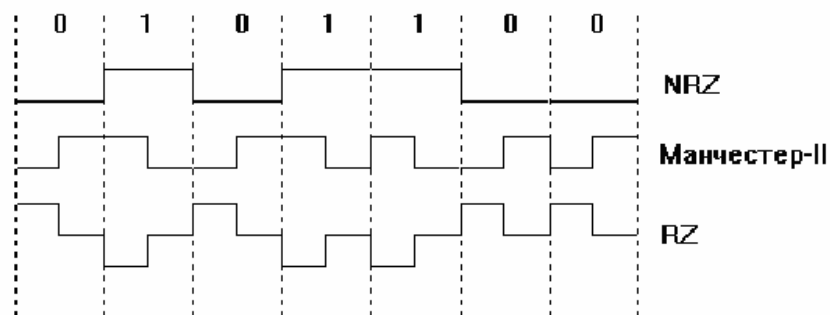


Рис. 1.15. Наиболее распространенные коды передачи информации

1. NRZ (Non Return to Zero — без возврата к нулю) — простейший код, представляющий собой практически обычный цифровой сигнал (правда, может быть преобразована на обратную полярность или изменены уровни, соответствующие нулю и единице). К несомненным достоинствам кода NRZ относятся его очень простая реализация (исходный сигнал не надо ни кодировать на передающем конце, ни декодировать на приемном конце), а также минимальная среди других кодов требуемая при данной скорости передачи пропускная способность линии связи. Пример: наиболее частое изменение сигнала в сети будет при непрерывном чередовании единицы и нуля, то есть 10101010 ..., поэтому при скорости передачи в 10 Мбит/с (длительность одного бита 100 нс) частота изменения сигнала и соответственно требуемая пропускная способность линии составит 5 МГц (рис. 1.16: период равен двум битам информации: 10).

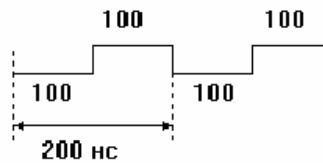


Рис. 1.16. Скорость передачи и пропускная способность линии (код NRZ)

Самый большой недостаток данного кода — отсутствие синхросигнала информации, позволяющего приемнику синхронизовать прием информации из сети с передачей ее передатчиком. То есть в данном случае приемник может выбирать данные из сети не в нужный момент, если его частота приема несколько отличается от частоты передачи (часто говорят об уходе часов приемника). Особенно это критично для больших блоков (пакетов) информации (1—2 килобайта и более). Здесь не помогает и кварцевый генератор. К концу принимаемого пакета теряется взаимная синхронизация передачи и приема, следовательно, возможна потеря данных. В принципе можно было бы ввести вторую линию связи для синхросигнала (рис. 1.17). Но при этом длина линии связи увеличивается в 2 раза, количество приемников и передатчиков также увеличивается в 2 раза. При большой длине сети и большом количестве абонентов это оказывается невыгодным. Поэтому код NRZ используется только для передачи короткими пакетами (обычно до 1 Кбита). Для синхронизации начала приема пакета используется стартовый служебный бит, чей уровень отличается от пассивного состояния линии связи (например, пассивное состояние линии при отсутствии передачи — 0, стартовый бит — 1). Наиболее известное применение кода NRZ — стандарт RS232-C, последовательный порт персонального компьютера, который вполне может использоваться для организации небольших и медленных локальных сетей. Передача информации в нем ведется байтами (8 бит), сопровождаемыми стартовым и стоповым битами.

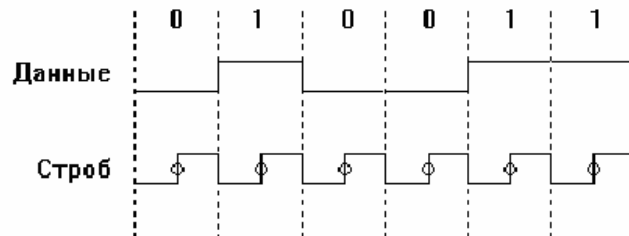


Рис. 1.17. Последовательная передача данных с синхросигналом (стробом)

2. RZ (Return to Zero — с возвратом к нулю) — этот трехуровневый код получил такое название потому, что после значащего уровня сигнала в первой половине передаваемого бита информации следует возврат к некоему "нулевому" уровню (например, соответствующему нулевому потенциалу). Переход к нему происходит в середине бита. Логическому нулю таким образом соответствует положительный импульс, логической единице — отрицательный (или наоборот). Особенностью кода RZ является то, что в центре бита всегда есть переход (положительный или отрицательный), следовательно, из этого кода приемник может выделить синхроимпульс (строб). То есть здесь возможна привязка не только к началу пакета, как в случае кода NRZ, но и к каждому отдельному биту, поэтому рассинхронизации не произойдет даже при очень длинных пакетах. Такие коды, несущие в себе строб, получили название самосинхронизирующихся. Недостаток кода RZ состоит в том, что требуется вдвое большая полоса пропускания канала при той

же скорости передачи по сравнению с NRZ (так как здесь на 1 бит приходится 2 изменения уровня напряжения). Для скорости передачи информации 10 Мбит/с требуется пропускная способность линии 10 МГц. Наиболее часто код RZ используется в оптоволоконных сетях. Правда, в них нет положительных и отрицательных уровней сигнала, поэтому используется три уровня: отсутствие света, "слабый" свет, "сильный" свет. Это очень удобно: даже когда нет передачи информации, свет все равно есть, что позволяет легко определить целостность оптоволоконной линии связи (рис. 1.18).

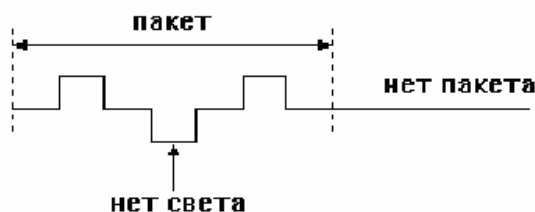


Рис. 1.18. Использование кода RZ в оптоволоконных сетях

3. Код Манчестер-II или манчестерский код получил наибольшее распространение в сетях, использующих электрические кабели. Он также относится к самосинхронизирующимся кодам, но в отличие от кода RZ имеет не три, а только два уровня, что способствует его лучшей помехозащищенности. Логическому нулю соответствует положительный переход в центре бита (то есть первая половина битового интервала — низкий уровень, вторая половина — высокий), логической единице соответствует отрицательный переход в центре бита (или наоборот). Обязательное наличие перехода в центре бита позволяет легко выделить синхросигнал, что дает возможность передавать информацию сколь угодно большими пакетами без потерь из-за рассинхронизации. Допустимое расхождение часов приемника и передатчика может достигать 25%. Как и в случае кода RZ, здесь требуется пропускная способность линии в два раза выше, чем при использовании NRZ. Для скорости передачи 10 Мбит/с требуется полоса пропускания 10 МГц.

Большое достоинство манчестерского кода — отсутствие постоянной составляющей в сигнале (половину времени сигнал положительный, другую половину — отрицательный). Это дает возможность применять для гальванической развязки импульсные трансформаторы. При этом не требуется дополнительного источника питания для линии связи (как в случае использования оптронной развязки), резко уменьшается влияние низкочастотных помех, которые не проходят через трансформатор, легко решается проблема согласования.

Частотный спектр сигнала при манчестерском кодировании включает в себя только две частоты: при скорости передачи 10 Мбит/с это 10 МГц (соответствует передаваемой цепочке из одних нулей или одних единиц) и 5 МГц (соответствует последовательности из чередующихся нулей и единиц: 10101010 ...). Поэтому с помощью простейших полосовых фильтров можно легко отфильтровать все другие частоты (помехи, наводки).

Так же как и в случае кода RZ, при манчестерском кодировании очень просто определить, идет передача или нет, то есть детектировать занятость сети. Для этого достаточно контролировать, есть ли изменение сигнала в течение битового интервала или нет. Код Манчестер-II используется как в электрических кабелях, так и в оптоволоконных. В самой распространенной локальной сети Ethernet используется именно этот код.

А теперь кратко остановимся на проблеме дешифрации кодов RZ и Манчестер-II. Задача дешифрации состоит в том, чтобы выделить из кода данные и строб (синхросигнал).

Сначала посмотрим, как можно дешифровать Манчестер-II. Нетрудно заметить (рис. 1.15), что в сигнале с манчестерским кодированием существуют два вида переходов (фронтов сигнала): информационные (в середине битовых интервалов) и граничные (на границе битовых интервалов). Задача дешифрации сводится, видимо, к тому, чтобы разделить эти два вида переходов, отсечь граничные и далее работать уже только с информационными. Простейший путь для этого — формирование по переходу любой полярности (из высокого уровня в низкий и из низкого уровня в высокий) запрещающего импульса длительностью больше половины битового интервала, но меньше целого битового интервала, например, $0,75$ от длительности битового интервала (рис. 1.19). При этом, конечно, надо обеспечить, чтобы первым переходом в пакете всегда был информационный. А затем все очень просто: после первого перехода пакета мы запрещаем поступление входного сигнала (реакцию на него) на время $3/4$ T . Затем снова разрешаем реакцию на любой переход и т.д. Этот сигнал запрета (нижний на рис. 1.19) может использоваться в качестве stroba данных, а данными может служить сам входной сигнал в коде Манчестер-II (правда, придется несколько задержать strob относительно данных). Конкретные аппаратные решения будут рассмотрены в следующих главах.

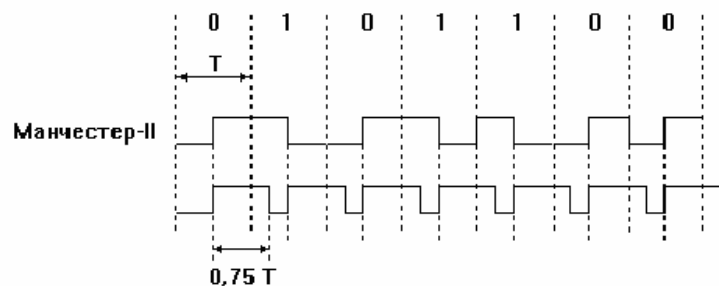


Рис. 1.19. Принцип дешифрации кода Манчестер-II

Для дешифрации кода RZ придется различать три уровня сигнала, для чего можно использовать два компаратора напряжения, имеющие пороги срабатывания вблизи центрального уровня с обеих сторон от него. Из выходных сигналов этих компараторов легко получить сигнал данных и strob. Конкретные аппаратные решения данного дешифратора также будут рассмотрены в следующей главе.

Существуют и более сложные коды, например код 4B/5B, используемый в высокоскоростной оптоволоконной локальной сети FDDI. При ее создании был достигнут компромисс между кодом NRZ с одной стороны и кодами Манчестер-II и RZ с другой стороны. Сигнал в сети должен был содержать синхрэлементы, быть самосинхронизирующимся, но в то же время он не должен был требовать вдвое большей полосы, чем NRZ. Выход был найден в добавлении на каждые четыре информационных бита пятого (синхробита) по определенным правилам. То есть любая комбинация из четырех бит заменяется на 5-битовую в передатчике и преобразуется обратно в 4 бита в приемнике (таблица 1.1). Синхронизация при этом получается в 5 раз реже, чем в манчестерском коде и в RZ, поэтому требуемая полоса пропускания оказывается всего в 1,25 раза больше, чем при использовании NRZ: для скорости 100 Мбит/с — 62,5 МГц, а не 100 МГц (при манчестерском коде).

Информация	Код 4B/5B	Информация	Код 4B/5B
0000	11110	1000	10010
0001	01001	1001	10011

0010	10100	1010	10110
0011	10101	1011	10111
0100	01010	1100	11010
0101	01011	1101	11011
0110	01110	1110	11100
0111	01111	1111	11101

Таблица 1.1. Код 4B/5B

Помимо рассмотренных здесь в локальных сетях используются и другие коды, например, такой, в котором логической единице соответствует один импульс на битовом интервале, а логическому нулю — два импульса на битовом интервале. Применяются также различные методы модуляции: амплитудной, частотной и фазовой. Но подробное описание всех возможных кодов заняло бы слишком много места.

1.5. Форматы пакетов локальных сетей

Информация в локальных сетях, как правило, передается отдельными порциями, кусками, называемыми в различных источниках пакетами, кадрами или блоками. Использование пакетов связано с тем, что в сети, как правило, одновременно может происходить несколько сеансов связи (во всяком случае при топологиях типа "шина" и "кольцо"). То есть в течение одного и того же интервала времени могут идти два или больше процессов передачи данных между абонентами. Пакеты как раз и позволяют разделить во времени сеть между передающими информацию абонентами. Если бы вся требуемая информация передавалась сразу, непрерывно, без разделения на пакеты, то это привело бы к монопольному захвату сети одним из абонентов на довольно продолжительное время. Все остальные абоненты вынуждены были бы ждать окончания передачи всей информации, что в ряде случаев может потребовать десятков секунд и даже минут (например, копирование содержимого целого жесткого диска). Чтобы уравнивать в правах всех абонентов, а также примерно уравнивать для всех них время доступа к сети и интегральную скорость передачи для всех абонентов, как раз и используются пакеты (кадры). С другой стороны, пакеты имеют преимущества и перед побайтовой (8 бит) или пословной (16 бит или 32 бита) передачей, так как увеличивает полезную загрузку сети, уменьшая требуемое количество служебной информации.

Структура пакета определяется прежде всего аппаратными особенностями данной сети, выбранной топологией и типом среды передачи информации. Но она также существенно зависит от используемого протокола (порядка обмена информацией). Типичный пакет содержит в себе следующие основные поля (части):

- стартовая комбинация (не обязательна) — обеспечивает настройку аппаратуры адаптера или другого сетевого устройства на прием и обработку пакета;
- сетевой адрес (идентификатор) принимающего абонента — индивидуальный или групповой номер, присвоенный принимающему абоненту в сети, позволяет приемнику распознать пакет, адресованный ему или всем абонентам сети;
- сетевой адрес (идентификатор) передающего абонента — индивидуальный или групповой номер, присвоенный передающему абоненту, информирует принимающего абонента, откуда пришел данный пакет;
- служебная информация — указывает на тип пакета, его номер, на то, что с ним надо делать и т.д.;
- данные — та информация, ради передачи которой используется данный пакет;
- контрольная сумма пакета — числовой код, формируемый передатчиком по

определенным правилам и содержащий в свернутом виде информацию обо всем пакете, используется для проверки правильности передачи пакета на приемном конце;

— стоповая комбинация (не обязательна) — информирует принимающего абонента об окончании пакета, обеспечивает выход аппаратуры приемника из состояния приема.

Нередко выделяют начальное управляющее поле пакета, то есть поле, включающее в себя стартовую комбинацию, сетевые адреса приемника и передатчика, а также служебную информацию, поле данных пакета и конечное управляющее поле пакета, включающее в себя контрольную сумму и стоповую комбинацию (рис. 1.20). Начальное управляющее поле при этом называют заголовком пакета.

В служебную информацию могут входить указание на маршрут данного пакета (в сложных сетях, состоящих из нескольких сетей, соединенных между собой), а также код длины поля данных.



Рис. 1.20. Три поля сетевого пакета

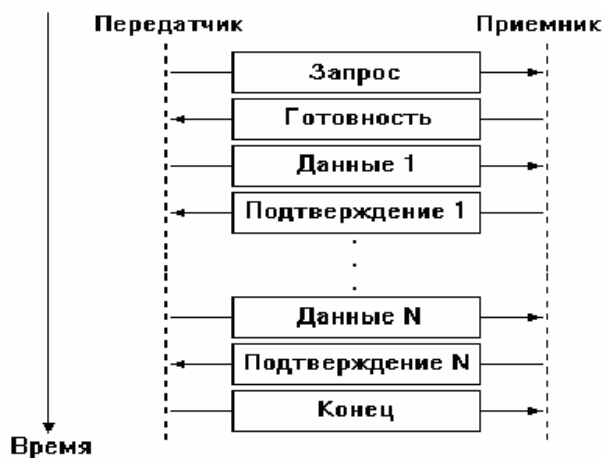


Рис. 1.21. Пример обмена пакетами при сеансе связи

Пакеты делятся на два основных типа: управляющие (которые не содержат поля данных) и информационные (в которых поле данных присутствует). Управляющие пакеты служат для решения вспомогательных задач по обмену в сети, например, для установления соединения между абонентами с целью дальнейшей передачи данных, для завершения соединения после прекращения сеанса обмена, для подтверждения приема информационного пакета. Простейший пример сеанса связи между двумя абонентами представлен на рис. 1.21.

Передающий абонент сначала запрашивает с помощью управляющего пакета принимающего абонента о готовности принять данные. Принимающий отвечает управляющим пакетом о своей готовности. Затем следует собственно передача данных,

причем на каждый информационный пакет от передатчика приемник отвечает соответствующим пакетом подтверждения приема. После окончания передачи данных передающий абонент заканчивает сеанс связи управляющим пакетом.

На рис. 1.22 для примера приведена реальная структура кадра (пакета), принятая в наиболее распространенной сети Ethernet. В начале передается преамбула (стартовая комбинация), затем сетевые адреса получателя (приемника) и отправителя (передатчика), затем следуют управляющие байты, байты данных и контрольная сумма. При необходимости увеличить количество управляющей информации под нее отводится нужное число байт данных. Отметим, что в сети Ethernet имеется ограничение на минимальную длину пакета, и именно с этим связано ограничение снизу количества байт данных.

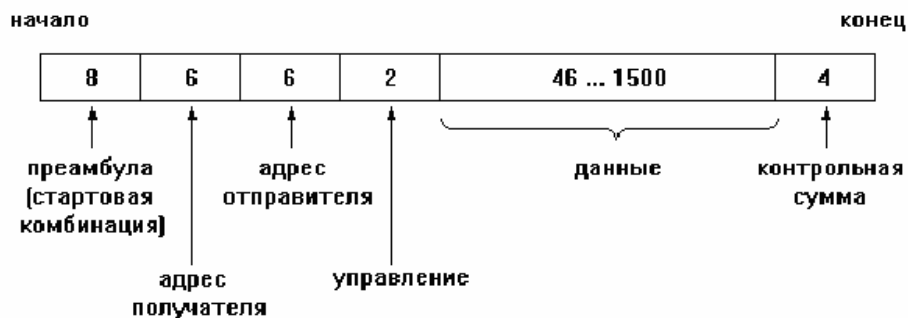


Рис. 1.22. Структура кадра (пакета) сети Ethernet (цифры показывают количество байт)

В заключение данного раздела надо отметить, что существуют два термина, относящихся к сетям вообще: коммутация пакетов и коммутация каналов (или цепей). При коммутации пакетов по одному каналу идут пакеты разного назначения с временным разделением. Каждый абонент отлавливает в сети те пакеты, которые адресованы ему. При коммутации каналов (цепей) производится физическое переключение различных каналов, линий связи (пример: обычная телефонная сеть). Коммутация в данном случае осуществляется в узлах коммутации (телефонные станции).

1.6. Методы управления обменом

В локальную сеть всегда входит несколько абонентов, причем каждый из них, как правило, работает самостоятельно и в любой момент может обратиться к сети. Поэтому требуется управление обменом с целью упорядочения использования сети различными абонентами, предотвращения или разрешения конфликтов между ними. В противном случае возможно искажение передаваемой информации. Для управления обменом (или управления доступом к сети, или арбитража сети) используются различные методы, особенности которых в значительной степени определяются выбранной топологией сети. Рассмотрим некоторые, наиболее характерные из них.

1.6.1. Управление обменом в сети типа "звезда"

Отметим, что здесь, конечно, имеется в виду активная, истинная "звезда"). При данной топологии (рис. 1.23) могут одновременно захотеть передавать все периферийные абоненты (то есть 1 ... 5).

Чаще всего центральный абонент (Ц) может производить обмен только с одним из периферийных абонентов. Поэтому в любой момент надо выделить только одного

абонента, ведущего передачу.

Здесь возможно два решения.

Первое из них можно назвать "Активный центр". В этом случае центральный абонент Ц посылает запросы (управляющие пакеты) по очереди всем периферийным абонентам (то есть спрашивает у них, не хотят ли они передавать). Тот периферийный абонент, который хочет передавать (первый из опрошенных) посылает ответ (или же сразу начинает передачу). Сеанс обмена проводится именно с ним. После окончания этого сеанса центральный абонент продолжает опрос по кругу. Периферийные абоненты имеют в данном случае так называемые географические приоритеты: максимальный приоритет у того из них, кто ближе расположен по часовой стрелке (или против нее в зависимости от направления опроса) к последнему абоненту, закончившему обмен. Если же хочет передать центральный абонент, он передает без всякой очереди тому, кому хочет.

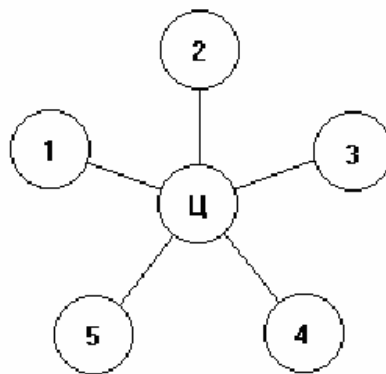


Рис. 1.23. Управление обменом в сети с топологией типа "звезда"

Второе возможное решение — "Пассивный центр". В этом случае центральный абонент по очереди не опрашивает, а слушает всех периферийных абонентов (то есть принимает пакеты только от одного из них). Те периферийные абоненты, которые хотят передать, периодически посылают запросы (управляющие пакеты) и ждут на них ответа. Когда центр принимает запрос, он отвечает запросившему абоненту (разрешает ему передачу), и тот передает. Приоритеты здесь также географические (аналогично первому случаю). Центр также передает, когда и кому хочет.

Как в первом, так и во втором случае управление обменом централизованное. То есть все решения о порядке обмена принимает единый центр (в данном случае — центральный абонент).

Преимущества централизованного управления достаточно очевидны: принципиальная невозможность любых конфликтов между абонентами (все решения принимаются в одном месте), а также гарантированное время доступа, то есть время, проходящее от момента возникновения желания передавать до момента начала передачи. В данном случае, если интенсивность обмена (нагрузка сети) большая, то есть все абоненты очень активны, то все будут передавать строго по очереди, и время доступа не превысит заранее известной величины — суммарного времени передачи своих пакетов всеми периферийными абонентами. Недостатки централизованного управления связаны с низкой устойчивостью к отказам этого метода (если центр выходит из строя — обмен невозможен), а также с недостаточной гибкостью (центр всегда работает по жестко заданному алгоритму) и низкой скоростью управления (даже если все время передает только один периферийный абонент, ему приходится ждать, пока центр опросит всех).

1.6.2. Управление обменом в сети типа "шина"

В принципе, при данной топологии возможно точно такое же централизованное управление, как и в "звезде" (то есть физически сеть — "шина", но логически — "звезда"). При этом один из абонентов ("центральный") посылает всем остальным ("периферийным") запросы, выясняя, кто хочет передать, затем разрешает передачу одному из них. После окончания передачи передававший абонент сообщает "центру", что он закончил, и "центр" снова начинает опрос (рис. 1.24). Все преимущества и недостатки такого управления — те же, что и в случае "звезды". Единственное принципиальное отличие состоит в том, что центр здесь не перекачивает информацию от одного абонента к другому, как в "звезде", а только управляет доступом.

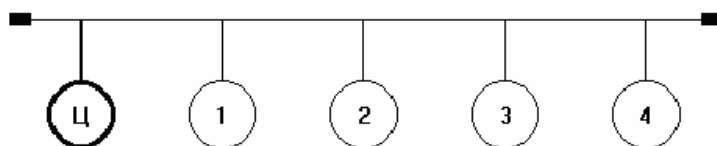


Рис. 1.24. Централизованное управление в сети типа "шина"

Однако гораздо чаще в "шине" реализуется децентрализованное управление, так как, в отношении аппаратуры все абоненты здесь равны (рис. 1.25). При этом с точки зрения доступа к сети, все абоненты также будут равноправны, и решение в том, когда можно передавать, принимается каждым абонентом на месте, исходя только из анализа состояния сети. То есть в данном случае существует конкуренция между абонентами за захват сети, и, следовательно, возможны конфликты между ними и искажения передаваемых данных из-за наложения пакетов.

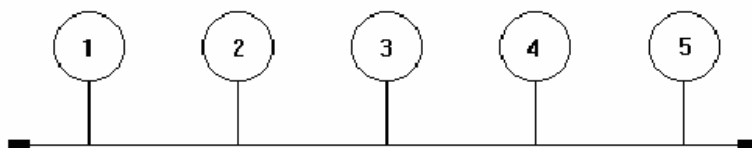


Рис. 1.25. Децентрализованное управление в сети типа "шина"

Существует множество алгоритмов доступа или, как еще говорят, сценариев доступа, часто очень сложных. Их выбор зависит от скорости передачи в сети, от длины шины, загруженности сети (интенсивности обмена или трафика сети). Иногда для управления доступом к шине используется дополнительная линия связи, что упрощает аппаратуру контроллеров и методы доступа, но обычно заметно увеличивает стоимость сети в целом за счет удвоения длины кабеля и количества приемопередатчиков. Поэтому данное решение не получило широкого распространения. Рассмотрим некоторые методы управления.

1. Простейший метод, используемый при выбранном коде обмена NRZ в сравнительно медленных сетях — так называемый *децентрализованный кодовый приоритетный арбитраж*. Смысл состоит в распознавании столкновения двух или более пакетов в начале передачи и прекращении в случае столкновения передачи всеми абонентами, кроме одного. Здесь важно отметить, что при использовании кода NRZ очень непросто определить: идет передача или нет, то есть занята сеть или свободна. Если в

случае кодов RZ и Манчестер-II это сделать довольно просто исходя только из текущего анализа состояния сети (грубо говоря, посмотреть, есть ли изменения сигналов или нет), то здесь возникает довольно сложная проблема. Если в передаваемом пакете присутствуют длинные последовательности "0" или "1", которые совпадают с пассивным состоянием сети (в отсутствие передачи), то исходя из анализа состояния сети сделать вывод о ее занятости невозможно. Поэтому обычно используется такой подход.

Во-первых, любой пакет начинается стартовым битом, уровень которого отличается от пассивного состояния сети. Во-вторых, передача ведется пакетами только стандартной длины (например, 1 Кбит) независимо от их функционального назначения. В результате все абоненты, обнаружив стартовый бит пакета после пассивного состояния сети, начинают отсчет временного окна, длительность которого равна длительности пакета (рис. 1.26). А дальше все очень просто: передачу любой абонент начинает только тогда, когда сеть свободна.

Вероятность столкновения при малой интенсивности обмена в сети ничтожно мала (для этого должны одновременно начать передачу два или более абонентов). Что здесь значит "одновременно" — чуть позже. Однако при большой интенсивности обмена в сети ситуация резко усложняется. Если несколько абонентов захотели передавать во время занятости сети, то сразу после ее освобождения они начнут передачу, следовательно, произойдет столкновение пакетов. Как при этом избежать искажения информации? Для этого рассматриваемый метод управления обменом использует следующий подход.



Рис. 1.26. Определение занятости сети при использовании кода NRZ

В начале любого пакета все абоненты передают свой сетевой адрес (естественно, после стартового бита). И одновременно с этой передачей они проверяют соответствие того, что они хотят передать, тому, что есть в сети на самом деле (в пределах каждого бита). Если обнаруживается расхождение между желаемым и действительным, то абонент прекращает передачу. Выходные каскады передатчиков сети выбирают такие, чтобы выбранный активный логический уровень однозначно забивал пассивный логический уровень. То есть пассивный логический уровень, соответствующий пассивному состоянию сети, должен формироваться при высокоимпедансном состоянии передатчика. В качестве таких выходных каскадов могут использоваться каскады с открытым коллектором или с открытым эмиттером. На рис. 1.27 приведен пример выходного каскада с открытым коллектором с активным высоким уровнем и пассивным низким уровнем.

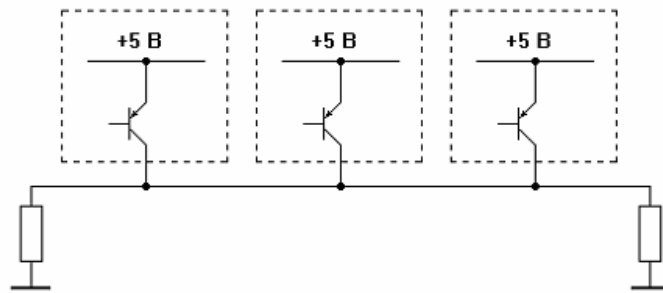


Рис. 1.27. Выходные каскады с открытым коллектором

Поэтому в данном случае победу одержит (то есть не обнаружит расхождения и продолжит передачу) тот абонент, у которого в коде сетевого адреса будет, грубо говоря, больше единиц (на самом деле важен еще и порядок единиц и нулей). Максимальным приоритетом будет обладать абонент с сетевым адресом 111...1. Те же абоненты, которые проиграют (то есть обнаружат расхождение и прекратят передачу) будут ждать освобождения сети и затем повторяют свою попытку.

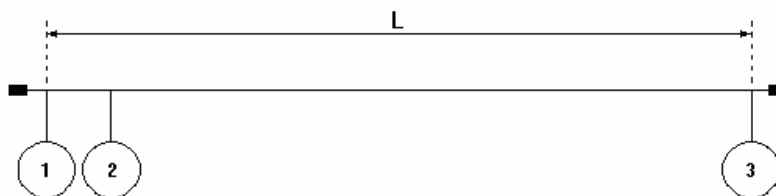


Рис. 1.28. Определение "одновременности" событий в сети

При этом возникает вопрос: какова должна быть длительность бита, чтобы все абоненты точно обнаружили столкновение? Или в более общей формулировке: в каком случае можно говорить об одновременности событий в сети? Ведь скорость распространения сигнала по любому кабелю ограничена, поэтому информацию о произошедшем событии не все абоненты получают одновременно. Рассмотрим эту тему чуть подробнее, так как это довольно принципиальный вопрос (рис. 1.28).

Пусть L — полная длина сети, V — скорость распространения сигнала в используемом кабеле. Допустим, абонент 1 закончил свою передачу, а абоненты 2 и 3 захотели передавать во время передачи абонента 1. После освобождения сети абонент 3 узнает об этом событии через временной интервал прохождения сигнала по всей длине сети, то есть через L/V , а абонент 2 — сразу после освобождения. Но абонент 2 узнает о том, что абонент 3 тоже узнал об освобождении еще через время L/V . Поэтому в общем случае говорить об "одновременности" событий в сети можно даже тогда, когда между ними временной сдвиг, меньший, чем $2L/V$, то есть удвоенное время распространения сигнала по полной длине сети. То же самое будет происходить и на каждом битовом интервале. Следовательно, длительность бита при данном типе арбитража должна быть не менее $2L/V$, чтобы можно было точно обнаруживать все столкновения. Здесь происходит побитное сравнение, поэтому данная величина ограничивает именно длительность бита.

Кстати, в сетях данного типа довольно легко реализуется подтверждение получения пакета приемником в течение времени передачи того же пакета: последний бит пакета передатчик оставляет пассивным, а приемник, если он успешно принял пакет, передает этот бит обратно активным уровнем. При других кодах это невозможно, там для

подтверждения приема всегда используется отдельный управляющий пакет.

Рассмотренный метод арбитража, предложенный в московском Институте проблем управления (ИПУ) еще в начале 70-х годов, характеризуется низкой скоростью передачи, но высокой надежностью. Все абоненты имеют свои собственные приоритеты, которые вообще-то могут динамически изменяться в зависимости от важности информации. При малой интенсивности обмена все абоненты равноправны (вероятность столкновений очень мала). Величина времени доступа к сети здесь не может быть гарантирована (так как абоненты с высокими приоритетами могут надолго занять сеть, не позволяя начать передачу абонентам с низкими приоритетами).

2. Второй метод, используемый в шине — *децентрализованный временной приоритетный арбитраж* (или метод доступа). Основная идея данного метода состоит в том, чтобы свести вероятность столкновения к пренебрежимо малой величине.

Как уже отмечалось, при децентрализованном управлении, низкой интенсивности обмена в сети и случайном характере возникновения заявок на передачу вероятность столкновения пакетов очень мала (для этого два абонента должны начать передачу одновременно). Но при большой нагрузке в течение времени передачи пакета накапливаются нереализованные заявки на передачу (все ждут освобождения сети и затем сразу пытаются передать). В первом рассмотренном нами методе столкновения после освобождения сети в принципе допускались, но затем конфликты разрешались сравнением того, что хочет передать абонент, с тем, что есть в сети на самом деле.

Идея рассматриваемого здесь метода (рис. 1.29) состоит в том, чтобы полностью исключить столкновения после освобождения сети. Для этого предлагается следующий алгоритм. Сначала все абоненты следят за состоянием сети. Если она свободна, то передача начинается сразу после возникновения заявки на нее. Если же сеть занята, то сразу после ее освобождения все абоненты отсчитывают свой собственный уникальный временной интервал (например, пропорциональный коду сетевого адреса данного абонента, то есть абонент с нулевым адресом начинает передачу сразу, абонент с первым адресом — через время t_0 , абонент со вторым адресом — через время $2t_0$ и т.д.). Если к концу этого временного интервала сеть все еще остается свободной, абонент начинает передачу. В противном случае — снова ждет освобождения сети.

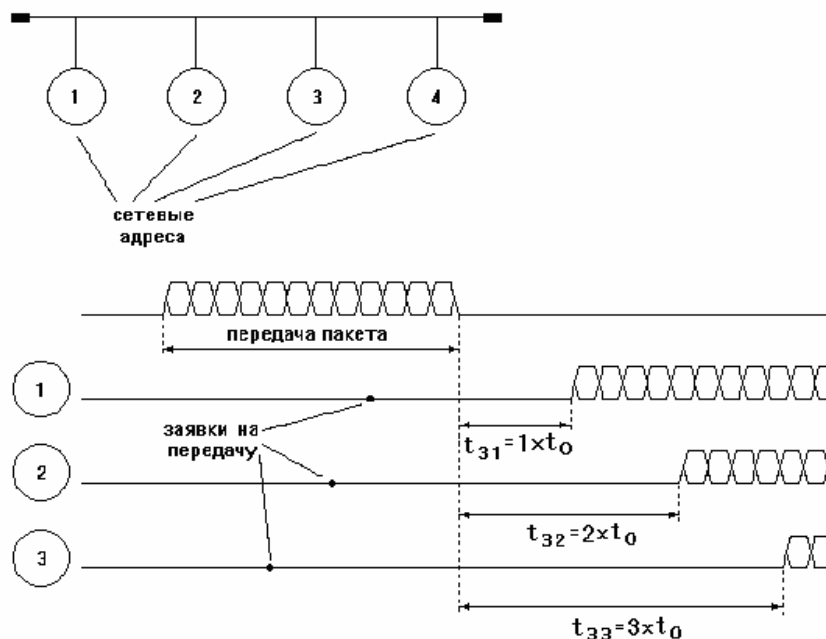


Рис. 1.29. Децентрализованный временной метод управления

Особенности данного метода следующие. При малой интенсивности обмена в сети все абоненты равноправны, а при большой — все они имеют свои приоритеты, причем максимальный приоритет — у абонента, имеющего минимальный сетевой адрес (минимальное время задержки начала передачи). Поэтому абоненты с малыми приоритетами могут довольно долго ждать. То есть о гарантированном времени доступа к сети здесь, как и в случае предыдущего метода, говорить не приходится. Несмотря на очень малую вероятность столкновений вообще-то они не исключаются полностью (например, при свободной сети заявки на передачу могут возникнуть одновременно).

При выборе данного метода управления обменом возникает вопрос о том, как выбирать величину дискрета задержки t_0 , точнее минимальное значение величины t_0 . Ход рассуждений здесь такой же, как в предыдущем случае (рис. 1.30). Пусть абонент 1 закончил передавать. У абонента 2 задержка $2t_0$, у абонента 3 — $3t_0$. Абонент 3 начнет через время $3t_0$ после освобождения сети абонентом 1, а абонент 2 — через время $(2t_0 + L/V)$. Абонент 3 узнает о том, что абонент 2 начал передавать, через время $(2t_0 + L/V + L/V)$. И это время не должно быть больше, чем $3t_0$, следовательно, t_0 не должно быть меньше, чем $2L/V$, то есть мы получаем то же самое условие, что и при предыдущем методе. Опять та же величина $2L/V$.

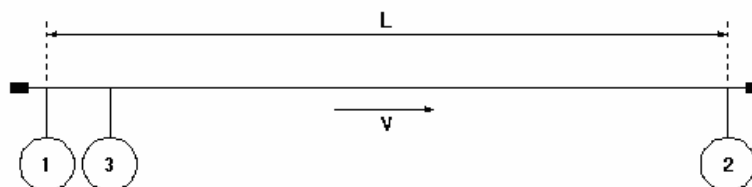


Рис. 1.30. Выбор дискрета времени задержки t_0

Так как столкновения при данном методе все-таки возможны, а детектирование их

не предусмотрено, следовательно эта функция переносится на более высокий уровень обмена, например, вывод о столкновении делается приемником на основании анализа контрольной суммы полученного пакета.

Этот метод управления обменом быстрее, чем предыдущий (он допускает более высокие скорости обмена, так как здесь нет ограничения на длительность каждого бита). Практически реализовать его примерно так же сложно, как предыдущий (каждый абонент должен отсчитывать свой временной интервал). Недостаток метода состоит еще и в том, что в случае большой длины сети и большого количества абонентов задержки становятся очень большими. Пример: при длине сети 1 км, задержке сигнала в кабеле 4 нс/м, и количестве абонентов 256 двойное время прохождения сигнала в сети $2L/V$ или минимальная задержка составит 8 мкс, следовательно, для абонента с сетевым адресом 255 задержка будет уже равна $255 \times 8 \text{ мкс} = 2040 \text{ мкс}$, то есть около 2 мс, что уже довольно существенно. Для сравнения: если пакет имеет размер 1 Кбайт, то при скорости передачи 10 Мбит/с, его длительность будет всего 0,8 мс.

Данный метод управления обменом в отличие от предыдущего не имеет такой жесткой привязки к коду передачи информации (там надо было использовать только NRZ). Код может быть практически любым, главное — выбрать его таким, чтобы можно было определять занятость сети.

3. Третий метод, получивший довольно широкое распространение, можно считать развитием второго рассмотренного нами. Называется он *CSMA/CD* (Carrier-Sense Multiple Access/Collision Detection) или по-русски МДКН/ОК — метод доступа с контролем несущей и обнаружением коллизий (столкновений). Идея метода состоит в том, чтобы уравнивать в правах всех абонентов в любой возможной ситуации, то есть добиться, чтобы не было больших и малых фиксированных приоритетов (как в случае второго метода). Для этого используются времена задержки, вычисляемые каждым абонентом по определенному алгоритму.

Суть метода состоит в следующем.

а) Абонент, желающий передавать, следит за состоянием сети и в случае ее занятости ждет освобождения (это и называется контролем несущей, так как здесь обычно используется код Манчестер-П, следовательно, действительно можно говорить о несущей частоте). Если сеть свободна, то передача начинается без всякого ожидания.

б) После освобождения сети абонент сразу начинает передавать и одновременно контролирует состояние сети (это тот самый контроль столкновений или обнаружение коллизий). Если столкновений не обнаруживается, передача доводится до конца.

в) Если столкновение обнаружено, то абонент усиливает его (передает еще некоторое время) для гарантии обнаружения всеми передающими абонентами, а затем отключается (прекращает передачу). Точно так же поступают другие передававшие абоненты.

г) После прекращения неудачной передачи абонент выдерживает случайно выбираемый промежуток времени, а затем повторяет свою попытку передать, при этом контролируя столкновения. Так как этот промежуток времени случайный, вероятность повторного столкновения пакетов будет довольно мала. Выбирается время задержки так:

$t_{\text{зад}} = N \times t_0$, где N — случайное число а величина t_0 определяется опять же задержкой в сети аналогично предыдущему случаю, то есть t_0 не должна превышать $2L/V$.

А что же происходит при обнаружении повторного столкновения пакетов? Вообще говоря, существует довольно много алгоритмов выбора $t_{\text{зад}}$ в этом случае. Например, при повторном столкновении $t_{\text{зад}}$ увеличивается в два раза. Другой алгоритм выбирает $t_{\text{зад}}$ исходя из предыстории работы сети (то есть учитывает интенсивность обмена), что обеспечивает большую гибкость. Но в любом случае столкновения не предотвращаются,

все абоненты равноправны даже после освобождения сети, а повторные столкновения не исключены. Поэтому гарантировать величину времени доступа к сети здесь нельзя. В наиболее распространенной локальной сети Ethernet используется именно этот метод доступа (величина $t_0 = 51,2$ мкс).

Здесь надо также упомянуть еще о двух методах, используемых в сетях типа "шина", которые в литературе часто рассматриваются как разновидности CSMA/CD.

При методе, называемом CSMA, состояние сети контролируется только до начала передачи, а не во время передачи. Столкновения выявляются на другом уровне — на основании проверки контрольной суммы принятого пакета и передачи соответствующего пакета подтверждения. Примером может служить локальная сеть PC NET.

Метод CSMA/CA (Collision Avoidance — избежание конфликтов) состоит в том, что после освобождения сети всеми желающими передавать абонентами передается не пакет, а специальный сигнал, контролируя который, они обнаруживают конфликты. То есть сталкиваются только эти сигналы, а не пакеты, искажения которых критичны. Примером может служить сеть Omnet.

А теперь вернемся к методу CSMA/CD, как одному из самых популярных.

Метод подразумевает использование кода Манчестер-II. Как при этом обнаруживаются столкновения? Если выбран код NRZ, то это сделать довольно просто (см. описание первого метода управления обменом в "шине"). Но в рассматриваемом случае биты разных пакетов не будут так хорошо перекрываться (ограничения на их длительность здесь отсутствует), поэтому побитовый контроль невозможен. Для обнаружения столкновений при данном методе используется контроль постоянной составляющей сигнала в сети (рис. 1.31).

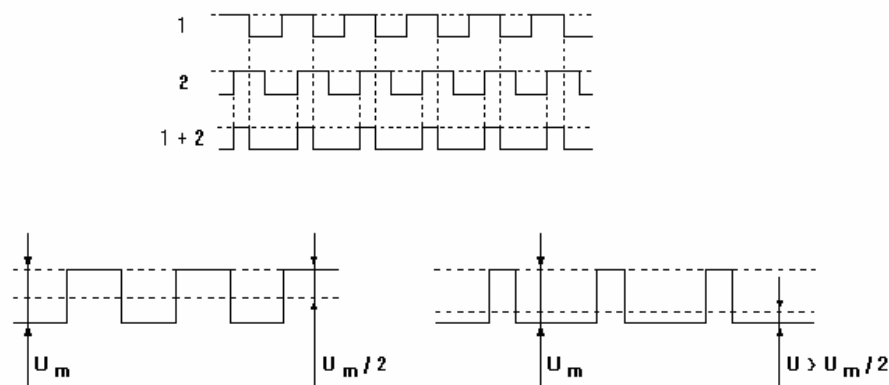


Рис. 1.31. Обнаружение столкновений при методе CSMA/CD

Будем считать, что высокий уровень сигнала в сети совпадает с нулевым уровнем, а низкий — отрицательный. В этом случае, если нет столкновения (в сети только один пакет), то постоянная составляющая всегда равна приблизительно половине амплитуды (средняя скважность сигнала равна двум). Если передаются последовательности 111...1 или 0000...0, или 10101010..., то постоянная составляющая будет точно равна половине амплитуды. Если же передается произвольная комбинация, то она будет колебаться около половины. Кстати, в качестве преамбулы пакета Ethernet используется последовательность 10101010..., выбранная именно из этих соображений (сталкиваются в первую очередь

именно преамбулы пакетов). Если же в сети есть столкновение (наложение двух или более пакетов), то полное совпадение их фаз крайне маловероятно, следовательно, скважность суммарного сигнала будет отличаться от двух, а значит, постоянная составляющая не будет равна половине амплитуды. Зафиксировав это отклонение на величину, больше заданной, мы можем сделать вывод о наличии столкновения.

К достоинствам метода CSMA/CD можно отнести полное равноправие всех абонентов, то есть ни один из них не может надолго захватить сеть. Метод достаточно надежен: ведь в течение всего времени передачи пакета идет контроль столкновений. К недостаткам метода относится то, что он не исключает повторения столкновений, а также плохо держит высокую нагрузку в сети (обычно считается, что он хорош только до тех пор, пока нагрузка не превышает 30%, то есть только 30% времени сеть занята, а 70% времени — свободна). Для сети Ethernet в среднем считается предельно допустимым 50 ... 100 абонентов, иначе возможны существенные нарушения обмена. Основной недостаток метода — негарантированное время доступа: нельзя сказать наверняка, через сколько времени пакет точно дойдет до приемника. В этом отношении он хуже, чем методы централизованного управления (методы опроса).

1.6.3. Управление обменом в сети типа "кольцо"

Кольцевая топология имеет свои особенности при выборе метода управления обменом. Важным фактором является то, что любой пакет, посланный по кольцу, последовательно пройдя всех абонентов, через некоторое время возвратится в ту же точку (топология замкнута). То есть здесь нет одновременного распространения сигнала в две стороны, как в "шине". Отметим, что сети типа "кольцо" бывают однонаправленными и двунаправленными. Мы будем здесь рассматривать только однонаправленные, как более распространенные. В сети типа "кольцо" можно также использовать различные централизованные методы управления (реализовывать логическую "звезду"), можно применять методы случайного доступа (реализовывать логическую "шину"), но чаще выбирают специфические методы управления, в наибольшей степени соответствующие именно особенностям "кольца".

1. *Маркерный метод управления* относится, как и методы опроса (централизованные) к так называемым детерминированным методам. В отличие от случайных методов (которые чаще используются при шинной топологии, например, CSMA/CD) детерминированные методы принципиально исключают любые конфликты в сети, так как в них предусмотрен механизм временного распределения сети между абонентами. При случайных методах все абоненты могут начать передачу в любой момент, поэтому там конфликты неизбежны.

Идея метода маркерного управления состоит в том, что по "кольцу" запускается специальный пакет, называемый маркером, который отмечает время возможного начала пакета (играет роль своеобразной временной метки). Этот маркер непрерывно ходит по "кольцу", синхронизируя работу абонентов сети. Алгоритм управления предполагает следующую последовательность действий (рис. 1.32).

а) Абонент 1, желающий передать, ждет так называемый "свободный маркер" (маркерный пакет, помеченный в специально выделенном поле как свободный). Получив такой маркер, абонент 1 помечает его как занятый (изменяет соответствующие биты), добавляет к нему свой пакет и отправляет полученную связку (маркер + пакет) дальше в "кольцо".

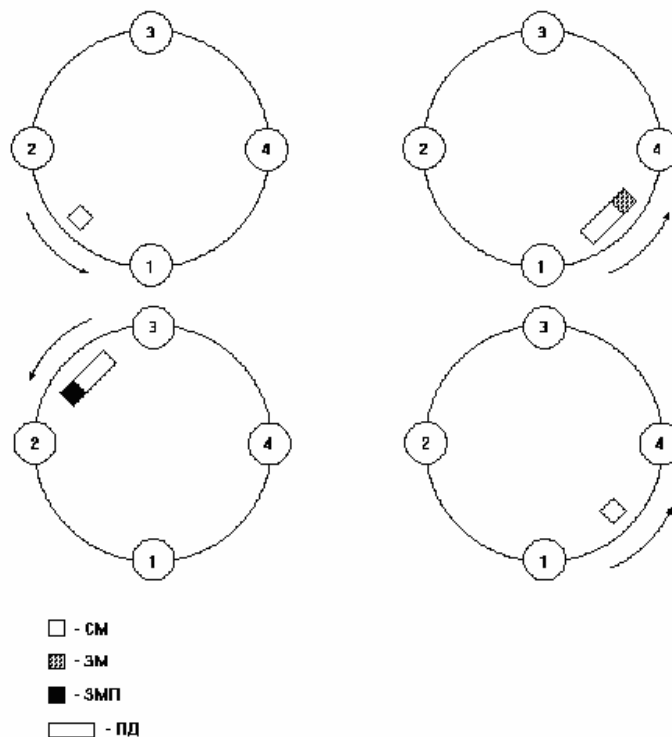


Рис. 1.32. Маркерный метод управления обменом (СМ — свободный маркер, ЗМ — занятый маркер, ЗМП — занятым маркер с подтверждением, ПД — пакет данных)

б) Каждый абонент (2, 3, 4), получивший этот "паровозик", проверяет, ему ли адресован пакет. Если пакет не его, абонент отправляют его дальше по "кольцу". Надо учесть, что в данном случае пакет обязательно должен быть принят каждым абонентом, и только потом отправлен (или не отправлен) дальше, то есть идет последовательная, эстафетная передача пакета от абонента к абоненту.

в) Абонент, распознавший пакет, который адресован ему (в нашем случае это абонент 3), принимает этот пакет, устанавливает в маркере специально выделенный бит подтверждения и отправляет "паровозик" из маркера и пакета дальше.

г) Передававший абонент 1 получает свою посылку, прошедшую через все кольцо, обратно, затем освобождает маркер (помечает его как свободный) и снова посылает маркер в сеть. При этом он уже знает из анализа бита подтверждения маркера, принят его пакет адресатом или нет.

Приоритет при данном методе управления — географический, то есть право передачи после освобождения сети переходит к следующему по направлению "кольца" абоненту от последнего передававшего абонента. Но система приоритетов работает только при большой интенсивности обмена, при малой — все абоненты будут равноправны, и время доступа к сети определяется текущим положением маркера.

В чем-то рассматриваемый метод похож на метод опроса (централизованный), хотя явно выделенного центра здесь не существует. Однако некий центр все-таки должен присутствовать: один из абонентов (или специальное устройство) должен следить, чтобы маркер не потерялся (например, из-за действия помех или сбоя в работе какого-то абонента). В противном случае механизм доступа работать не будет. Следовательно, надежность управления в данном случае снижается (выход "центра" из строя приводит к полной дезорганизации обмена).

Основное преимущество данного метода перед CSMA/CD — это гарантированное время доступа. Здесь его величина составит $N t_{\text{пк}}$, где N — число абонентов, $t_{\text{пк}}$ — время прохождения пакета по "кольцу". Вообще маркерный метод управления обменом гораздо эффективнее случайных методов при очень большой интенсивности обмена в сети.

Интересно отметить, что метод маркерного доступа может использоваться не только в кольце (например, в сети IBM Token Ring), но и в шине (Arcnet-BUS) и в звезде (Arcnet-STAR). В этом случае реализуется "логическое кольцо", то есть все абоненты последовательно передают друг другу все пакеты, и эта цепочка передачи пакетов замкнута (рис. 1.33).

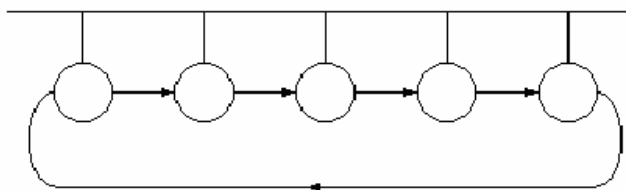


Рис. 1.33. Реализация "логического кольца" в сети типа "шина"

2. *Метод кольцевых сегментов (слотов).* Примером сети, использующей данный метод управления, может служить сеть Cambridge Ring. Основное отличие этого метода от маркерного состоит в том, что в любой момент одновременно разрешена передача нескольким абонентам (при маркерном методе — всегда передает только один абонент). Вместо одного маркера в сети используются несколько так называемых слотов (обычно от 2 до 8), которые выполняют по сути ту же самую функцию, что и маркер — функцию временных меток. Идут эти слоты по "кольцу" довольно часто, временной интервал между ними невелик, и, следовательно, между ними может уместиться довольно мало информации (обычно от 8 до 32 байт). При этом каждый слот может находиться в свободном или занятом состоянии. Алгоритм доступа к сети, реализуемый при данном методе, включает в себя следующие этапы.

а) Абонент, желающий передавать, разбивает свою информацию на слоты (маленькие пакеты) установленного размера.

б) Затем он ждет прихода свободного слота и загружает его первой частью своей информации, потом ждет следующего свободного слота и помещает в него вторую часть своей информации и так до полной передачи всего объема информации. В каждом слоте существует бит, определяющий свободен или занят данный слот, поле сетевого адреса приемника и поле сетевого адреса передатчика, а также бит признака конца передачи (то есть информация о том, что данный слот — последний). Таким образом, время при данном методе дискретизируется, и за счет этого в принципе не может быть никаких конфликтов.

в) Абонент, которому адресована информация, выбирает свои слоты (содержащие информацию, адресованную ему) и устанавливает в принятом слоте бит подтверждения (еще одно поле слота) и так продолжается до последнего адресованного ему слота.

г) Передающий абонент получает свои слоты по "кольцу" обратно и освобождает их (помечает как свободные). При этом он сразу же имеет подтверждение приема (из анализа бита подтверждения).

Очевидно, что при данном методе передачу могут вести сразу несколько абонентов. Кстати, совсем не обязательно каждый передающий абонент занимает соседние слоты: слоты, находящиеся рядом могут содержать совершенно разную информацию, относящуюся к разным абонентам (рис. 1.34).

Как и в случае маркерного метода управления, здесь нужен такой же "центр", который следит за прохождением слотов и восстанавливает их в случае их исчезновения. Преимущество данного метода по сравнению с маркерным состоит в том, что сеть занимается одновременно не одним абонентом, а несколькими. Время доступа при этом методе гарантировано (в наихудшем случае оно составит время передачи пакета, умноженное на количество абонентов в сети).

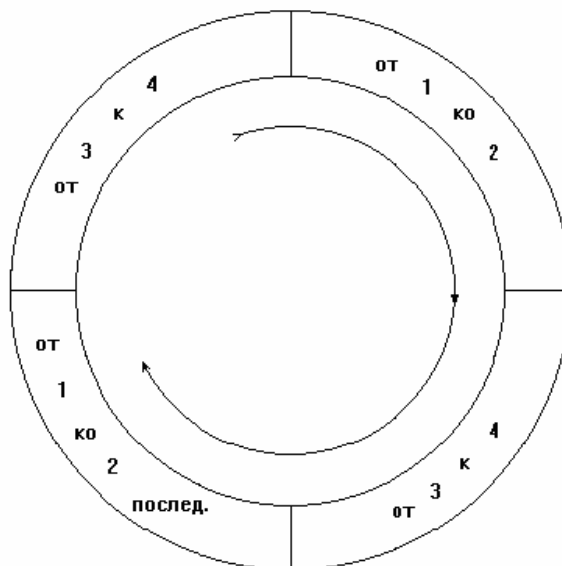


Рис. 1.34. Метод кольцевых регистров (слотов). Слоты содержат разную информацию

Еще один метод, используемый в сетях типа "кольцо", — это метод, называемый "вставка регистров". Суть его сводится к следующему. Каждый желающий передать абонент начинает передачу, если сеть свободна. Если во время этой передачи к передающему абоненту по "кольцу" приходит другой пакет, то он записывается в регистр (или память передатчика) и по окончании своего пакета передается дальше в "кольцо". Широкого распространения этот метод не получил.

1.7. Контроль правильности передачи

При передаче информации в локальных сетях возможны ошибки, то есть искажения передаваемой информации. Эти ошибки требуется выявлять и исправлять. Но прежде, чем говорить о методах выявления и исправления ошибок, надо понять, откуда они могут взяться.

Можно выделить три основные причины возникновения ошибок:

- 1) ошибки из-за плохих контактов в сети (как известно, электроника — это наука о контактах), то есть вследствие неисправностей кабеля (он может быть оборван, закорочен на землю), неисправности разъема (грязь на контактах, механический дефект, неплотно вставлен). Данный тип ошибок устраняется осмотром аппаратуры, заменой дефектных частей, очисткой контактов;
- 2) ошибки из-за внешних факторов (из-за действия электромагнитных наводок от сильноточных приборов, радиоактивного излучения, радиопомех). Такие ошибки можно устранить снижением излучений источника помех, правильной прокладкой кабеля, выбором типа кабеля (с двойной оплеткой, оптоволоконный), но полной гарантии от них не будет никогда;

3) ошибки из-за рассогласования кабеля (имеется в виду только электрический кабель). Устраняются подбором согласующих концевых резисторов (терминаторов), согласованием в месте подключения абонентов, разветвлениях кабеля сети и т.д.;

4) ошибки из-за конфликтов в сети (столкновений пакетов). Устраняются выбором метода управления (арбитража), организацией диалога абонентов в пределах сеанса связи (использование пакетов подтверждения, повторные передачи пакетов и т.д.).

Контроль правильности передачи может осуществляться как приемником, так и передатчиком.

1. Контроль передатчиком может быть побитный, побайтный и пакетный.

1) Побитный метод (см. раздел 1.6.2) сводится к сравнению каждого передаваемого бита с истинным состоянием линии (применяется только при коде NRZ и длительности бита не менее $2t_0$). В этом случае гарантируется стопроцентная проверка правильности.

2) Побайтный метод состоит в том, что передача ведется отдельными байтами, а приемник возвращает обратно передатчику каждый полученный им байт. Передатчик сравнивает то, что он передавал, с тем, что он получил обратно и на основании этого делает вывод о правильности передачи. Применяется этот метод обычно только в сети типа "звезда" (в этом случае на каждой линии связи присутствует только один приемник и один передатчик, следовательно, не надо включать в пакет сетевые адреса приемника и передатчика, так как любой байт, пришедший по линии, адресован единственному абоненту). Метод выявляет практически 100% ошибок, но может выявить ошибку, которой не было (когда искажается ответный байт при неискаженном переданном байте).

3) Пакетный метод применяется тогда, когда передача ведется пакетами, и приемник возвращает обратно передатчику весь принятый им пакет, изменяя в нем только адрес приемника и передатчика (меняя их местами). Как и в случае предыдущего метода, здесь выявляется 100% ошибок, но можно обнаружить ошибку, которой не было. Оба эти метода замедляют обмен как минимум в два раза (без учета времени сравнения передающим абонентом принятого и переданного байта или пакета).

2. Контроль приемником в отличие от контроля передатчиком не требует практически никакого дополнительного времени. Но как принимающий абонент может узнать, есть ли ошибки в принятой информации? Идея здесь состоит в следующем: к информации добавляются дополнительные контрольные биты, в которые входит в свернутом виде характеристика всех информационных битов. Считается, что вероятность искажения этих дополнительных битов гораздо меньше, чем информационных битов (меньше во столько же раз, во сколько раз количество дополнительных битов меньше количества информационных битов). А далее приемник проверяет соответствие принятых информационных битов и контрольных битов, на основании чего и делает вывод о наличии ошибок. Затем он сообщает передатчику, выявил он ошибки или нет, а передатчик при необходимости повторяет свою передачу.

Контроль приемником бывает побайтный и пакетный.

1) Побайтный метод предполагает, что каждый передаваемый байт дополняется битом четности (или нечетности), то есть в случае, когда количество единиц в передаваемом информационном байте четное, то бит равен "0", а если нечетное — то "1". Метод может применяться как при байтовой передаче (в сети типа "звезда"), так и при пакетной передаче. Избыточность передаваемой информации здесь довольно велика (добавляется лишний бит на каждые передаваемые 8 бит). Данный метод может применяться и при пословной передаче (16 или 32 информационных бита). Вероятность того, что ошибка не будет обнаружена, довольно велика. К этому может привести наличие двух или более неправильных битов в байте, а также одновременное искажение

информационного бита и контрольного бита (бита четности).

2) Пакетный метод сводится к тому, что в конце каждого передаваемого пакета добавляется так называемая контрольная сумма (длиной 8, 16 или 32 бита), которая включает в себя информацию о всех информационных битах пакета. Метод подсчета контрольной суммы выбирается так, чтобы, с одной стороны ее просто было вычислить, а с другой стороны, чтобы она достаточно надежно выявляла ошибки. Обычно используются контрольные суммы трех видов.

а) Сумма по модулю 2 всех байтов (слов) пакета, то есть вычисление идет по правилам: $0 + 0 = 0$, $0 + 1 = 1$, $1 + 1 = 0$. При этом однократные ошибки (то есть одна ошибка на пакет) обнаруживаются с вероятностью 100%, двукратные (две ошибки на пакет) — с вероятностью $7/8$ (так как в случае, когда две ошибки попадают в один и тот же разряд, они не могут быть обнаружены). Надо также учесть, что бывают еще и пачки ошибок (искажения нескольких близких битов), которые данным методом выявляются довольно плохо. Такая сумма легко и достаточно быстро считается программным путем, так как соответствующая команда вычисления суммы по модулю 2 имеется практически у всех микропроцессоров.

б) Арифметическая сумма всех байтов (или слов) пакета. При ее вычислении отбрасываются старшие разряды для сохранения заданной разрядности контрольной суммы (обычно 8 или 16). Однократные ошибки обнаруживаются с вероятностью 100%. Вероятность необнаружения двукратных ошибок в наихудшем случае составляет $1/8 \times 1/4 = 1/32$. Такая наихудшая ситуация наблюдается, когда в каждом из 8 разрядов всех байт пакета или в каждом из 16 разрядов всех слов пакета присутствует половина логических единиц и половина логических нулей. При этом двукратные ошибки не выявляются, когда в одном разряде один из битов из "0" переходит вследствие ошибки в "1", а другой бит в этом же разряде из "1" переходит в "0", что не изменяет общей суммы. Арифметическая сумма также легко и быстро вычисляется программно.

в) Циклическая контрольная сумма. Ее применение вызвано стремлением повысить качество контроля, то есть увеличить вероятность обнаружения ошибок. В отличие от более простых сумм, ее вычисление гораздо сложнее, ее нельзя так же просто вычислить программно, однако надежность данного метода контроля неизмеримо выше. Данный метод контроля часто называют "циклическим контролем по избыточности" (сокращенно CRC — Cyclic Redundancy Check). Смысл его состоит в следующем.

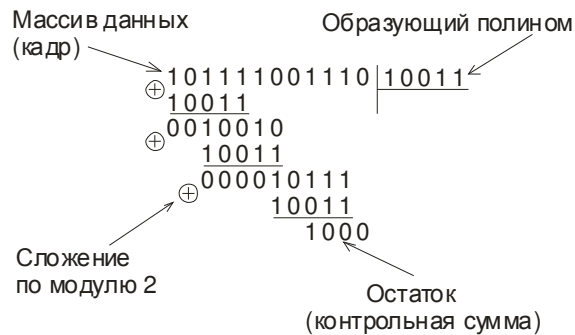
Весь пакет рассматривается как N-разрядное двоичное число, где N — количество бит в пакете. Для вычисления контрольной суммы это число делится на некоторое постоянное число, выбранное специальным образом (но делится не просто, а по модулю 2). Частное от этого деления отбрасывается, а остаток как раз и используется в качестве контрольной суммы.

Как видим, этот метод не так прост, как предыдущие два. Но мы не будем углубляться в его математическое обоснование. Интересующиеся могут обратиться к специальной литературе. Здесь же мы отметим только, что данный метод выявляет однократные ошибки с вероятностью 100%, а любое другое количество ошибок с вероятностью примерно $P = (1 - 2^{-n})$, где n — количество разрядов контрольной суммы (однако это верно только при условии, что $N \gg n$, что, впрочем, почти всегда выполняется). Например, при $n = 8$ данная вероятность составит $P = 0,996$, для $n = 16$ она будет $P = 0,999985$.

А теперь кратко поясним, что такое деление по модулю 2. Пусть пакет (последовательность бит) имеет следующий вид: 101111001110 (для простоты берем небольшую разрядность). Число, на которое делим (называемое обычно полиномом) возьмем 10011. Как оно выбирается? Оно должно делиться без остатка только на единицу и на самого себя (то есть это должно быть простое число в смысле деления по модулю 2).

Разрядность полинома берется на единицу большая, чем требуемая разрядность контрольной суммы (остатка от деления). Так, чтобы был 8-разрядный остаток, надо брать 9-разрядный полином. В нашем случае полином 5-разрядный, следовательно, остаток будет 4-разрядный. Для получения 8-разрядного остатка можно использовать полиномы $100\ 011\ 101 = 435_8$, а также $543_8, 551_8, 727_8$.

А теперь переходим непосредственно к делению.



То есть вместо вычитания, применяющегося при обычном делении, здесь используется сложение по модулю 2. Частное от деления нас не интересует, а остаток, равный в нашем примере 1000, и будет контрольной суммой.

Как реализовать вычисление этого остатка (контрольной суммы)? Можно сделать это программно по приведенному здесь принципу. Но это удобно только для небольших пакетов, иначе будет очень медленно. Ускорить процесс вычисления можно, воспользовавшись табличным методом. Для этого составляется таблица чисел размером $2^n \times n$, где n — разрядность контрольной суммы. Принцип вычисления чисел очень прост (табл. 1.2).

Адрес в таблице	Данные в таблице (числа)
0	0
1	Остаток от деления числа 1 0000 0000 на полином
2	Остаток от деления числа 10 0000 0000 на полином
3	Остаток от деления числа 11 0000 0000 на полином
...	...
255	Остаток от деления числа 1111 1111 0000 0000 на полином

Таблица 1.2. Табличный метод вычисления контрольной суммы

Числа представляют собой остаток от деления по модулю 2 числа с n конечными нулями (в нашем примере $n=8$) и с n начальными разрядами, равными номеру числа (его адресу) в таблице. Деление производится на выбранный полином (в нашем случае — 9-разрядный). Таблица вычисляется один раз и хранится на диске или в ППЗУ.

Алгоритм вычисления контрольной суммы следующий (рассматриваем случай $n=8$). Берем первый байт нашего пакета. Рассматриваем его как адрес в таблице (номер числа). Берем из таблицы число с полученным номером — получаем остаток O_1 . Берем второй байт пакета и складываем его по модулю 2 с остатком O_1 . Полученное число используем как адрес в таблице. По этому адресу выбираем из таблицы остаток O_2 . Берем третий байт пакета, складываем его по модулю 2 с остатком O_2 . Используя это число как адрес в таблице, выбираем из нее остаток O_3 и так продолжаем до последнего байта пакета.

Естественно, это будет гораздо быстрее, чем вычисление по формуле (скорость сравнима с вычислением арифметической суммы).

Можно реализовать вычисление контрольной суммы и аппаратно: или по этому же табличному алгоритму, или путем использования сдвиговых регистры с обратными связями через сумматоры по модулю 2 (схема будет рассмотрена в следующей главе).

В принципе существуют алгоритмы, позволяющие с помощью циклической контрольной суммы исправлять некоторое число ошибок, а не только констатировать их наличие, но обычно все-таки контрольная сумма используется только для контроля правильности приема пакета. Если выявлено наличие ошибок, то приемник запрашивает у передатчика повторную передачу пакета. В локальных сетях это оказывается быстрее, чем исправлять ошибки на месте. Исправление ошибок удобно только в тех случаях, когда повтор передачи затруднен, например, в глобальных сетях.

Кстати, возвращаясь к вопросу о длине пакета. Если пакет очень длинный, то будет довольно высока вероятность появления ошибки, следовательно, потребуются частые повторы передачи, при которых в свою очередь не исключены повторные ошибки. Очевидно, что это очень сильно снизит скорость обмена в сети. Существуют, правда, методы снижения числа повторов, например следующий. Контрольная сумма считается не для всего пакета, а для каждой из его частей. Затем эти частичные контрольные суммы размещаются внутри пакета (например, вставляются через каждые 256 байт). При повторном приеме ошибочного пакета в данном случае можно заменять только те части, в которых были выявлены ошибки. Но все-таки это оказывается не очень удобным. Надо еще учитывать при этом, что большие пакеты позволяют одному абоненту сети надолго захватывать сеть и требуют больших буферов как на плате адаптера, так и в памяти компьютера.

В заключение данного раздела — небольшой пример расчета количества ошибочных пакетов. Если вероятность ошибки в сети равна 10^{-7} (то есть одна ошибка на 10 миллионов бит), а длина пакета равна 2 Кбайт или 16×10^3 бит, следовательно, вероятность ошибки будет $16 \times 10^3 \times 10^{-7} = 16 \times 10^{-4}$, следовательно, примерно 1 пакет из 60 будет передан с одиночной ошибкой.

1.8. Уровни сетевой архитектуры

Понятие многоуровневой сетевой архитектуры вводится практически в каждой книге, посвященной сетям. Однако обычно на этом изложение данного вопроса и заканчивается, и читатель остается в недоумении, не понимая, зачем это понятие введено. Мы также не можем пройти мимо данного понятия, но постараемся обратить внимание на то, что имеет непосредственное отношение к теме данной книги.

При обмене информацией между компьютерами сеть выполняет множество функций, которые можно разделить на группы по тем или иным признакам. Пользователю, вообще говоря, неважно, каким образом осуществляется связь. Он из своей прикладной программы обращается к сетевому ресурсу (например, удаленному диску или еще лучше к удаленной задаче) и получает доступ к нему. Как это происходит — пользователю безразлично. Однако на самом деле при этом его запрос преобразуется в нужный для сети формат, осуществляется захват сети (арбитраж), передаваемая информация разбивается на пакеты, кодируется, преобразуется в нужные электрические сигналы и передается в сеть. На приемной части происходит обратное преобразование. Но для пользователя это должно быть незаметно или, как еще говорят, прозрачно.

Существует так называемая модель открытой системы обмена информацией OSI (Open System Interchange), которая формирует требования в том числе и к локальным сетям. Термин "открытая система" в данном случае означает, что система не замкнута в

себе и может наращиваться до бесконечности, в частности, связываться с другими системами. В этой универсальной модели нет никакой привязки к конкретной аппаратуре используемых компьютеров, к аппаратуре соединяющих их сетей, к типу программного обеспечения, то есть модель OSI имеет в виду некую абстрактную систему.

Модель OSI разбивает все функции по взаимодействию открытых систем на семь уровней (это не значит, что разбить их можно только так). Каждый более высокий уровень опирается на все нижестоящие и использует их в своих целях. Самые нижние уровни при этом относятся к аппаратуре связи систем, а верхние — к прикладным программам пользователя (рис. 1.35).

7. Уровень приложений
6. Уровень представления данных
5. Сеансовый уровень
4. Транспортный уровень
3. Сетевой уровень
2. Уровень управления линией передачи
1. Физический уровень

Рис. 1.35. Уровни модели взаимодействия открытых систем OSI

Уровни модели OSI получили следующие названия.

- 1) Физический уровень. К нему относятся функции преобразования передаваемых данных в электрические (или световые) сигналы, распространяющиеся по кабелю, а также обратное преобразование. К этому уровню относятся такие аппаратные средства, как соединительные кабели, приемники и передатчики сетевых адаптеров.
- 2) Уровень управления линией передачи (он же канальный уровень) включает в себя функции управления доступом к сети (арбитраж), формирования пакетов (кадров), обнаружения ошибок передачи. Обычно все эти функции реализует аппаратура сетевых адаптеров и их программные драйверы.
- 3) Сетевой уровень включает в себя функции коммутации и маршрутизации в сложных сетях, состоящих из нескольких простых сетей, а также соответствующая буферизация данных и регулирование потока пакетов.
- 4) Транспортный уровень. К нему относятся функции сетевой адресации, нумерации передаваемых пакетов и контроль порядка их следования, а также согласование различных сетей между собой, например, двух локальных сетей, локальной сети и глобальной сети.
- 5) Сеансовый уровень. К нему относятся функции преобразования имен абонентов в сетевые адреса, управления доступом к сети на основе заданных прав доступа, а также взаимодействия абонентов, участвующих в сеансе связи.
- 6) Уровень представления данных включает в себя функции трансляция форматов и синтаксиса прикладных программ в форму, удобную для сети, шифрование данных и их сжатие (в случае необходимости).
- 7) Уровень приложений — это функции поддержки прикладного программного обеспечения конечного пользователя.

Таким образом, уровни 1 и 2 обычно реализуются аппаратно. На этих уровнях определяется физическая скорость передачи и топология сети. Именно к этим уровням относятся названия Ethernet, Arcnet, Token-Ring и т.д., то есть тип конкретных аппаратных средств. Более высокие уровни не работают напрямую с конкретной аппаратурой, но

уровни 3, 4, 5 учитывают ее особенности.

Уровни 3, 4, 5 часто объединяют в отдельную группу, так как они управляют аппаратурой. Эти уровни обеспечивают взаимодействие передающего и принимающего абонентов, формируют то, что называется виртуальным каналом связи (в отличие от физического канала), то есть канал связи, работающий временно, не непрерывно, но который воспринимается пользователем как реальная линия связи. Эти уровни в основном решаются средствами сетевой операционной системы или сетевой оболочки, хотя иногда отдельные функции возлагаются и на аппаратуру.

Уровни 6 и 7 уже не имеют к аппаратуре вообще никакого отношения. Можно заменить аппаратуру на другую — эти уровни этого не заметят и не изменятся. Они обслуживаются средствами взаимосвязи прикладных задач. В качестве примера таких средств можно привести систему NAS (Network Applications Systems), фирмы DEC (Digital), а также систему SAA (Systems Application Architecture) фирмы IBM. Они позволяют объединять самые разные компьютерные средства: от терминалов до больших ЭВМ, работают с самыми разными операционными системами (VMS, UNIX, MS-DOS, OS/2, Apple Macintosh) и со всеми сетевыми средствами (Decnet, Netware, Ethernet, FDDI, Token Ring и т.д.).

Как и любая универсальная модель, модель OSI сильно избыточна. Она содержит в себе все возможные функции, которые в данной конкретной системе, в данной локальной сети могут просто не использоваться. Более того, в конкретной сети может даже не существовать такого разделения функций на уровни, которое предусмотрено OSI, а нередко выделить отдельные функции просто невозможно. Тем не менее, модель OSI оказывается очень полезной при необходимости выработки правил согласования работы отдельных систем, в частности, при соединении нескольких локальных сетей в единую систему.

Глава 2. Функции аппаратуры локальных сетей

2.1. Сетевые адаптеры

Сетевые адаптеры (контроллеры, карты) — это самая главная часть аппаратуры локальной сети. Минимальный набор аппаратуры, которой надо оснастить компьютеры для объединения их в сеть, должен включать в себя адаптеры (по одному на каждый компьютер), а также соединительные кабели с соответствующими разъемами и оконечными согласователями, о которых уже было немного сказано в предыдущей главе. Все остальное оборудование сети имеет вспомогательный характер и служит для улучшения некоторых ее характеристик, а также для повышения удобства ее использования.

Если говорить совсем коротко, то в задачу сетевых адаптеров входит сопряжение компьютера и среды передачи информации с учетом принятых в данной сети правил обмена информацией. При этом адаптеру приходится выполнять ряд функций, количество и суть которых во многом зависят от конкретной сети. Мы постараемся рассмотреть некоторые наиболее типичные из них подробнее, а также остановимся на примерах практической реализации ряда функций.

Все функции сетевого адаптера можно разделить на две большие группы. Первая включает в себя функции сопряжения адаптера с компьютером (магистральные функции), а вторая — функции по организации обмена в сети (сетевые функции). Если функции первой группы определяются в основном устройством компьютера, подключаемого к сети, и не отличаются большим разнообразием, то функции второй группы определяются типом сети и вследствие этого могут быть самыми различными в зависимости от типа сетевого кабеля, принятого протокола управления, топологии сети и т.д.

2.1.1. Магистральные функции сетевых адаптеров

Под магистральными (канальными, шинными) функциями сетевых адаптеров здесь понимается организация сопряжения с системной магистралью (шиной, каналом) персонального компьютера. Для решения данной задачи необходимо детальное знание особенностей системной магистрали, ее основных режимов обмена, а также стандартных методов и приемов построения различных узлов сопряжения, соответствующих принятому стандарту и не нарушающих работу компьютера. Отметим, что сопряжение с компьютером возможно не только через системную магистраль, но и через внешние интерфейсы, например через параллельный интерфейс Centronics (принтерный порт) или последовательный интерфейс RS-232C. Но низкая скорость передачи информации по этим интерфейсам не позволяет организовать эффективную работу сетевых адаптеров, для которых именно скорость обмена очень важна.

Наибольшее распространение среди системных магистралей персональных компьютеров типа IBM PC получила ISA, которая используется практически во всех компьютерах данного класса. На нее же рассчитаны большинство плат сетевых адаптеров, выпускаемых серийно. Поэтому кратко остановимся на проблемах сопряжения именно с этой магистралью.

ISA представляет собой 16-разрядную магистраль с отдельными шинами адреса и данных. Она поддерживает программный обмен, обслуживание прерываний и прямой доступ к памяти. Одна из особенностей ISA — отдельные stroby обмена с устройствами ввода/вывода и с памятью. Распределение сигналов магистрали по контактам разъема, а также краткое описание их функций приведены в приложении, а здесь мы рассмотрим порядок обмена в программном режиме, который используется наиболее часто.

Временные диаграммы циклов обмена для этого случая приведены на рис. 2.1 (все временные параметры приведены для стандартной частоты тактового сигнала магистрали SYSCLK, равной 8 МГц). Циклы начинаются с выставления компьютером кода адреса на линиях шины адреса SA0...SA15 и сигнала -SBHE, задающего байтовый или словный обмен (этот сигнал используется довольно редко). Особенность компьютеров рассматриваемого класса состоит в том, что несмотря на потенциальную возможность адресации по шестнадцати линиям адреса, чаще всего используются только 10 младших линий SA0...SA9, так как большинство стандартных карт расширения компьютера используют только их, и, следовательно, не имеет особого смысла обрабатывать старшие разряды адреса SA10...SA15. В ответ на получение адреса адаптер, распознавший свой адрес, должен сформировать сигнал -I/O CS16 в случае, если обмен с ним должен быть 16-разрядным.

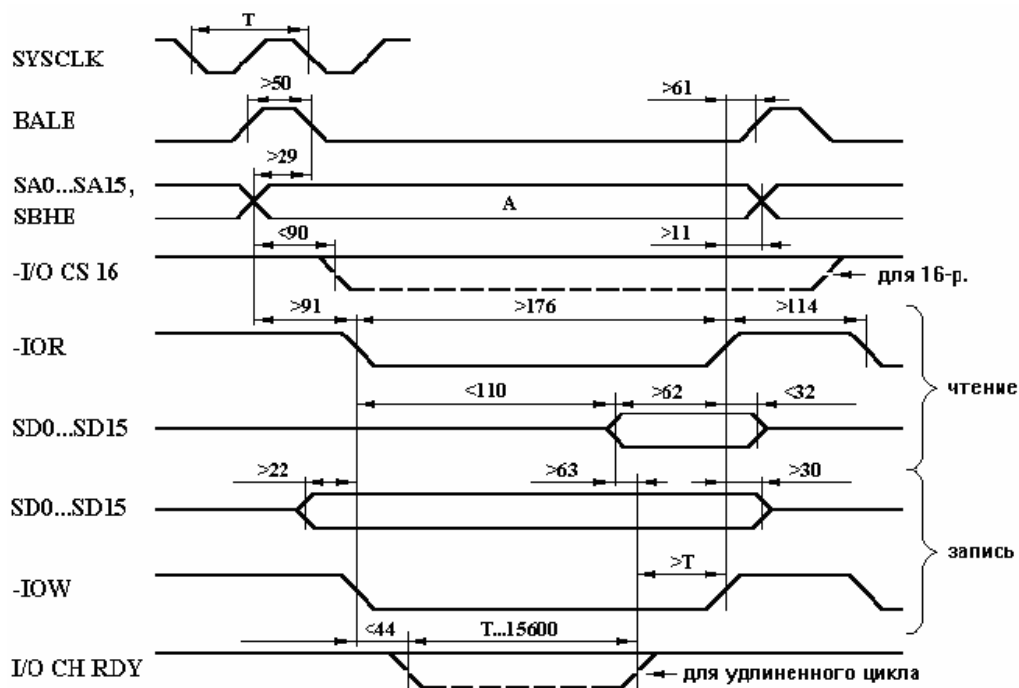


Рис. 2.1. Временные диаграммы циклов программного обмена с устройствами ввода/вывода в магистрали ISA (все временные интервалы в наносекундах)

Далее производится собственно передача данных. При цикле чтения компьютер выставляет сигнал стробирования чтения информации -IOR, в ответ на который адаптер должен выдать данные на шину данных. Эти данные должны быть сняты адаптером после окончания сигнала -IOR. В цикле записи компьютер выставляет записываемые данные и сопровождает их стробом записи информации -IOW. Здесь надо отметить, что хотя в соответствии со стандартом установка записываемых данных должна предшествовать выставлению сигнала -IOW, в некоторых компьютерах реализуется обратный порядок: сначала выставляется сигнал -IOW, а затем появляются данные. Поэтому при проектировании адаптеров надо рассматривать как момент действительности данных только задний (положительный) фронт сигнала -IOW.

В случае, когда адаптер не успевает выполнить требуемую от него команду в темпе магистрали, он может приостановить на целое число периодов сигнала SYSCLK завершение цикла чтения или записи с помощью снятия (перевода в низкий уровень)

сигнала I/O CH RDY (это так называемый удлинненный цикл) в ответ на выставление сигнала -IOR или -IOW. Согласно стандарту на ISA, сигнал I/O CH RDY может удерживаться низким не более 15,6 мкс, в противном случае процессор переходит в режим обработки немаскируемого прерывания. Однако надо отметить, что некоторые изготовители персональных компьютеров указывают в сопроводительной документации другие допустимые величины этого временного интервала (например, 2,5 мкс), так что не следует ориентироваться на максимальную величину, указанную в стандарте, иначе не будет гарантии работы адаптера во всех компьютерах.

Сигнал BALE, задний фронт которого соответствует действительности кода адреса, в данном режиме обмена обычно не используется.

При обмене с сетевыми адаптерами иногда используются также и циклы обмена с памятью, которые несколько отличаются от рассмотренных циклов обмена с устройствами ввода/вывода. В этом режиме применяются другие стробы обмена: -MEMR и -MEMW, соответствующие чтению из памяти и записи в память. На рис. 2.2 приведены временные диаграммы циклов обмена с памятью в ISA. При этом указаны только временные интервалы, отличающиеся от аналогичных на рис. 2.1. Для организации удлинненного цикла здесь также используется сигнал I/O CH RDY. Отметим, что адаптеры, работающие в режиме обмена с памятью, должны обрабатывать все адресные разряды магистрали ISA, включая нефиксируемые адресные разряды LA17...LA23.

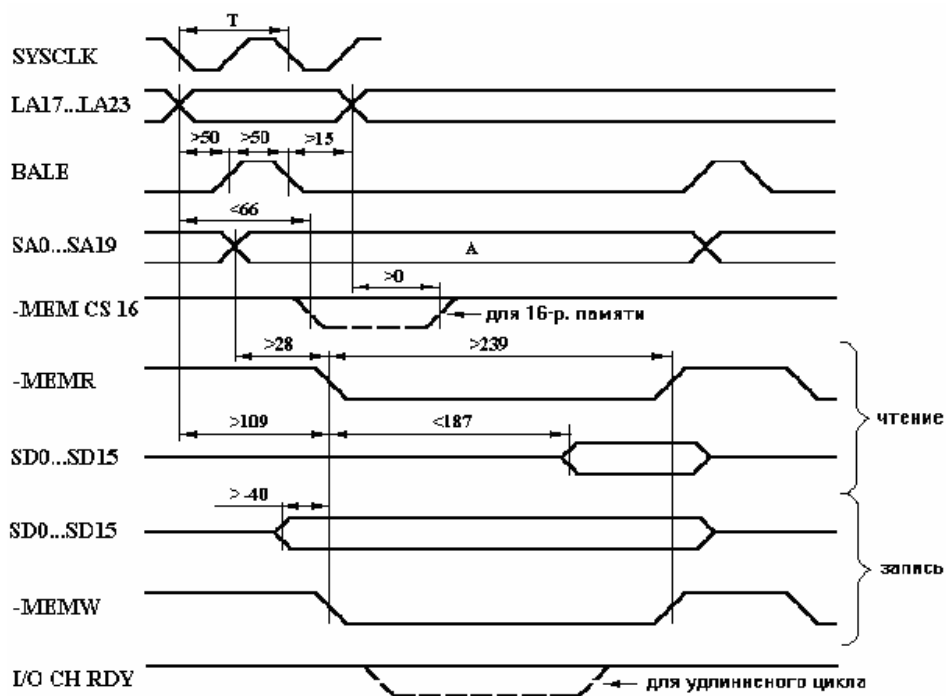


Рис. 2.2. Временные диаграммы циклов программного обмена с памятью (все временные интервалы в наносекундах)

Значительно реже применяются циклы прямого доступа к памяти (ПДП). Временная диаграмма для этого случая показана на рис. 2.3. Так как магистраль ISA имеет отдельные стробы чтения и записи для устройств ввода/вывода и для памяти, пересылка данных в режиме ПДП производится за один машинный цикл.

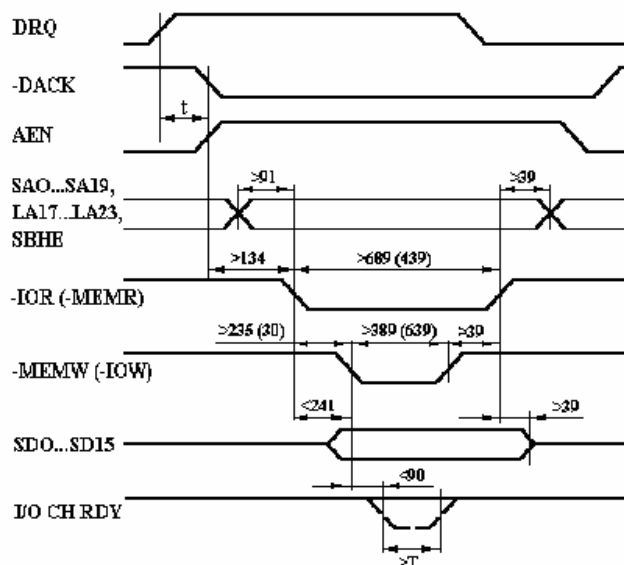


Рис. 2.3. Временные диаграммы циклов ПДП (t — время предоставления ПДП, T — период сигнала $SYSCLK$; все временные интервалы в наносекундах)

Цикл начинается с запроса прямого доступа от адаптера, желающего произвести обмен, с помощью одного из сигналов DRQ . После освобождения магистрали процессором контроллер прямого доступа формирует соответствующий сигнал $-DACK$, говорящий о предоставлении ПДП запросившему его. Затем он вырабатывает адрес ячейки памяти, с которой будет производиться обмен в текущем цикле, и сигнал AEN , который говорит адаптеру о том, что к нему идет обращение в режиме ПДП. После этого выставляется строб чтения из устройства ввода/вывода или из памяти ($-IOR$ или $-MEMR$), в ответ на который источник передаваемых данных выставляет свою информацию на шину данных, и строб записи ($-MEMW$ или $-IOW$), по которому данные записываются в приемник данных. Здесь так же как и в обычном цикле возможен удлиненный цикл с использованием сигнала $I/O CH RDY$.

Выходные каскады передатчиков магистральных сигналов адаптера должны выдавать ток низкого уровня не меньше 24 мА (это относится ко всем типам выходных каскадов), а ток высокого уровня — не меньше 3 мА (для выходов с тремя состояниями и ТТЛ). Входные каскады приемников магистральных сигналов должны потреблять входной ток низкого уровня не больше 0,8 мА, а входной ток высокого уровня — не больше 0,04 мА.

Магистральные функции различных адаптеров очень похожи, так как жестко определяются протоколом системной магистрали. Точно так же и те части адаптеров, которые реализуют эти функции, практически одинаковы или выполняются по очень похожим схемам. Конечно, они могут различаться вследствие выбора тех или иных режимов обмена, той или иной разрядности, того или иного набора реализуемых режимов работы адаптера, но все-таки все они состоят из одного и того же набора блоков и узлов, реализующих одинаковые функции и строящиеся, как правило, по стандартным схемам.

При проектировании этих узлов адаптеров необходимо учитывать приведенные временные диаграммы ISA. При этом наиболее важными для адаптеров, работающих как устройства ввода/вывода, являются следующие временные интервалы:

- задержка между выставлением адреса и передним фронтом stroba обмена (не менее 91 нс) — определяет время распознавания своего адреса проектируемым адаптером;
- длительность stroba обмена (не менее 176 нс);
- задержка между передним фронтом сигнала -IOR и выставлением адаптером читаемых данных (не более 110 нс) — определяет требования к быстродействию буфера данных адаптера;
- задержка между задним фронтом сигнала -IOW и снятием записываемых данных (не менее 30 нс) — определяет требования к быстродействию принимающих данные узлов адаптера.

При работе адаптера в циклах обмена с памятью берутся аналогичные временные интервалы из рис. 2.2.

Среди магистральных функций адаптера можно выделить три основные:

- электрическое буферирование сигналов магистрали;
- распознавание собственного адреса на магистрали (так называемая селекция или дешифрация адреса);
- обработка strobov обмена на магистрали (выработка внутренних управляющих сигналов).

Реже применяется четвертая функция — приостановка компьютера с помощью сигнала I/O CH RDY.

Буферирование магистральных сигналов применяется для электрического согласования и выполняет две основные функции: электрическая развязка (для всех сигналов) и передача сигналов в нужном направлении (только для двунаправленных сигналов). Иногда с помощью буферирования реализуется также мультиплексирование сигналов. Для буферирования наиболее часто используются микросхемы магистральных приемников, передатчиков, приемопередатчиков, называемые также нередко буферами.

Электрическая развязка подразумевает обеспечение нужных входных и выходных токов. Несоблюдение этого правила может привести к сбоям в работе компьютера и даже к выходу из строя его отдельных узлов.

Выбор типа буфера для каждого магистрального сигнала (приемник, передатчик или приемопередатчик) определяется назначением этого сигнала и возможными режимами работы УС. Так, например, в случае, когда адаптер работает в режиме программного обмена, приемники используются для сигналов адреса SA0 ... SA9 и для управляющих сигналов -IOR, -IOW, AEN, BALE, -SBHE, передатчики используются для I/O CH RDY и -I/O CS 16. Для сигналов данных обычно используются приемопередатчики (так как адаптер работает как в режиме чтения, так и в режиме записи). Если возможен обмен по прерываниям, то добавляется передатчик для сигнала IRQ, а если применяется ПДП, то применяется передатчик для сигнала DRQ и приемник для сигнала DACK.

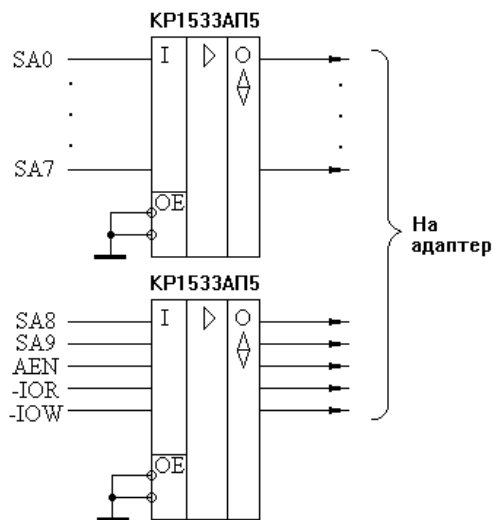


Рис. 2.4. Пример схемы входного буфера магистрали ISA

Требованиям, предъявляемым к приемникам, удовлетворяют следующие серии микросхем: KP1533 (SN74ALS), K555 (SN74LS) и KP1554 (74AC). Величины входных токов логического нуля для них составляют соответственно 0,2 мА, 0,4 мА и 0,2 мА, а величины временных задержек не превышают соответственно 15 нс, 20 нс и 10 нс. Требованиям, предъявляемым к приемникам, удовлетворяют также микросхемы электрически программируемых ППЗУ и ПЛИС серии KP556 (I36, N82S, DM87S, NM76). Это тоже немаловажно, так как их очень удобно использовать в схемах селекторов адреса адаптеров. Входные токи этих микросхем не превышают 0,25 мА. Пример входного буфера показан на рис. 2.4.

Отметим, что малые входные токи микросхем серий KP1533 и KP1554 позволяют подключать к линии магистрали даже два входа таких микросхем.

Передачики должны выдавать большой выходной ток и допускать отключение выхода (например, для шины данных), то есть иметь выходы с открытым коллектором или с тремя состояниями. Это связано с необходимостью перехода адаптера в пассивное состояние в случае отсутствия обращения к нему. Выбор микросхем передатчиков гораздо больше, такие микросхемы есть практически в каждой серии (K155, K555, KP1533 и т.д.).

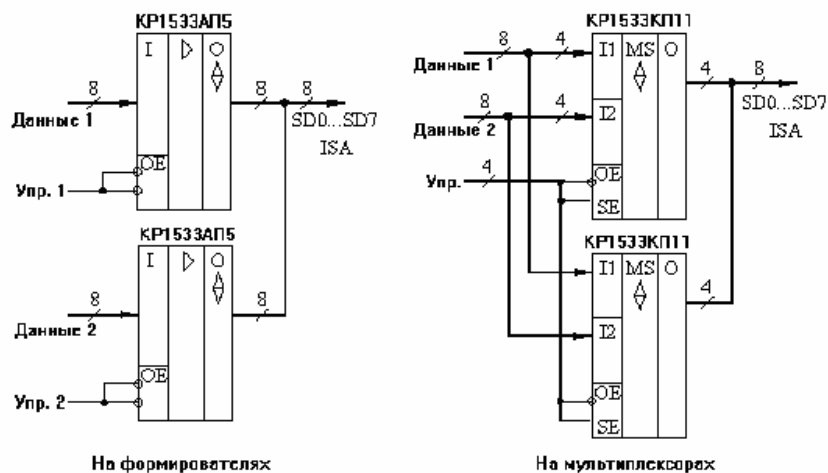


Рис. 2.5. Мультиплексирование шины данных

Передачики часто выполняют функцию мультиплексирования данных, которые должны поступать на шину данных ISA от различных источников. На рис. 2.5 упрощенно показано два наиболее распространенных подхода к решению данной задачи (для 8-разрядной шины данных). Отметим, что при использовании микросхем мультиплексоров надо брать те из них, которые имеют выходы с тремя состояниями и большие выходные токи.

И, наконец, приемопередатчики. Микросхемы приемопередатчиков бывают двух основных типов (рис. 2.6): с двумя двунаправленными шинами или с тремя шинами (одной двунаправленной, одной входной шиной и одной выходной шиной). Примерами первого типа могут служить KP580BA86 (I8286), KP1533AP6 (SN74ALS245), KP559ИП13 (DP8307), а примером второго типа — K589АП16 (I8216).

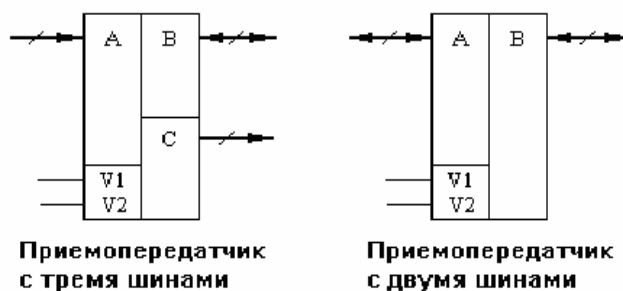


Рис. 2.6. Типы приемопередатчиков

На рис. 2.7 показаны три схемы реализации приемопередатчиков для шины данных: на приемнике и передатчике, на приемопередатчике с двумя шинами и на приемопередатчике с тремя шинами (для 8-разрядных данных).

Отметим, что чаще нужны приемопередатчики с отдельными входными и выходными шинами данных, но при использовании многоразрядных микросхем ОЗУ или сдвиговых регистров типа KP1533ИР24 (SN74ALS299), которые имеют двунаправленную шину данных, удобнее применять приемопередатчики с совмещенными входными/выходными данными.

Второй основной магистральной функцией, выполняемой адаптерами,

работающими в режиме программного обмена, является селектирование или дешифрация адреса. Эту функцию выполняет узел, называемый селектором адреса, который должен выработать сигналы (ADR), соответствующие выставлению на шине адреса магистрали кода адреса, принадлежащего данному адаптеру, или одного из зоны адресов данного адаптера. Селектор адреса может быть выполнен на микросхемах дешифраторов, компараторов кодов, на ППЗУ или ПЛИС, а также на логических элементах.

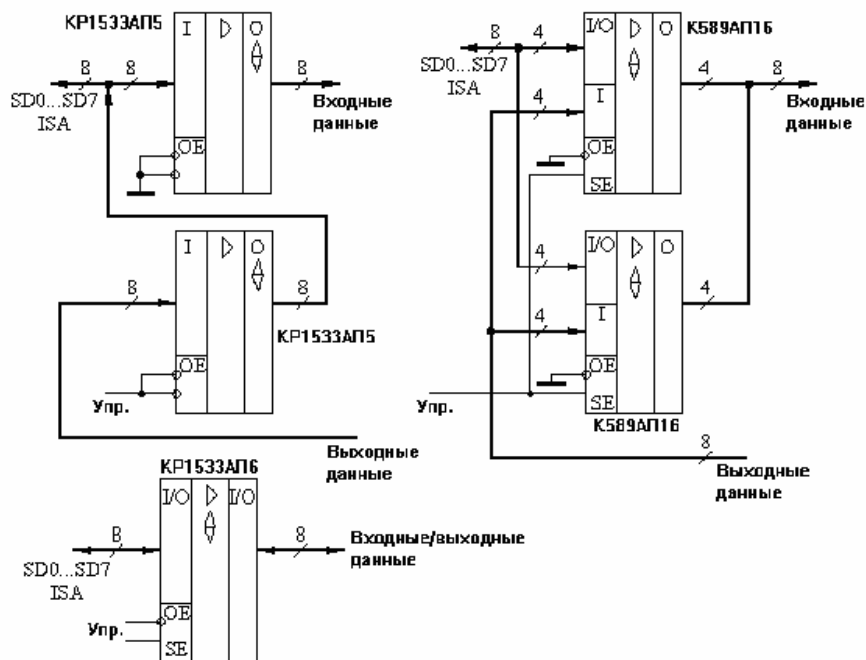


Рис. 2.7. Варианты построения приемопередатчиков данных

В случае работы адаптера как устройства ввода/вывода кроме собственно сигналов адреса на селектор адреса надо подавать сигнал AEN, который при этом используется для запрещения работы селектора адреса. То есть если по магистрали идет прямой доступ к памяти, то устройство ввода/вывода (в нашем случае — адаптер) должно быть обязательно отключено от магистрали и не должно реагировать на выставяемые на шине адреса коды.

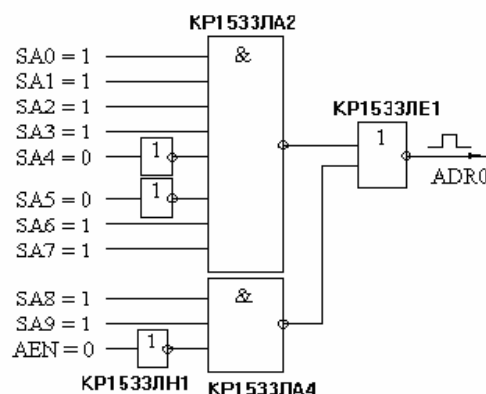


Рис. 2.8. Селектор адреса на логических элементах

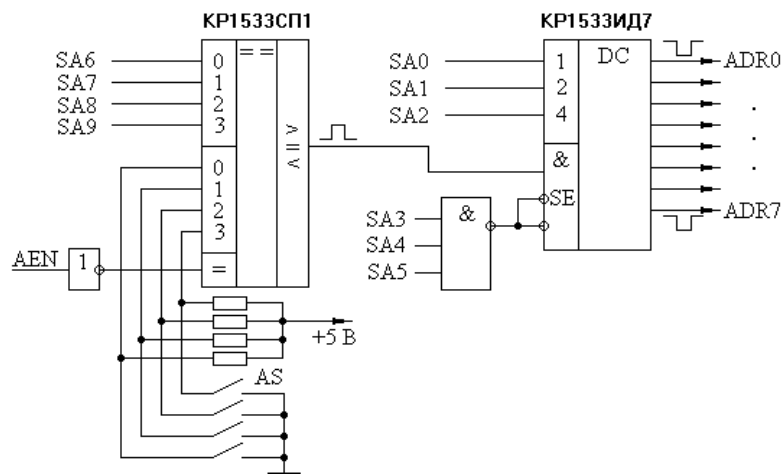


Рис. 2.9. Селектор адреса на микросхемах дешифратора и компаратора кодов с возможностью изменения селектируемого адреса

На рис. 2.8 — 2.10 показаны три схемы наиболее типичных селекторов адреса. Отметим, что в схеме рис. 2.9 можно менять селектируемые адреса с помощью переключателей, а в схеме на рис. 2.10 — с помощью перепрошивки ППЗУ.

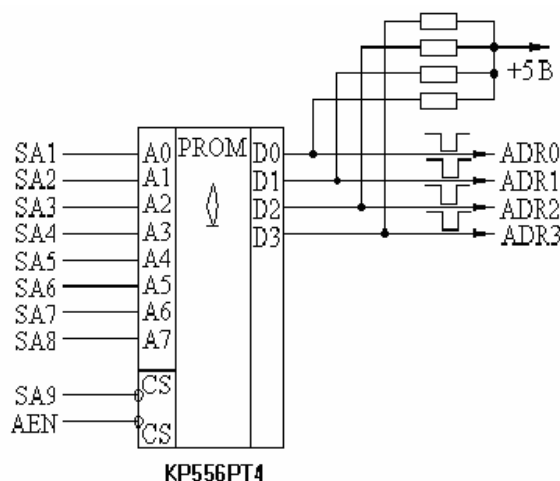


Рис. 2.10. Селектор адреса на ППЗУ

Несколько слов о селекторе адреса для адаптера, работающего в адресном пространстве памяти. В этом случае мы должны обрабатывать 20 разрядов адресной шины (при полном объеме памяти до 1 Мбайта) или все 24 разряда адресной шины (при полном объеме памяти до 16 Мбайт). Надо сказать, что разработка адаптера, работающего как устройство ввода/вывода гораздо проще. Переход в адресное пространство памяти вызывается обычно необходимостью ускорения обмена с внутренним ОЗУ или ПЗУ, входящим в состав адаптера. Но в этом случае селектор адреса не должен обрабатывать столько младших разрядов адреса, сколько адресных входов имеет это ОЗУ или ПЗУ. Например, если внутреннее ОЗУ имеет организацию 1К x 8 (десять адресных входов), то десять младших разрядов адреса SA0 ... SA9 должны подаваться не на селектор адреса, а (через соответствующие буфера) непосредственно на адресные входы ОЗУ. Разряды адреса

LA17...LA23 перед подачей на селектор адреса должны быть зафиксированы на все время цикла обмена (рис. 2.11). Отметим, что при использовании микросхемы регистра с малыми входными токами можно обойтись без входных буферов как для сигналов LA17...LA23, так и для сигнала BALE.

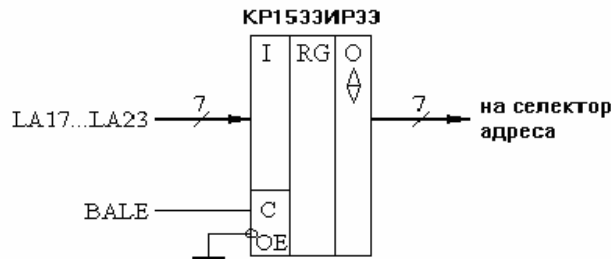


Рис. 2.11. Обработка сигналов LA17 ... LA23

Следующая важная функция интерфейсной части адаптера — выработка внутренних стробирующих сигналов (STR) синхронно с магистральными командными сигналами (-IOR, -IOW, -MEMR, -MEMW) в случае обращения по адресам адаптера (то есть активных сигналов STR). Если таких внутренних стробов требуется немного, то наиболее рационально применить для их выработки двухвходовые элементы И или ИЛИ (в зависимости от полярности сигналов ADR и STR). В случае же необходимости выработки большого числа внутренних стробирующих сигналов удобно использовать микросхемы дешифраторов. Пример такого решения представлен на рис. 2.12. Здесь два младших разряда адреса подаются не на селектор адреса (AS), а непосредственно на дешифратор, верхняя половина которого управляется сигналом с селектора адреса и сигналом -IOR, а нижняя — сигналом с селектора адреса и -IOW. Таким образом, выходы STR0 ... STR3 соответствуют циклам чтения из четырех последовательных адресов, а STR4 ... STR7 — записи в эти адреса. Отметим, что не обязательно надо использовать все выходы дешифратора.

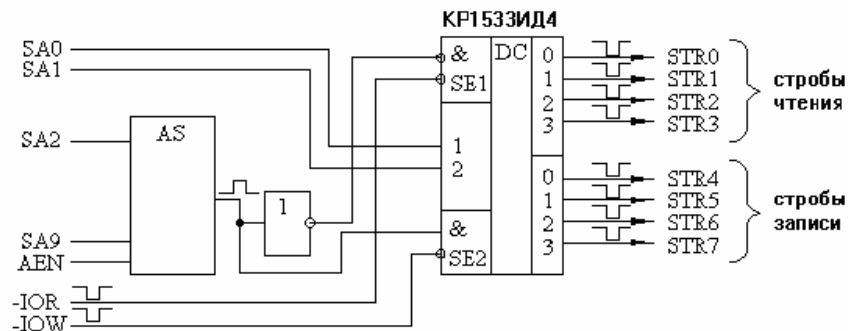


Рис. 2.12. Использование микросхемы дешифратора для выработки внутренних стробов (AS — селектор адреса)

Еще одна магистральная функция адаптера, на которой мы остановимся подробно, — это выработка сигналов аппаратных прерываний. Прерывания часто используются в схемах сетевых адаптеров, чтобы информировать компьютер об окончании операций обмена по сети, например, об окончании приема пакета или об окончании передачи пакета.

Все прерывания в персональных компьютерах типа IBM PC — радиальные, то есть для перевода процессора в режим обработки прерывания достаточно послать запрос, в качестве которого выступает положительный фронт сигнала на одной из линий IRQ. Адрес в системной таблице, по которому находится адрес начала программы обработки прерывания однозначно определяется номером используемой линии IRQ.

Одно из возможных схемотехнических решений показано на рис. 2.13. Здесь READY — сигнал поступления данных и готовности к выдаче их процессору. По этому сигналу триггер устанавливается в единицу, и его выход используется как сигнал запроса прерывания. Номер используемой линии IRQ выбирается одним из четырех переключателей (такой выбор в том или ином виде необходим, так как свободных линий IRQ в стандартной конфигурации не так уж много). В исходное состояние триггер сбрасывается стробом чтения данных, вырабатываемым при выполнении программы обработки прерывания. Инверсный выход триггера используется как флаг готовности, который программно опрашивается процессором с помощью сигнала -STR2. Иногда такое дублирование оказывается полезным.

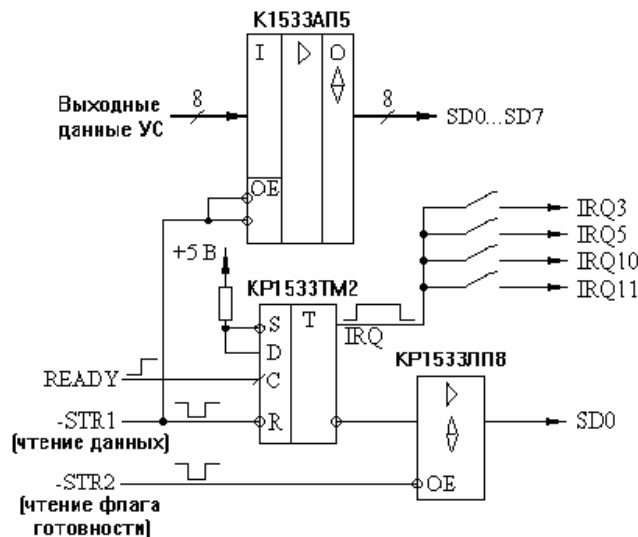


Рис. 2.13. Реализация прерывания, продублированного опросом флага готовности

Если адаптер не успевает выполнить какую-нибудь магистральную операцию в темпе процессора, то можно использовать сигнал I/O CH RDY для приостановки обмена на несколько тактов магистрального сигнала SYSCLK (рис. 2.14). Здесь в ответ на строб обмена STR, соответствующий операции, выполнение которой надо задержать, сигнал I/O CH RDY переводится в низкий уровень и удерживается там в течение нужного числа периодов SYSCLK, которое выбирается замыканием одного из переключателей. Можно также использовать и одновибратор, время выдержки которого определит длительность интервала, на который надо приостановить выполнение цикла. Но при этом надо учитывать, что длительность задержки не может быть менее одного периода SYSCLK (по стандарту 125 нс) и более 15,6 мкс.

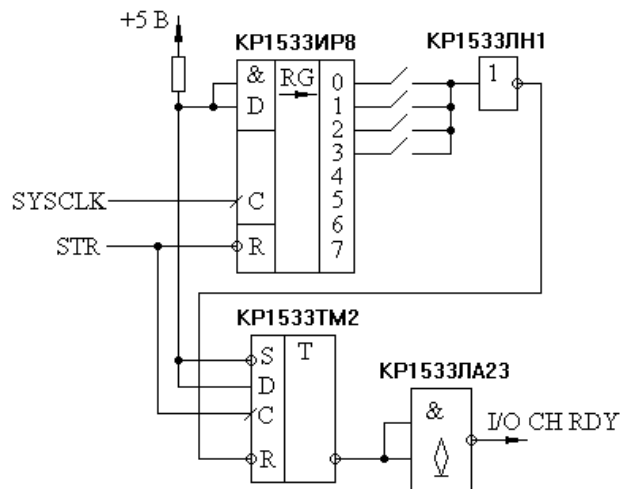


Рис. 2.14. Использование сигнала I/O CH RDY

Нередко в схемах сетевых адаптеров используются загрузочные ПЗУ, в которых хранится программа начальной загрузки рабочей станции по сети. Это позволяет применять в качестве рабочих станций бездисковые варианты компьютеров, то есть существенно снизить стоимость сети в целом. На рис. 2.15 показан пример интерфейсного узла, обслуживающего загрузочное ПЗУ объемом 8 Кбайт. При этом с помощью переключателей можно выбрать расположение стартового адреса ПЗУ из ряда: C0000, C4000, C8000, CC000, D0000, D4000, D8000, DC000, E0000, E4000, E8000, EC000, F0000 (вследствие использования магистрального stroba чтения из памяти -SMEMR, вырабатываемого только в циклах обращения к памяти в пределах одного мегабайта, то есть по адресам до FFFFF, можно не обрабатывать старшие разряды адреса). Еще один переключатель разрешает или запрещает работу ПЗУ. Выходной сигнал компаратора кодов соответствует обращению к одному из адресов ПЗУ с циклом чтения. Остальные разряды шины адреса магистрали (SA0 ... SA13) поступают на адресные входы микросхемы ПЗУ (например, 2764).

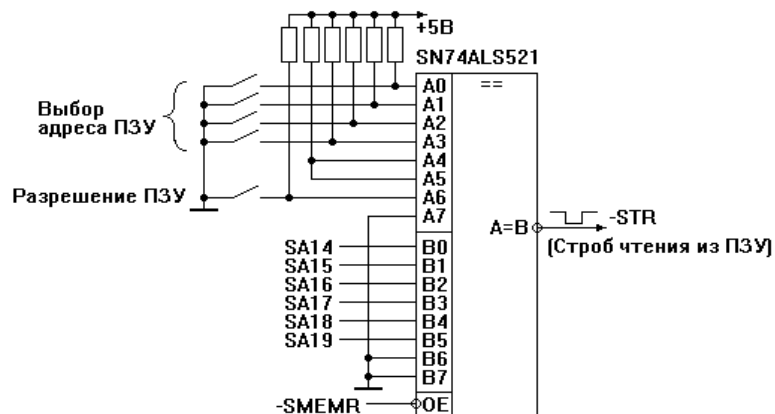


Рис. 2.15. Схема подключения загрузочного ПЗУ объемом 8 Кбайт

И в заключение рассмотрения магистральных функций адаптера приведем пример простейшей схемы, реализующей магистральные функции, применяющиеся чаще всего (рис. 2.16). Здесь селектор адреса выполнен на микросхеме ППЗУ, выработка внутренних strobov реализована на дешифраторе, и используются отдельные шины для передачи

входных и выходных данных адаптера. Прерывания и сигнал I/O CH RDY в данном случае не задействованы.

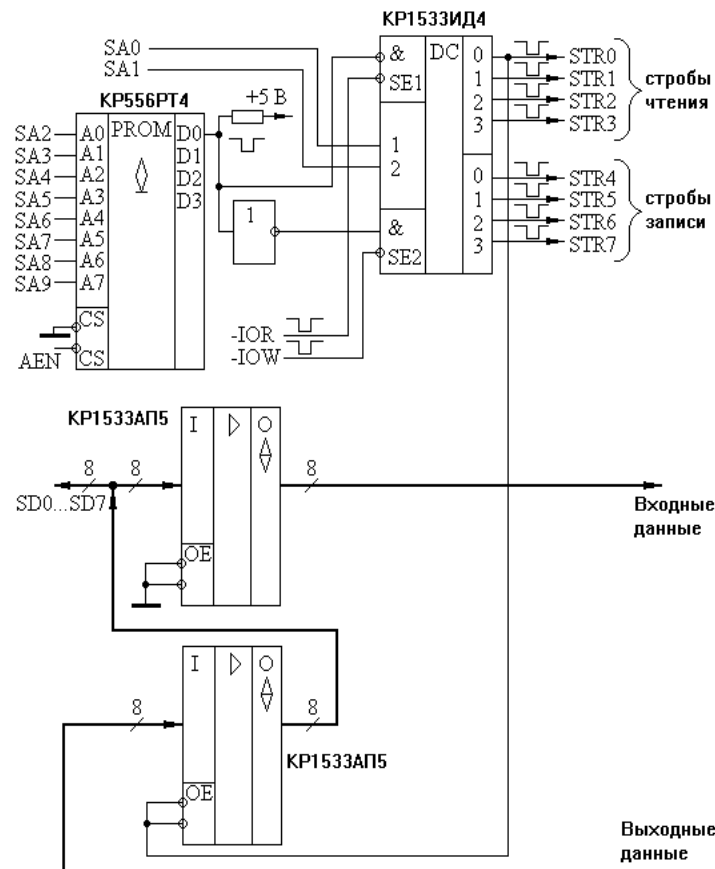


Рис. 2.16. Простейший пример реализации магистральных функций адаптера

2.1.2. Сетевые функции сетевых адаптеров

К сетевым относятся те функции адаптеров, которые реализуют принятый в сети протокол обмена. Отметим, что часть этих функций может выполняться как аппаратурой адаптера, так и программным обеспечением персонального компьютера. Перенесение их на программные средства позволяет упростить аппаратуру адаптера и существенно увеличить гибкость обмена, правда, ценой замедления работы. Другие функции обязательно должны выполняться аппаратурой.

Перечислим основные сетевые функции адаптера.

1. Гальваническая развязка компьютера и локальной сети. Эта функция не является обязательной. При некоторых типах среды передачи (например, оптоволоконный кабель, радиоканал, инфракрасный канал) развязка не нужна.
2. Преобразование уровней сигналов из логических в сетевые при передаче и из сетевых в логические при приеме.
3. Кодирование сигналов при передаче и декодирование при приеме. Эта функция не нужна при использовании в сети простейшего кода NRZ.

4. Распознавание своего пакета при приеме.
5. Преобразование параллельного кода в последовательный при передаче и последовательного кода в параллельный при приеме.
6. Буферирование передаваемых и принимаемых данных в буферном ОЗУ.
7. Проведение арбитража обмена по сети (контроль состояния сети, разрешение конфликтов и т.д.).
8. Подсчет контрольной суммы пакета при передаче и при приеме.

Иногда в структуру адаптера вводятся также узлы для самоконтроля, позволяющие проверить его работоспособность даже без подключения к сети. Это, конечно, довольно удобно, но, как правило, заметно повышает стоимость адаптера.

Первые четыре функции всегда реализуются аппаратно, хотя третья и четвертая в принципе могут выполняться программно для очень медленных сетей. Остальные функции также очень часто возлагаются на аппаратуру с целью повышения скорости обмена. Более того, аппаратно иногда выполняются и функции более высоких уровней (например, операции по обслуживанию виртуальных каналов). Но в ряде случаев быстрое действие современных персональных компьютеров позволяет без особого снижения производительности реализовать их программно и упростить аппаратуру адаптера, повысив при этом ее надежность и снизив стоимость и энергопотребление.

Остановимся на некоторых выделенных функциях несколько подробнее.

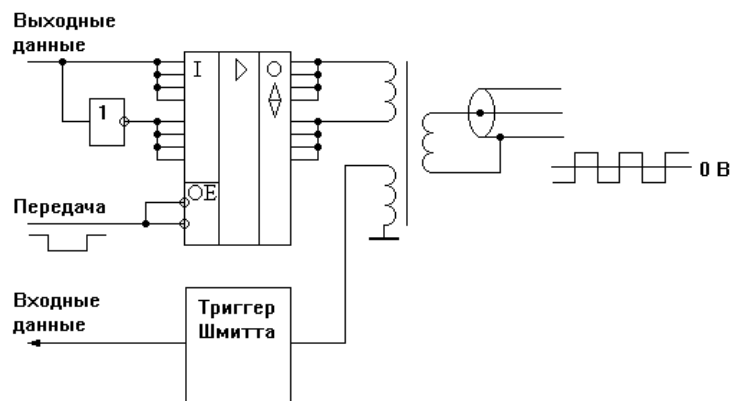


Рис. 2.17. Трансформаторная гальваническая развязка

Для гальванической развязки наиболее часто применяются импульсные трансформаторы. Простейший пример схемы, реализующей эту функцию, показан на рис. 2.17. Здесь выходные данные усиливаются с помощью микросхемы магистрального передатчика, работа которой разрешена только во время передачи пакета. Парафазный сигнал с ее выходов поступает на одну из обмоток трансформатора. Такое решение позволяет увеличить уровень сигнала в сети. Вторая обмотка используется для подключения кабеля сети, а третья — для приема сигнала из сети. В качестве приемника используется триггер Шмитта с порогами срабатывания, симметричными относительно нулевого уровня. Это позволяет снизить влияние помех. Особенностью данной схемы является необходимость применения кода без постоянной составляющей (например, Манчестер-II). Данная схема достаточно легко обеспечивает передачу на расстояние до одного километра. Отметим, что дополнив ее простейшим полосовым фильтром, пропускающим только частоты передаваемого сигнала, можно еще повысить помехоустойчивость передачи.

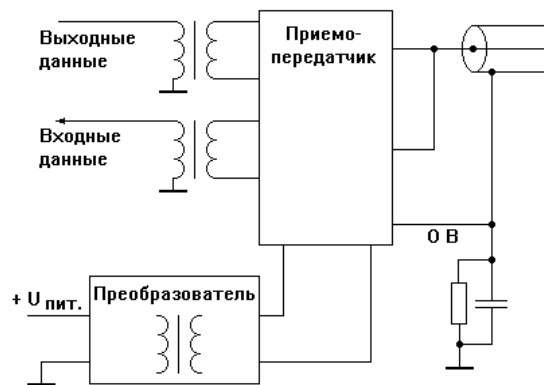


Рис. 2.18. Гальваническая развязка сети Ethernet

В сети Ethernet для определения ситуации конфликта используется анализ постоянной составляющей сигнала в сети. Поэтому такая простейшая схема для нее не подходит. Однако в адаптерах Ethernet тоже используется трансформаторная развязка. Как же при этом организуется передача постоянной составляющей? Для этого приемопередатчик сети гальванически развязывается от остальной части схемы адаптера, но напрямую соединяется с кабелем (рис. 2.18). При этом, правда, приходится использовать больше трансформаторов (для входных и выходных сигналов, а также для сигнала конфликта, вырабатываемого тем же приемопередатчиком), и к тому же необходимо организовывать трансформаторную развязку по цепям питания приемопередатчика. Но ничего не поделаешь: стандарт есть стандарт. Отметим также, что нередко оплетка кабеля сети соединяется с "землей" компьютера с помощью параллельно включенных резистора большого номинала (порядка 1 МОм на 0,5 Вт) и высоковольтного конденсатора (около 1 мкФ на напряжение 1 кВ). Это делается для того, чтобы оператора компьютера не "било током" при прикосновении одной рукой к оплетке кабеля, а другой — к корпусу компьютера.

Выходной каскад приемопередатчика Ethernet представляет собой обычный транзисторный ключ (рис. 2.19). Здесь при закрытом транзисторе на выходе 0 В, а при открытом транзисторе на выходе -3 В.

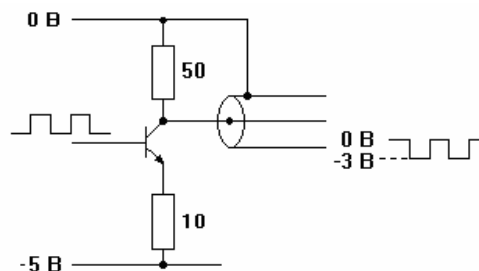


Рис. 2.19. Выходной каскад приемопередатчика Ethernet

Отметим, что наиболее распространенные разъемы, применяемые для коаксиального кабеля CP-50 (BNC), имеют металлический корпус, соединенный с оплеткой (с землей). Но эту оплетку ни в коем случае нельзя соединять с заземленным корпусом компьютера, чтобы не получить многоточечное заземление системы в целом со всеми вытекающими отсюда неприятными последствиями. Поэтому обычно заземляют

один из концов кабеля сети, а сетевые разъемы изолируют от корпуса компьютера с помощью специальных диэлектрических прокладок или применяют разъемы в пластмассовом корпусе. И пользователю не стоит пытаться самому заземлять сетевой разъем своего компьютера или соединять его с корпусом компьютера "для увеличения помехоустойчивости", если он не хочет вывести из строя всю сеть и отдельные компьютеры.

Иногда для гальванической развязки используют также оптроны. Но в этом случае для функционирования сети нужен дополнительный источник питания, что, конечно же, заметно повышает стоимость сети и снижает ее надежность. Поэтому оптронные развязки в основном применяются при двухточечной передаче, а в локальных сетях они не получили сколько-нибудь широкого распространения.

Еще одно важное замечание, о котором надо помнить при соединении платы адаптера с кабелем сети. Применяемый кабель обязательно должен строго соответствовать плате. Ни в коем случае нельзя брать, например, 75-омный кабель для 50-омной платы или наоборот. При несоблюдении этого правила не поможет никакое окончательное согласование. Волновое сопротивление кабеля, как правило, указывается в стандарте на сеть и является важнейшим ее параметром.

При использовании шинной топологии сети нередко возникает проблема отключения от сетевого кабеля адаптеров, компьютеры которых выключены. В данном случае если не принять соответствующих мер, выходные каскады обесточенных передатчиков, а иногда и входные каскады приемников, создают в сети ненормированную нагрузку, что может привести к заметному рассогласованию сетевого кабеля и искажению передаваемых сигналов. Для отключения от кабеля сети неработающих адаптеров можно использовать как специальные электронные коммутаторы, так и обычные реле (их применение оправдано, так как быстродействие здесь не требуется, а количество срабатываний очень мало: оно равно количеству включений питания компьютера).

В качестве простейших примеров на рис. 2.20 показано использование диодов для сети без гальванической развязки кабеля и реле для случая с трансформаторной гальванической развязкой. Диоды не пропускают в неработающий адаптер активные положительные сигналы в сети от других адаптеров. Реле чисто механически отключает от сети неработающий адаптер. И в том, и в другом случае обесточенные адаптеры совершенно не влияют на работу остальных абонентов сети.

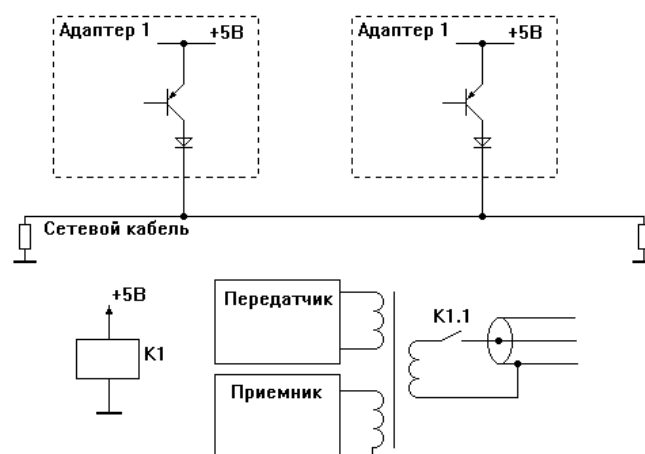


Рис. 2.20. Отключение адаптера от сети при выключении питания

Теперь остановимся на функции шифрации и дешифрации кода, которую должен выполнять каждый сетевой адаптер, если в сети не используется самый простой код NRZ.

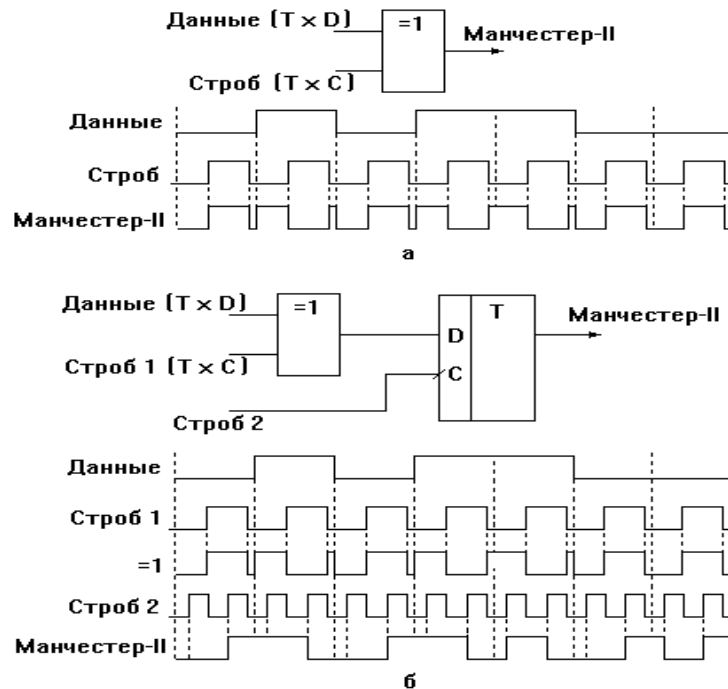


Рис. 2.21. Шифраторы кода Манчестер-II

Наиболее часто применяется уже упоминавшийся в предыдущей главе самосинхронизирующийся код Манчестер-II. Шифратор этого кода предельно прост: он состоит всего из одного логического элемента "Исключающее ИЛИ", на один вход которого идет сигнал данных, а на другой — тактовый сигнал с периодом, равным длительности бита данных (рис. 2.21 а). Однако при таком простом подходе фронты сигналов на входах этого элемента обязательно должны быть строго одновременными, иначе в выходном сигнале появятся паразитные импульсы, показанные на рисунке. Для устранения этих импульсов можно, например, применить триггер, который должен стробироваться сигналом вдвое большей частоты (рис. 2.21 б).

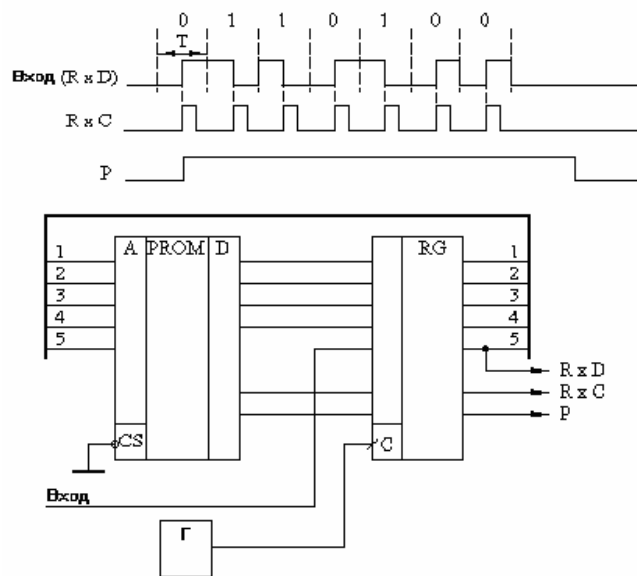


Рис. 2.22. Дешифратор кода Манчестер-II на микропрограммном автомате

Дешифрация кода Манчестер-II гораздо сложнее шифрации. Здесь требуется формирование временных интервалов в $3/4$ длительности бита данных по каждому из фронтов входного сигнала (см рис. 1.19). Для дешифрации в низкоскоростных сетях (до 1 — 2 Мбит/с) нередко применяют микропрограммные автоматы на основе ППЗУ и регистра, тактируемого сигналом тактового генератора (рис. 2.22). При этом помимо собственно дешифрации, то есть формирования сигнала данных (RxD) и сигнала stroba данных (RxC) также довольно легко осуществляется детектирование наличия передачи в сети (P), что необходимо для проведения арбитража сети. Отметим, что тактовая частота микропрограммного автомата должна в восемь или более раз превышать частоту следования битов данных, поэтому скорость работы такого дешифратора ограничена быстродействием используемых микросхем.

Адрес ППЗУ					Данные ППЗУ					Комментарий	
Вх	Адрес				С	Р	След.адрес				
0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	Задержка и ожидание положительного фронта входного сигнала
0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	
0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	
1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	
1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	Снятие Р и ожидание входного сигнала
1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	Выставление RxC и переход на обработку положительного фронта входного сигнала
1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1	
1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	
1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	
1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	Снятие RxC и задержка с отключением входа
0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	
0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	
0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	
0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	Переход на ожидание положительного фронта
0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	
1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	Снятие RxC и задержка с отключением входа
1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	
1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	
1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	Переход на ожидание отрицательного фронта
1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	Задержка и ожидание отрицательного фронта входного сигнала
1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	
1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	
1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	
1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	Снятие Р и ожидание входного сигнала
0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	Выставление RxC и переход на обработку отрицательного фронта входного сигнала
0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	
0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	
0	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	
0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	Переход на ожидание положительного фронта

Табл. 2.1. Микропрограмма дешифратора манчестерского кода (сигнал RxC обозначен в таблице С)

В табл. 2.1 приведена микропрограмма этого дешифратора.

Для дешифрации кода Манчестер-II можно также применять формирователи временных интервалов на основе одновибраторов или последовательных цепочек логических элементов (во втором случае используются задержки переключения этих элементов). Точность задания временных интервалов при этом не очень критична, поэтому применение таких схем вполне оправдано.

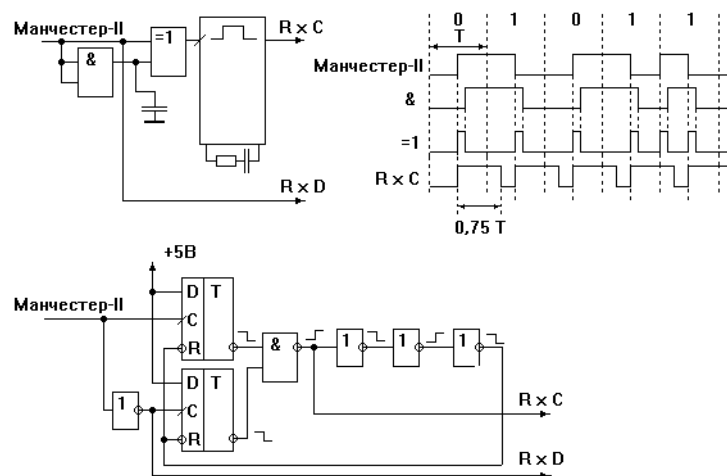


Рис. 2.23. Дешифраторы кода Манчестер-II с использованием формирователей временных задержек

Для примера на рис. 2.23 показаны схемы дешифратора с одновибратором и с линией задержки из логических элементов. В первой из них для выделения любых фронтов (положительных и отрицательных) входного сигнала применяется элемент типа "Исключающее ИЛИ", сигнал с выхода которого запускает одновибратор. Одновибратор должен быть без перезапуска, типа К155АГ1 (74121). Во второй схеме требуемый временной интервал в три четверти длительности бита складывается из задержек триггера, элемента 2И-НЕ и инверторов. Эти задержки для каждой конкретной серии микросхем известны достаточно точно. При необходимости количество инверторов можно увеличить или уменьшить. Можно также включить между ними интегрирующие RC-цепочки. Вторая схема, конечно, обеспечивает большее предельное быстродействие, чем первая. Для детектирования наличия передачи в сети в обоих случаях можно применить одновибратор с перезапуском типа К155АГ3 (74123), время выдержки которого составляет около полутора периода следования битов.

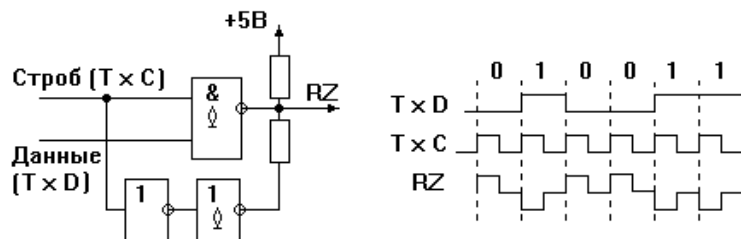


Рис. 2.24. Шифратор кода RZ

Другой распространенный самосинхронизирующийся код, RZ, также имеет свои особенности, связанные в первую очередь с наличием трех уровней сигнала. Для шифрации кода RZ может быть использована схема, показанная на рис. 2.24. Отметим, что в этой простейшей схеме не учтена возможность появления паразитных импульсов из-за неодновременности фронтов сигнала данных и строга. Для предотвращения их возникновения можно использовать запись этих сигналов перед их смещением в регистр, стролируемый сигналом вдвое большей частоты, чем строб данных $T \times C$.

Дешифрация кода RZ требует различения уровней сигналов. Для этого можно,

например, применить схему, представленную на рис. 2.25. Здесь используются два компаратора напряжения, пороги срабатывания которых находятся по обе стороны от среднего уровня сигнала RZ. Сигналы с выходов этих компараторов переключают триггер, на выходе которого образуется сигнал данных (RxD). Стробирующим сигналом (RxC) является при этом объединение по ИЛИ сигналов с выходов обоих компараторов.

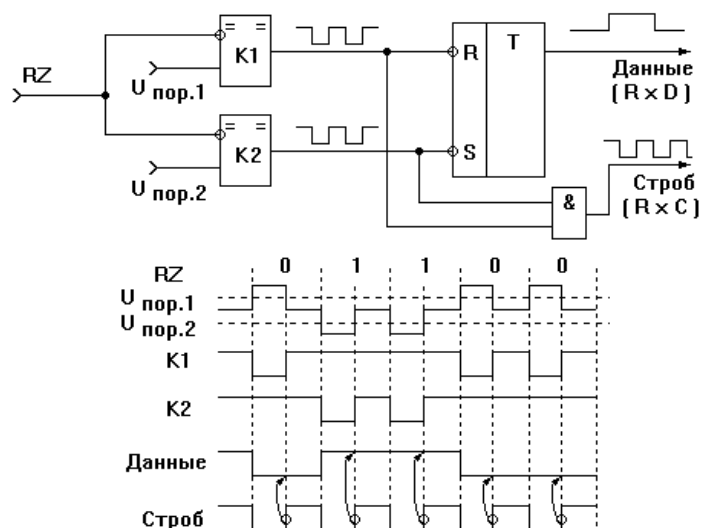


Рис. 2.25. Пример схемы дешифратора кода RZ

Отметим, что в рассматриваемой простейшей схеме не учитывается ослабление сигнала RZ в линии связи, что приводит в реальной ситуации к понижению всех уровней и требует гибкой адаптации порогов срабатывания компараторов к получающемуся в результате среднему уровню входного сигнала. В случае, когда принимаемые сигналы приходят от разноудаленных абонентов, это может привести к довольно серьезным проблемам. Впрочем, такая ситуация характерна и для всех остальных кодов, используемых в локальных сетях.

Следующая важная функция — преобразование параллельного кода в последовательный при передаче и последовательного в параллельный при приеме. Компьютер передает данные байтами (8 бит) или словами (16 бит или 32 бита), в сети же данные должны передаваться последовательно бит за битом, чтобы можно было ограничиться единственным кабелем. Поэтому такое преобразование необходимо.

В простейшем случае для этого могут быть использованы сдвиговые регистры с параллельным входом и последовательным выходом (типа KP1533ИР9 или SN74ALS165) для передачи, регистры с последовательным входом и параллельным выходом (типа KP1533ИР8 или SN74ALS164) для приема, а также универсальные двунаправленные сдвиговые регистры (типа KP1533ИР24 или SN74ALS299) для приема и передачи. Последние очень удобны для совместной работы с буферным ОЗУ, имеющим двунаправленную шину данных.

В качестве примера на рис. 2.26 показано включение универсального сдвигового регистра для организации передачи данных. В этой схеме тактовый генератор (Г) работает с частотой передачи в сети. 8-разрядные параллельные данные в режиме передачи записываются в регистр один раз за восемь тактов (нулевой уровень на входе S1 регистра).

Отметим, что в принципе преобразование последовательного кода в параллельный и наоборот может быть реализовано и программным путем с использованием команд

арифметического сдвига процессора, входящего в состав компьютера. Это позволило бы существенно упростить аппаратуру адаптера. Однако значительное замедление передачи данных от компьютера к адаптеру и от адаптера к компьютеру делает такой подход практически неприемлемым.

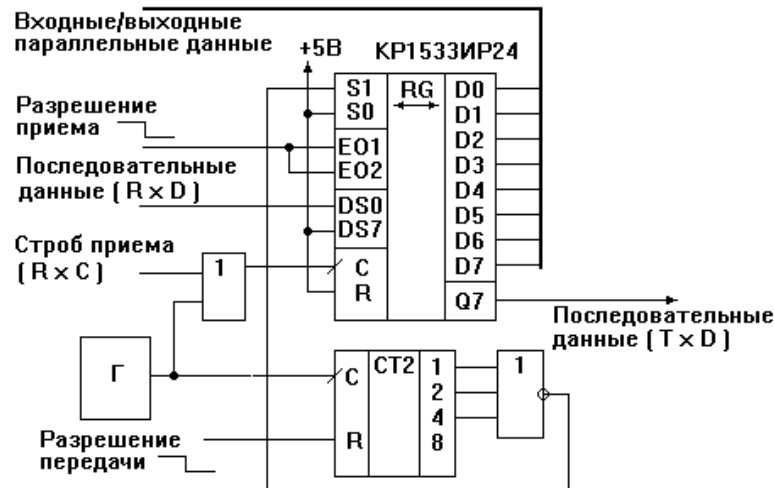


Рис. 2.26. Использование универсального сдвигового регистра для преобразования кода

Теперь остановимся на следующей важнейшей функции сетевого адаптера — буферировании данных в буферном ОЗУ. Основная задача буферирования состоит в том, чтобы освободить компьютер от контроля за состоянием сети. Действительно, если буферная память не используется, то при передаче компьютер должен сам анализировать возможность передачи своих данных, а затем в нужный момент производить эту передачу. При приеме пакета из сети компьютер в данном случае обязан быстро прервать выполнение всех других задач и начать прием пакета в свою память. Немаловажным фактором, заставляющим применять буферное ОЗУ, является и необходимость согласовывать скорость пересылки данных компьютером (в адаптер или из адаптера) и скорость обмена по сети. В случае медленной сети компьютеру пришлось бы между посылками байтов (слов) выдерживать заданную паузу. В случае же быстрой сети компьютер может просто не успеть пересылать данные в нужном для сети темпе. Так, например, при скорости передачи данных в сети 100 Мбит/с компьютер должен будет обеспечить пересылку со скоростью 12,5 Мбайт/с, что для системной магистрали ISA недостижимо.

Применение буферного ОЗУ в значительной мере снимает все эти проблемы. При этом компьютер пересылает передаваемые данные в буферное ОЗУ в том темпе, который удобен ему. Адаптер же в нужный момент выдает эти данные в сеть в темпе, необходимом для сети. Если по сети приходит пакет, адресованный данному компьютеру, то адаптер записывает его в буферное ОЗУ в темпе сети и информирует о приходе пакета компьютер, который затем читает принятые данные в темпе, удобном ему. В результате компьютер освобождается от многих сетевых функций для решения других задач.

Но, с другой стороны, применение буферного ОЗУ имеет и свои недостатки. Прежде всего заметно увеличивается сложность аппаратуры адаптера (помимо самого буферного ОЗУ нужны еще узлы, обеспечивающие обмен его как с сетью, так и с компьютером). Загрузка пакета в буферное ОЗУ и выгрузка из него требуют времени, что снижает скорость обмена по сети. К тому же необходимо обеспечить постоянную

готовность буферного ОЗУ к приему пакетов из сети даже в периоды обмена его с компьютером. Правда, этого можно избежать, выбрав соответствующий протокол обмена по сети. Альтернативой применения буферного ОЗУ является переход от пакетной к побайтной или пословной передаче, что легко реализуется в сети с топологией типа "звезда" (где на каждой линии связи только два абонента) и несколько сложнее в сетях с другими топологиями. Отметим также, что по мере увеличения быстродействия процессоров компьютеров создаются условия для переложения на них многих сетевых функций без сколько-нибудь заметного снижения производительности системы в целом. Так что буферное ОЗУ — не такой уж неотъемлемый элемент сетевого адаптера, как может показаться на первый взгляд. На производительность адаптера, а также сети в целом, существенно влияет способ обмена компьютера с буферным ОЗУ. Ведь в полное время передачи пакета входит не только его длительность в сети, но также и время его формирования в буферном ОЗУ компьютером-передатчиком и время его чтения из буферного ОЗУ компьютером-приемником. Можно выделить два основных способа обмена с буферным ОЗУ:

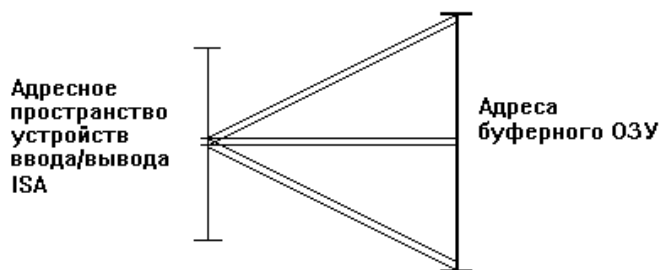


Рис. 2.27. Последовательный обмен с буферным ОЗУ.

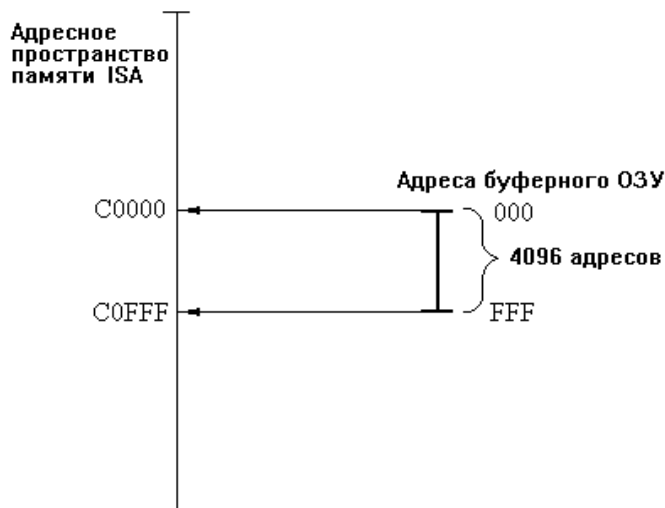


Рис. 2.28. Параллельный обмен с буферным ОЗУ

- последовательный, при котором компьютер "видит" в каждый момент только одну ячейку ОЗУ (рис. 2.27);
- параллельный, при котором компьютер "видит" в любой момент все ячейки ОЗУ (рис. 2.28).

При последовательном способе обмена, как правило, используется два адреса в адресном пространстве устройств ввода/вывода компьютера. По одному из них компьютер записывает код адреса той ячейки ОЗУ, с которой будет производиться обмен. Обращение с циклом чтения или записи по другому адресу соответствует чтению или записи этой самой ячейки. Например, если используются адреса 300 и 302, и нам надо прочитать содержимое ячейки буферного ОЗУ с адресом 200, то необходимо сначала записать код 200 по адресу 300, а затем считать информацию из адреса 302.

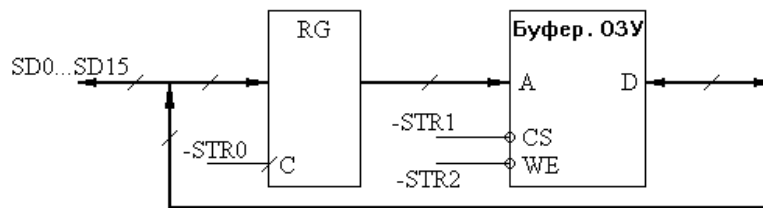


Рис. 2.29. Последовательный обмен с использованием регистра

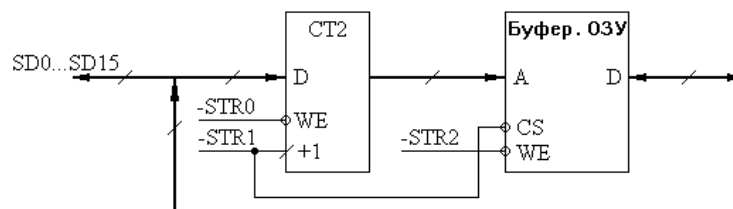


Рис. 2.30. Последовательный обмен с использованием счетчика с параллельной записью

Очевидно, что скорость обмена при этом оказывается довольно низкой: для обращения к каждой ячейке требуется два цикла обмена. Для ее увеличения вдвое можно применить автоматическое наращивание кода адреса буферного ОЗУ после обращения к выбранной ячейке (автоинкремент). Если в первом случае для задания адреса надо использовать регистр (рис. 2.29), то во втором — счетчик с параллельной записью (рис. 2.30). Здесь сигнал STR0 — это строб записи адреса ячейки, STR1 — строб обмена с памятью, сигнал STR2 определяет режим чтения или записи.

Нередко считают, что максимальный выигрыш в скорости можно, применяя режим прямого доступа к памяти (ПДП, DMA). Действительно, режим ПДП позволяет несколько ускорить перенос информации из системной памяти компьютера в буферную память адаптера или наоборот. Но радикального увеличения скорости обмена он не дает, так как даже в этом случае требуется перекачка информации как на конце передатчика, так и на конце приемника. К тому же между операциями прямого доступа требуется перепрограммирование встроенного контроллера ПДП компьютера, что при малых размерах передаваемых по сети пакетов может вообще свести на нет весь выигрыш в скорости. Поэтому в данном случае использование ПДП вряд ли целесообразно.

А вот использование параллельного обмена с буферным ОЗУ обеспечивает выход на качественно другой уровень. Ведь здесь операции перекачки данных в принципе не требуется. Все ячейки буферного ОЗУ рассматриваются компьютером как ячейки его системной памяти со всеми вытекающими отсюда последствиями. То есть с ними процессор может обращаться точно так же, как со всей остальной системной памятью. И поэтому полное время переноса пакета из одного компьютера в другой существенно (иногда в несколько раз) уменьшается. А уж скорость доступа к ячейкам буферного ОЗУ

со стороны сети определяется только быстродействием используемых микросхем памяти и может достигать десятков и сотен мегабайт в секунду, чего никакой ПДП никогда не обеспечит. Правда, надо отметить, что аппаратные затраты при реализации параллельного обмена с буферным ОЗУ заметно выше, чем при последовательном обмене. К тому же в адресном пространстве памяти компьютера не так уж много свободных адресов, и при больших объемах буферных ОЗУ (или ПЗУ) нескольких включенных плат расширения этих адресов может просто не хватить.

Отметим, что помимо микросхем памяти с традиционной организацией в сетевых адаптерах могут успешно использоваться микросхемы двухпортовых ОЗУ и ОЗУ типа FIFO. Во многих случаях их применение существенно упрощает аппаратуру адаптера, увеличивает скорость обмена по сети и упрощает протокол обмена. Отметим также, что большие возможности открывает применение двух буферных ОЗУ вместо одного (отдельно для приема и передачи пакета), а также буферного ОЗУ только для приема пакета, тогда как передача идет без буферирования. Впрочем, многие интересные схемотехнические решения возможны только в случае разработки оригинальных сетей, включая и соответствующие программные средства (хотя бы низкого уровня).

Следующая функция, которую мы рассмотрим подробнее — это распознавание собственного сетевого адреса (его еще называют индексом) в принимаемом пакете. Это распознавание практически всегда должно производиться в темпе передачи информации по сети, так как на основании его результата делается вывод о том, записывать данный пакет в буферное ОЗУ или не записывать. Поэтому о программной реализации этой функции речи обычно не идет. Правда, можно представить ситуацию, когда в буфер записывается каждый пришедший по сети пакет, а затем программно анализируется содержащийся в нем адрес приемника. Но все-таки гораздо чаще применяется аппаратная реализация, что позволяет не отвлекать компьютер от работы, если пришедший пакет адресован не ему. Тем более, что особых сложностей здесь не возникает. Для примера на рис. 2.31 и 2.32 показаны две схемы: на компараторе кодов и на ППЗУ, распознающие соответственно 8-разрядный сетевой адрес (общее количество абонентов в сети не более 256) и 7-разрядный сетевой адрес (общее количество абонентов в сети не более 128). Отметим, что если в первом случае код собственного адреса может задаваться переключателями или храниться в регистре, то есть может легко изменяться, то во втором случае он определяется прошивкой ППЗУ и не может быть так легко изменен. Важно также то, что этот же сетевой адрес должен быть известен компьютеру, который при формировании своих сетевых пакетов должен вставлять в них код этого адреса.

Для первой схемы (рис 2.31) реализация этого достаточно очевидна: компьютер читает код на входе компаратора или (при использовании регистра) сам задает свой сетевой адрес.

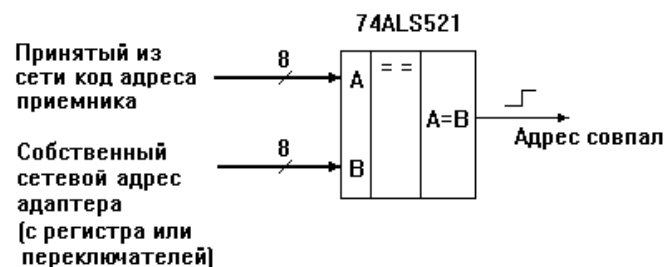


Рис. 2.31. Распознавание сетевого адреса на компараторе кодов

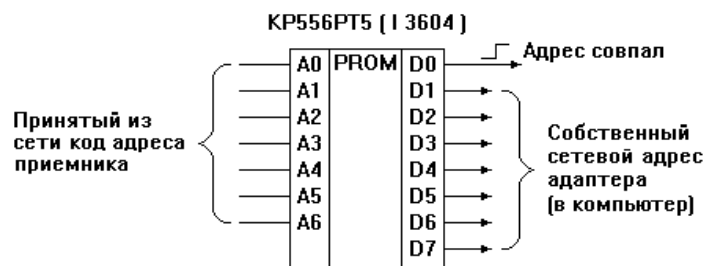


Рис. 2.32. Распознавание сетевого адреса на ППЗУ

Во второй схеме (рис. 2.32) один из выходов ППЗУ используется для сигнала совпадения пришедшего сетевого адреса с собственным сетевым адресом, а остальные выходы постоянно выдают записанный в ППЗУ код собственного сетевого адреса вне зависимости от входного кода микросхемы. Важным достоинством этой схемы является простота реализации распознавания адреса широкого вещания, то есть адреса пакета, адресованного всем абонентам. Отметим, что возможны также решения, использующие побитное сравнение кода сетевого адреса, но они применяются довольно редко.

Еще одна важная сетевая функция адаптера — это арбитраж сети. Способы реализации этой функции во многом определяются топологией сети и принятыми в ней протоколами обмена информацией нижнего уровня. К примеру, если мы имеем дело с топологией типа "звезда", то все заботы об арбитраже, управлении обменом, очередности передачи берет на себя центр. Это освобождает адаптеры периферийных абонентов от выполнения рассматриваемой функции и приводит к упрощению их аппаратуры. Но зато аппаратура адаптера центрального абонента усложняется. В топологии типа "кольцо" с маркерным методом управления никаких конфликтов быть не может, и арбитражная функция сводится только к распознаванию свободного маркера, говорящего о том, что данный компьютер может передавать свой пакет.

Наиболее сложно реализовать функцию арбитража в сетях с топологией типа "шина" и в сетях со случайным доступом. В этих случаях каждый абонент может начать передачу в любой момент без учета интересов других абонентов. Поэтому неизбежны конфликты, которые каждый адаптер должен решать самостоятельно. В этом случае он, как правило, должен отслеживать состояние сети (есть передача информации или нет), выбирать момент начала передачи так, чтобы предотвратить конфликты, обнаруживать случившиеся конфликты и разрешать их (хотя не все перечисленные действия обязательны). Конечно, в принципе можно разработать сеть со случайным доступом, в которой никакого арбитража не будет. Все случающиеся конфликты будут обнаруживаться и исправляться протоколами высокого уровня (например, путем повторной передачи искаженного конфликта пакета). Но данный подход хорош только в случае очень низкой интенсивности обмена по сети, где столкновения пакетов маловероятны.

Отметим, что в ряде случаев арбитражная функция или ее довольно большая часть может быть выполнена программным путем. При этом, пользуясь мощными вычислительными ресурсами компьютера, можно реализовать довольно сложные адаптивные алгоритмы арбитража, гибко реагирующие на конкретные условия обмена в сети (загруженность, средняя длина передаваемого пакета, статистика предыдущих конфликтов и т.д.). Это позволяет увеличить эффективность обмена и упростить аппаратуру адаптера. Правда, компьютер в этом случае отвлекается от решения других задач, что несколько снижает производительность системы в целом.

Рассмотрим два простейших примера реализации арбитражной функции в централизованной сети типа "звезда" и в децентрализованной сети со случайным доступом

типа "шина" (приводимые схемы довольно условны).

На рис. 2.33 показана схема узла опроса для сетевого адаптера центрального абонента сети типа "звезда" с пассивным центром (см. раздел 1.6.1). Схема обеспечивает последовательное прослушивание восьми периферийных абонентов и обмен информацией с ними. Здесь выходные стробы (TxС) адаптера коммутируются с помощью микросхемы дешифратора на один из восьми выходов сигналов (TxС0 ... TxС7), идущих через приемопередатчики (на схеме не показаны) к периферийным абонентам. При этом выходной сигнал данных (TxD) используется общий для всех. Входные стробы адаптера от периферийных абонентов (RxC0 ... RxC7) и входные сигналы данных (RxD0 ... RxD7) коммутируются мультиплексорами. В результате в каждый момент времени к центральному адаптеру подключен один из периферийных. Перебор их осуществляется с помощью счетчика, работающего от генератора (Г). При приходе пакета (или байта, слова) от какого-нибудь периферийного абонента, желающего быть обслуженным, опрос останавливается, и производится сеанс обмена. Номер этого абонента компьютер может считать с выходов счетчика.

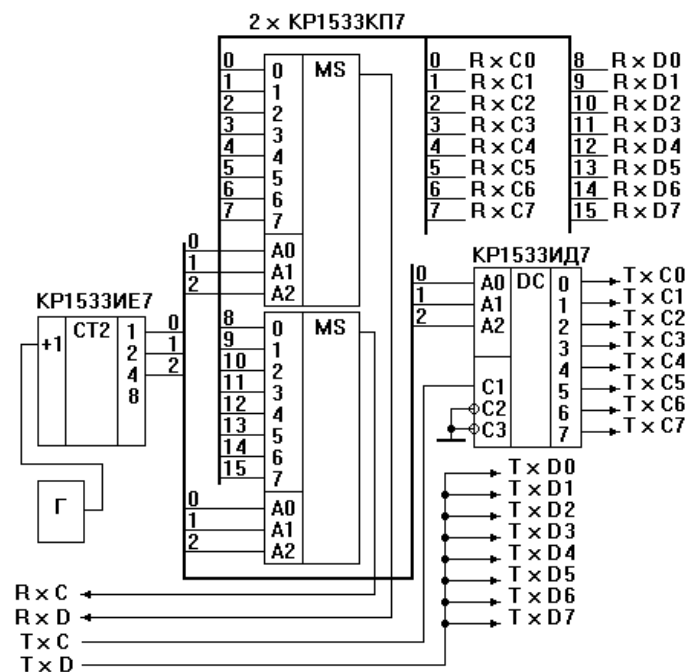


Рис. 2.33. Реализация арбитража в сети типа "звезда"

На рис. 2.34 представлена схема, реализующая децентрализованный временной арбитраж в сети типа "шина" (см. раздел 1.6.2). Здесь передача информации данным адаптером может начаться только тогда, когда после освобождения сети в течение установленного для данного адаптера интервала никто другой не начал своей передачи. Сигнал "Разрешение передачи" устанавливается компьютером после подготовки передаваемого пакета. Сигнал "Сеть свободна" (то есть передачи не идет) поступает с дешифратора кода (например, кода Манчестер-II). Сигнал "Начало передачи" соответствует реальному началу передачи пакета данным адаптером. После освобождения сети начинает работать счетчик, и в случае достижения его выходным кодом сетевого адреса данного адаптера начинается передача. Если же другой адаптер с большим приоритетом (с меньшим сетевым адресом) также желает передавать, то он начнет свою

передачу раньше, и нашему адаптеру придется ждать окончания его пакета (счетчики сбросятся) и затем вновь пробовать начать свою передачу.

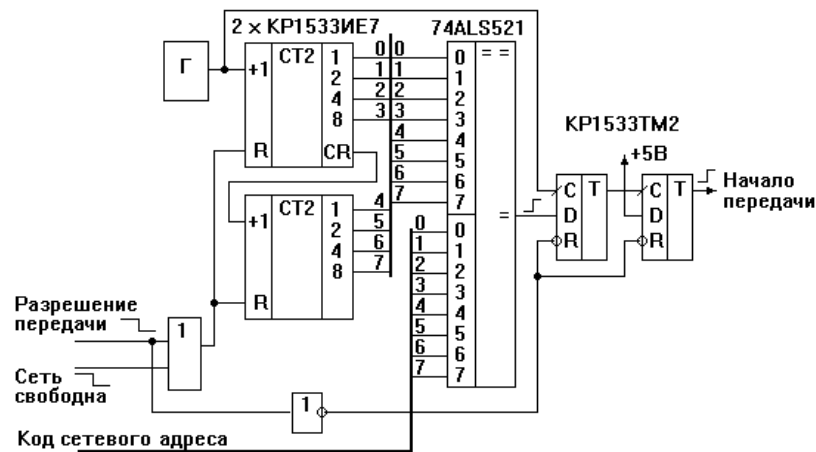


Рис. 2.34. Реализация временного арбитража в сети типа "шина"

Наконец, последняя сетевая функция адаптера, на которой мы остановимся в данном разделе, это подсчет контрольной суммы. Наиболее интересно вычисление циклической контрольной суммы (CRC), которая обеспечивает наиболее надежное обнаружение как одиночных, так и многократных ошибок, поэтому именно эту сумму мы и будем вычислять (см. раздел 1.7).

Как уже отмечалось, данная функция может быть реализована программно, но в этом случае сильно падает скорость передачи, так как вычисление надо производить над каждым байтом (словом) пакета. Поэтому гораздо чаще применяется аппаратное вычисление.

Наиболее распространено вычисление контрольной суммы в последовательном коде, то есть непосредственно в потоке передаваемых в сеть или принимаемых из сети последовательных данных. Для этого обычно используются сдвиговые регистры с обратными связями с некоторых разрядов через сумматоры по модулю 2 (то есть элементы "Исключающее ИЛИ"). Полное количество разрядов регистра сдвига должно быть равно разрядности вычисляемой контрольной суммы (или, что то же самое, быть на единицу меньше разрядности используемого полинома). Место включения обратных связей однозначно определяется выбранным полиномом.

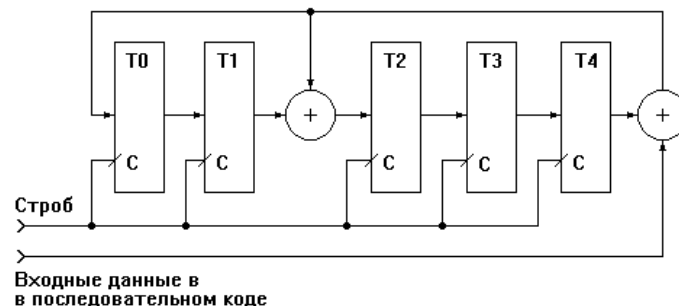


Рис. 2.35. Вычисление контрольной суммы на регистре сдвига в потоке последовательных данных

В качестве примера на рис. 2.35 показана схема вычисления 5-разрядной контрольной суммы при выбранном двоичном полиноме 100101. В данном случае сумматоры по модулю 2 должны быть включены перед триггерами, номера которых соответствуют номерам разрядов полинома, равным единице. При этом единицу в старшем разряде полинома мы не учитываем. В нашем примере единицы находятся в нулевом (младшем) и втором разрядах. Первый, третий и четвертый разряды равны нулю, а пятый мы не учитываем. Следовательно, сумматоры должны быть включены перед нулевым триггером (T0) и перед вторым триггером (T2). Входной сигнал в последовательном коде суммируется по модулю 2 с входным сигналом триггера T0. Если бы мы вычисляли 8-разрядную контрольную сумму с полиномом 100011101 (или 435 в восьмеричном коде), тогда нам пришлось бы использовать сдвиговый регистр из восьми триггеров и включать четыре сумматора: перед T0, T2, T3, T4. Для 16-разрядной контрольной суммы рекомендуется производящий полином $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ или 10001000000100001 (рекомендация МККТТ V.41), требующий трех сумматоров.

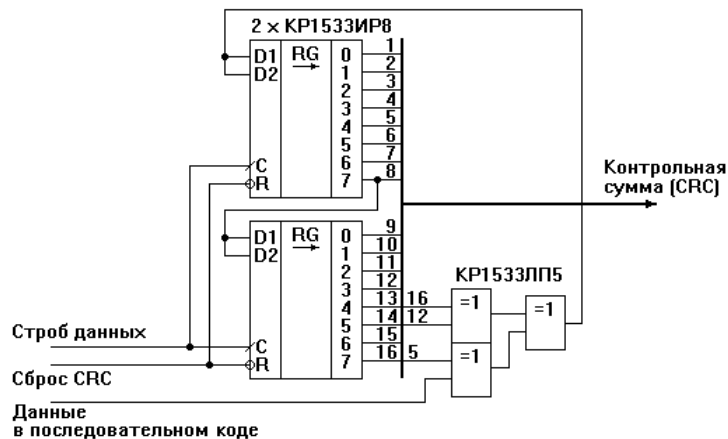


Рис. 2.36. Вариант схемы вычисления циклической контрольной суммы в потоке последовательных данных

Отметим, что схему вычисления контрольной суммы на регистре сдвига можно построить и по-другому, объединяя выходы нужных разрядов и входной сигнал с помощью многовходового элемента "Исключающее ИЛИ" перед введением в регистр. При этом точки включения обратной связи определяются номерами разрядов полинома, в которых находятся единицы. Например для полинома $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ схема будет иметь три обратные связи через элементы "Исключающее ИЛИ" (рис. 2.36). Перед началом вычисления содержимое регистра сбрасывается. И конечно же, алгоритм вычисления циклической контрольной суммы не зависит от выбора того или иного варианта конкретной схемы.

Другим возможным путем реализации вычисления циклической контрольной суммы является применение схемы параллельного вычисления на базе ПЗУ, в котором зашита таблица промежуточных остатков в соответствии с алгоритмом, описанном в разделе 1.7 (рис. 2.37). Адресом ПЗУ служит сумма по модулю 2 входных данных и содержимого выходного регистра, в который по сигналу строба данных записывается выходной код ПЗУ. Контрольная сумма формируется при этом в выходном регистре (перед началом вычисления состояние регистра обнуляется). Основным и, пожалуй, единственным преимуществом данного решения по сравнению с предыдущим является гораздо меньшее требуемое быстродействие микросхем, так как здесь вычисления

проводятся с байтами, следующими в 8 раз реже, чем биты, или даже с 16-битными словами. Но имеется и существенный недостаток — это довольно большие аппаратные затраты, особенно для 16-разрядной контрольной суммы (объем ПЗУ в этом случае должен быть равен 64К x 16).

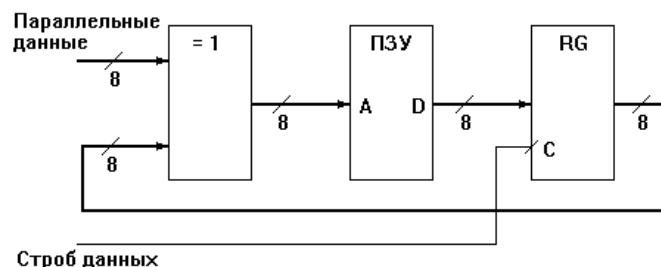


Рис. 2.37. Вычисление контрольной суммы табличным методом в потоке параллельных данных

Отметим, что аппаратное вычисление контрольной суммы как в потоке последовательных данных, так и в потоке параллельных данных не требует вообще никаких временных затрат на это вычисление. А вот если контрольную сумму вычислять программным путем, то полное время пересылки пакета из компьютера в адаптер и из адаптера в компьютер возрастает не менее, чем в 2 — 3 раза, так как пересылаемая информация требует дополнительной обработки.

В любом случае вычислитель контрольной суммы должен работать и при передаче пакета (на передающем конце), и при приеме пакета (на приемном конце). Точно так же при программной реализации вычисления нужно производить его и передатчику и приемнику. Если мы делим принятый пакет на один и тот же полином, то данные, входящие в пакет, дадут тот же самый остаток. А так как контрольная сумма сама обычно также включается в состав пакета в его конце, ее биты сделают этот остаток равным нулю. Наиболее очевидно это можно проследить при табличном методе: ведь число, суммируемое само с собой по модулю 2, даст нулевую сумму, следовательно, из таблицы (из нулевого адреса ПЗУ) мы получим нулевые данные. Поэтому принимающему пакет абоненту достаточно всего лишь проверить, равняется ли нулю остаток (то есть контрольная сумма) после приема пакета в целом. Если он равен нулю, то пакет может считаться принятым без ошибок.

2.1.3. Пример реализации адаптера Ethernet

Для построения адаптеров самой распространенной сети Ethernet многие фирмы выпускают специализированные микросхемы или комплекты микросхем. Поэтому разработчику уже не надо думать о том, как удовлетворить всем требованиям стандарта, как реализовать очень непростой арбитраж этой сети, как включить буферное ОЗУ, словом, эти микросхемы выполняют все сетевые функции адаптера. Правда, ни о какой оптимизации обмена при этом, как правило, не может быть и речи, никакой свободы у разработчика нет. Но в тех случаях, когда речь идет о выпуске массовых и дешевых плат адаптеров, этого обычно и не требуется.

Среди подобных специализированных микросхем можно назвать микросхемы фирмы National Semiconductor DP8390, DP8391, DP8392.

Первая из этих микросхем (DP8390) называется контроллером сетевого интерфейса и предназначена для выполнения функций сетевого протокола по стандарту IEEE 802.3, который поддерживается сетью Ethernet. Она выполняет преобразование последовательного кода в параллельный и обратное преобразование, вычисляет

циклическую контрольную сумму, распознает сетевой адрес в принимаемом пакете, содержит внутренний 16-байтный буфер типа FIFO и управляет обменом с внешним буферным ОЗУ объемом до 64 Кбайт.

Вторая микросхема (DP8391) выполняет функции последовательного сетевого интерфейса. Она производит кодирование и декодирование кода Манчестер-II и преобразует уровни входных и выходных сигналов, а также сигнала конфликта.

Третья микросхема (DP8392) выполняет функции приемопередатчика коаксиального кабеля. Основное ее назначение — прием сигналов из кабеля сети и передача сигналов в сеть, выполненную на тонком коаксиальном кабеле (так называемый тонкий Ethernet или Cheapernet). Подробнее об особенностях Cheapernet будет рассказано в следующей главе.

Эти микросхемы выполняют все сетевые функции адаптера, перечисленные ранее. К тому же они реализуют некоторые дополнительные функции, являющиеся особенностью сети Enhernet. Например, на DP8392 возлагается контроль за тем, чтобы передаваемый пакет не был чересчур длинным (так называемая Jabber-функция от английского jabber — болтовня). Если передаваемый пакет длится более 20 мс, это детектируется как конфликт (коллизия), собственная передача запрещается и разрешается вновь только через 500 мс.

Функциональная схема включения трех этих микросхем приведена на рис. 2.38. Микросхема DP8392 подключается к DP8391 через развязывающие трансформаторы и питается от изолированного источника напряжения (рис. 2.39). Она может располагаться в отдельном конструктивном модуле (трансивере), соединенном с основным адаптером трансиверным кабелем. При этом в состав трансивера входит также и трансформаторная развязка.

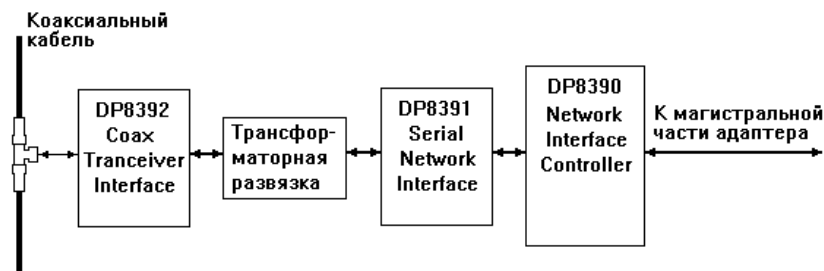


Рис. 2.38. Совместное включения микросхем DP8390, DP8391 и DP8392

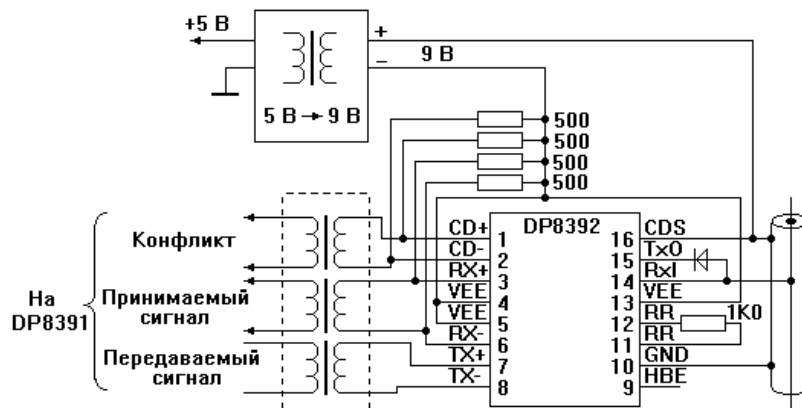


Рис. 2.39. Схема включения DP8392

Схема включения DP8391 представлена на рис. 2.40. Она питается от источника питания компьютера (+5 В) и требует подключения кварцевого резонатора с частотой 20 МГц.

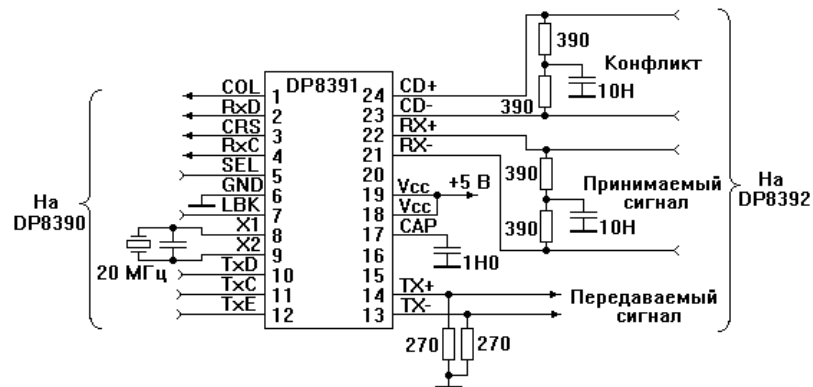


Рис. 2.40. Схема включения DP8391

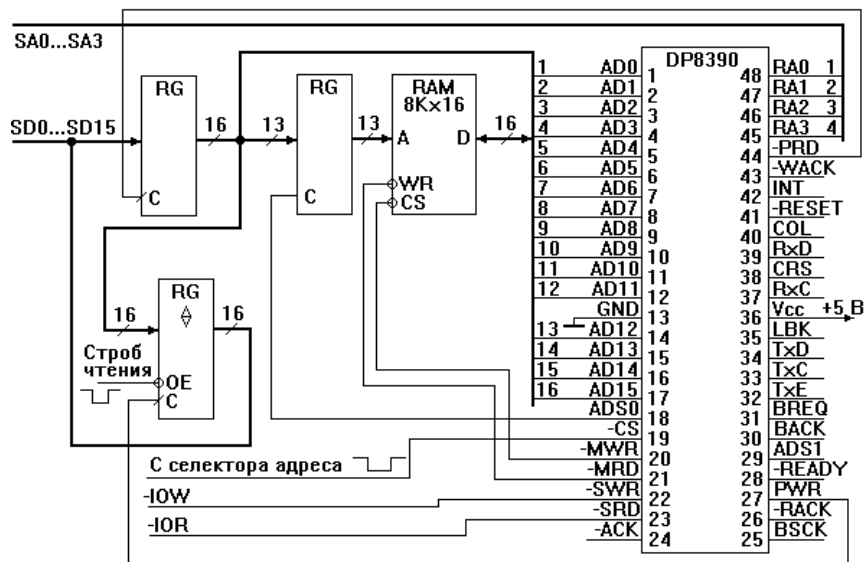


Рис. 2.41. Схема подключения памяти к контроллеру DP8390

Микросхема DP8391 подключается к DP8390, которая в свою очередь уже сопрягается с магистральной частью сетевого адаптера. Упрощенная функциональная схема подключения буферного ОЗУ к DP8390 приведена на рис. 2.41.

2.2. Другие сетевые устройства

Все остальные аппаратные средства локальных сетей (кроме адаптеров) имеют вспомогательное назначение. Некоторые из них служат для объединения нескольких сетевых адаптеров в требуемую конфигурацию сети: приемопередатчики или трансиверы (transceivers), повторители или репитеры (repeaters), концентраторы, распределители (hubs) устройства коллективного доступа (MAU — Multistation Access Unit), и т.д. Другие

предназначены для объединения нескольких локальных сетей в единую сеть: мосты (bridges), маршрутизаторы (routers), шлюзы (gateways). Отметим, что некоторые стандартные локальные сети требуют для своей работы помимо адаптеров еще и обязательного использования дополнительных аппаратных средств, что необходимо учитывать при принятии решения о выборе типа сети. Иначе может оказаться, что стоимость дополнительной аппаратуры значительно превысит стоимость адаптеров и соединительных кабелей.

2.2.1. Функции трансиверов и повторителей

Трансиверы или приемопередатчики (от английских слов TRANsmitter + reCEIVER) служат для двунаправленной передачи между адаптером и сетевым кабелем или между двумя сегментами (отрезками) сетевого кабеля. Основной функцией трансивера является усиление (умощнение) сигналов или преобразование их в другую форму для улучшения характеристик сети, например, повышения помехоустойчивости и/или увеличения расстояния между абонентами.

Примером использования трансивера может служить подключение адаптеров наиболее популярной сети Ethernet к так называемому "толстому" коаксиальному кабелю (рис. 2.42). При этом в отличие от более дешевого варианта сети с "тонким" коаксиальным кабелем возрастает уровень сигнала, уменьшается затухание и заметно увеличивается допустимая длина сегмента кабеля (подробнее о сети Ethernet будет рассказано в следующей главе). То есть в данном случае трансивер преобразует один электрический сигнал в другой. Как уже отмечалось, на трансивер Ethernet возлагаются также и некоторые другие функции, обычно решаемые адаптером. В частности, он детектирует конфликты и следит, чтобы длительность пакетов в сети была не менее заданной.

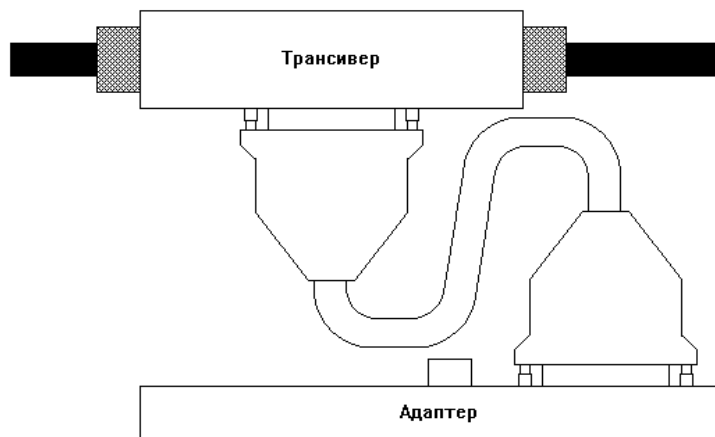


Рис. 2.42. Включения трансивера при использовании "толстого" кабеля Ethernet

Более сложную функцию выполняет трансивер, преобразующий электрические сигналы сети в какие-нибудь другие (оптические, радиосигналы и т.д.) с целью использования других сред передачи информации. Такие трансиверы нередко называют конверторами среды. Наиболее часто применяют оптоволоконные трансиверы, которые позволяют в несколько раз повысить допустимую длину кабеля сети и добиться значительно более высокой помехоустойчивости, а также секретности передаваемых данных (рис. 2.43).

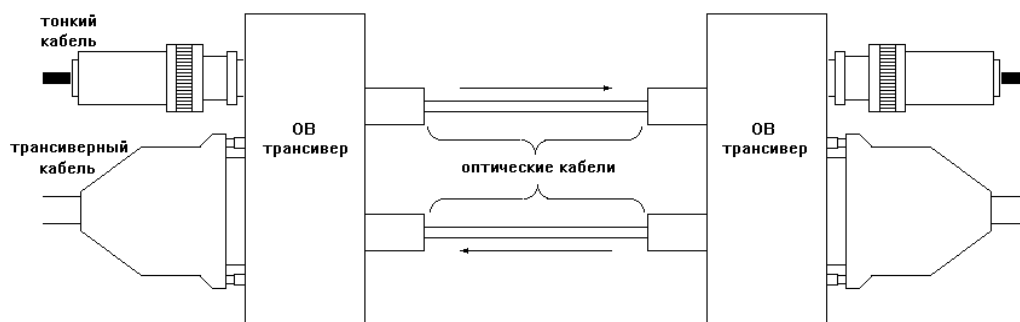


Рис. 2.43. Включение оптоволоконных трансиверов в сети Ethernet (одновременно к оптоволоконному трансиверу подключается не более одного электрического кабеля: тонкий коаксиальный или трансиверный)

В этом случае двунаправленная оптическая передача осуществляется по двум однонаправленным оптоволоконным кабелям, и поэтому в задачу трансивера помимо собственно преобразования электрических сигналов в оптические и обратно должно входить также разделение и смешивание сигналов. Кроме того для постоянного контроля целостности оптического канала между пересылками пакетов информации по кабелям обычно передается специальный сигнал. Приемник, входящий в состав трансивера, должен отличать этот сигнал от пакетов информации. Помимо перечисленных функций трансивер должен выполнять еще ряд других, так что в результате получается довольно сложное устройство, стоимость которого в несколько раз превышает стоимость адаптера (например, типичная цена за оптоволоконный трансивер для сети Ethernet составляет в настоящее время около 200—300 долларов).

Оптоволоконные трансиверы чаще всего используются для соединения двух сегментов сети или для подключения одиночного удаленного абонента (рис. 2.44).



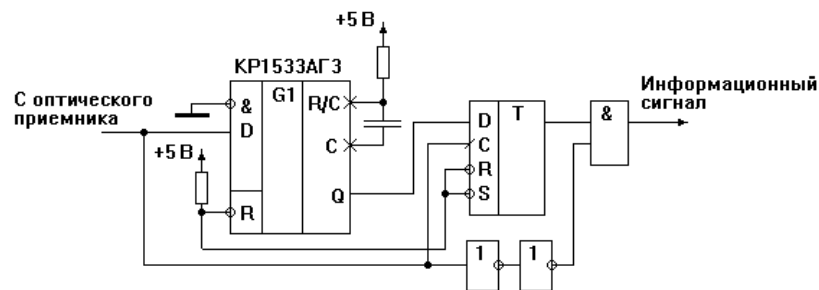
Рис. 2.44. Включение оптоволоконных трансиверов

Повторители (они же репитеры) выполняют более простую задачу, чем трансиверы. Они не преобразуют ни уровни сигналов сети, ни их физическую природу. Их назначение состоит только в том, чтобы восстановить форму сигнала, искаженную прохождением в длинной линии. То есть они служат простыми ретрансляторами (двунаправленными) сигналов сети. Основная цель их применения — увеличение длины сети. Правда, довольно часто репитеры выполняют еще ряд функций, например, они

Важно помнить, что ни трансиверы, ни повторители не производят абсолютно никакой информационной обработки проходящих через них пакетов. С точки зрения передачи информации они представляют собой абсолютно пассивные устройства. Поэтому они в принципе не могут хоть как-то изменить основные информационные характеристики сети. Соединяя с их помощью отдельные части сети, мы получаем всего лишь такую же сеть, но только большего объема (правда, с лучшим качеством передачи сигналов).

А теперь рассмотрим несколько примеров схмотехнической реализации некоторых функций оптоволоконного трансивера (FOIRL) для самой распространенной сети Ethernet.

Реализовать данный фильтр можно различными путями.



Так, на рис. 2.45 показана схема на базе одновибратора с перезапуском. Длительность времени выдержки одновибратора составляет около 300 — 400 нс, то есть больше максимального периода информационного сигнала (200 нс), но меньше периода фонового сигнала (1000 нс). Импульсы информационного сигнала перезапускают одновибратор, поэтому в триггер с каждым из них записывается единица. А вот импульсы фонового сигнала не успевают перезапустить одновибратор. Поэтому в триггер записывается ноль. В результат информационный сигнал пропускается фильтром, а фоновый отсекается. Цепочка инверторов служит для компенсации задержки триггера.

Другая схема, показанная на рис. 2.46, отличается от предыдущей тем, что не содержит никаких аналоговых цепей, то есть не требует внешних элементов и может быть реализована в интегральном исполнении. Здесь цепочка из триггеров Т1 и Т2 выполняет ту же самую функцию, что и одновибратор (рис. 2.45). Частота среза фильтра равна половине от тактовой частоты генератора Г (то есть в нашем случае она составляет около 2.5 МГц).

Отметим, что в обеих схемах потеря информации в начале пакета не превышает одного бита.

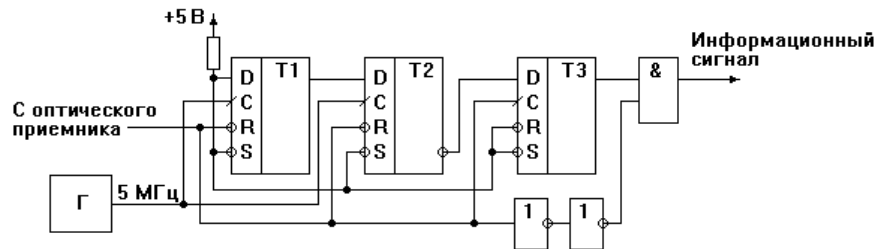


Рис. 2.46. Фильтр на триггерах для отсеечения фонового сигнала

Обратная задача должна решаться при передаче сигнала из электрического кабеля сети в оптоволоконный. Здесь требуется в паузах между информационными пакетами выдавать в оптоволоконный кабель сигнал с частотой 1 МГц. Для реализации данной функции также требуется формирование сигнала огибающей информационного сигнала. С этой целью можно применить одновибратор с перезапуском (рис. 2.47), который будет формировать сигнал в течение передачи пакета по сети аналогично схеме рис. 2.45. Но в данном случае время выдержки этого одновибратора должно быть больше, чем в предыдущем (не менее 500 нс, то есть не менее половины длительности периода фонового сигнала частотой 1 МГц) для того, чтобы от момента окончания информационного пакета до момента начала фонового сигнала прошло достаточно времени для уверенного срабатывания фильтра на приемном конце.

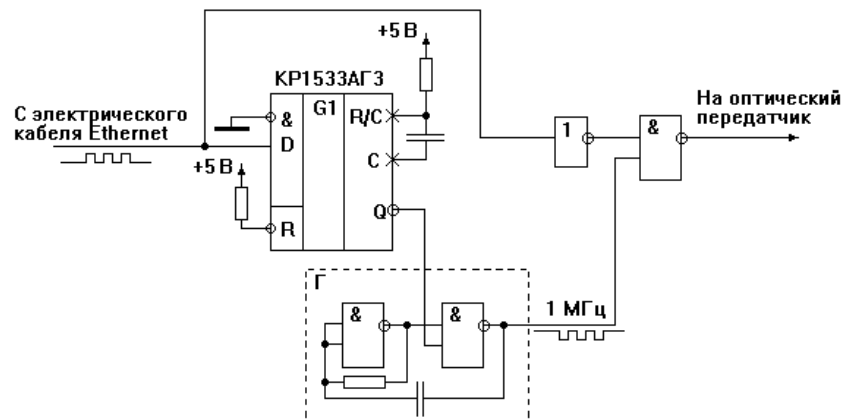


Рис. 2.47. Организация передачи фонового сигнала с использованием одновибратора

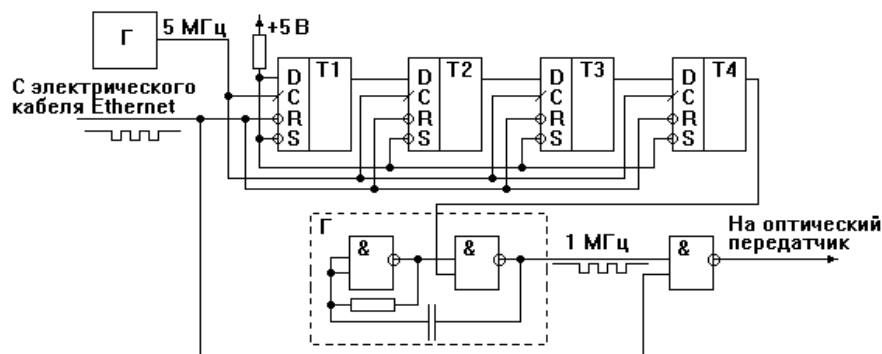


Рис. 2.48. Организация передачи фоновых сигналов с использованием цепочки триггеров

Альтернативное решение схемы передатчика — это чисто цифровое, то есть на базе цепочки триггеров, тактируемых сигналом частотой 5 МГц (рис. 2.48). Такой подход допускает интегральное исполнение схемы. Здесь приходится брать вдвое больше триггеров (Т1 ... Т4), чем в схеме на рис. 2.46 для того, чтобы увеличить задержку включения фоновых сигналов после окончания пакета в сети. Длительность этой задержки будет от трех до четырех периодов тактового генератора, что составляет от 600 до 800 нс (по стандарту — от 400 до 2100 нс). Можно, конечно, задать меньшую частоту тактового генератора, но тогда придется использовать разные генераторы для приемника и передатчика (для схем рис. 2.46 и рис. 2.48), что нежелательно.

2.2.2. Функции концентраторов

Как следует из самого названия концентратора, он используется для подключения к нему нескольких абонентов сети. Концентраторы можно условно разделить на активные и пассивные (с точки зрения обработки информации).

Пассивные (или репитерные) концентраторы выполняют функцию собранных в одном месте в единый конструктив нескольких повторителей (репитеров) или трансиверов (рис. 2.49).

Никакой обработки информации они не производят, а только восстанавливают и усиливают сигналы, а также могут преобразовывать электрические сигналы в оптические и наоборот. Может возникнуть вопрос, нужно ли для этого использовать концентратор, не лучше ли обойтись более дешевыми трансиверами и репитерами. Однако концентраторы имеют свои преимущества.

Во-первых, собирая все важные точки сети в одном месте, мы существенно облегчаем обслуживание сети и контроль за ее работоспособностью, а также облегчаем ее реконфигурацию и поиск возможных неисправностей. Во-вторых, концентратор может быть расположен в специальном помещении, куда не имеют доступа лишние люди, что повышает секретность передаваемой информации. Наконец, в-третьих, для питания концентратора используется гораздо более совершенный источник, и можно даже предусмотреть применение бесперебойного питания.

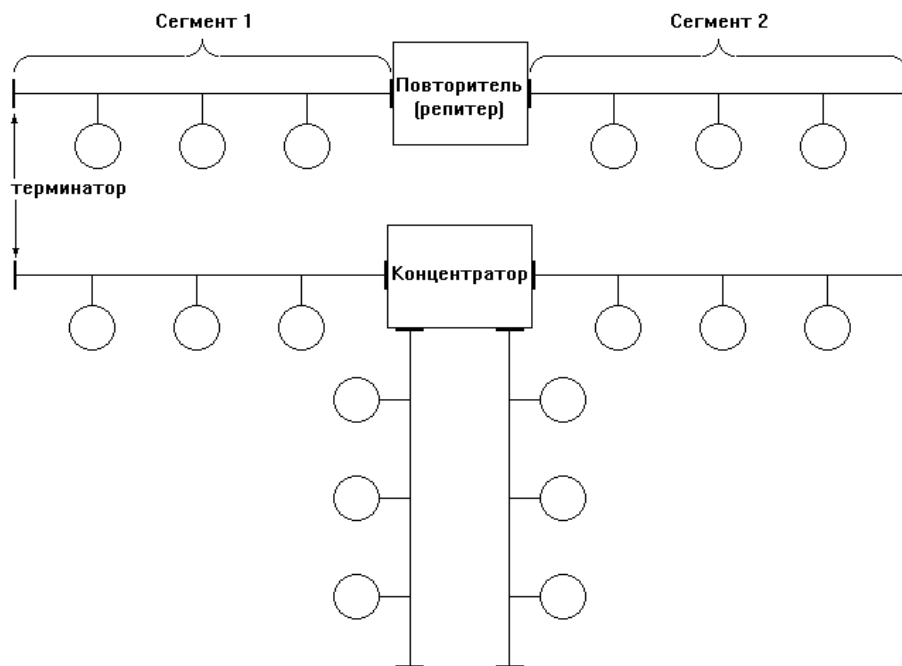


Рис. 2.49. Включение репитера и пассивного концентратора

К пассивному концентратору могут, например, подключаться только части (сегменты) или отдельные абоненты одной и той же сети, например, сегменты сети Ethernet, выполненные на тонком кабеле, на толстом кабеле, на оптоволоконном кабеле. И хотя сеть при этом имеет физическую топологию, внешне похожую на "звезду", на самом деле здесь получается пассивная "звезда", а логически сеть остается "шиной".

Активные концентраторы выполняют более сложные функции. В частности, они могут преобразовывать информацию и протоколы обмена, правда, это преобразование обычно очень простое.

Рассмотрим, например, функции концентраторов в сетях с топологией типа "кольцо", где они часто применяются. Такие концентраторы позволяют более гибко организовывать связи между абонентами, комбинируя кольцевую и звездную конфигурации (рис. 2.50). При этом они могут быть как пассивными, так и активными.

Пассивный концентратор просто включает в общее кольцо абонентов, подключенных к нему. Его функция — это только перекоммутация линий связи при изменении количества абонентов.

В отличие от него активный концентратор может выступать как равноценный абонент кольцевой сети. При этом все абоненты, подключенные к нему, работают по сути в отдельной сети с конфигурацией типа "звезда", но имеют доступ и к главному "кольцу". Правда, права их доступа будут меньше, чем у полноправных абонентов кольца, зато к данной сети можно будет подключить гораздо больше абонентов, чем в случае пассивных концентраторов.

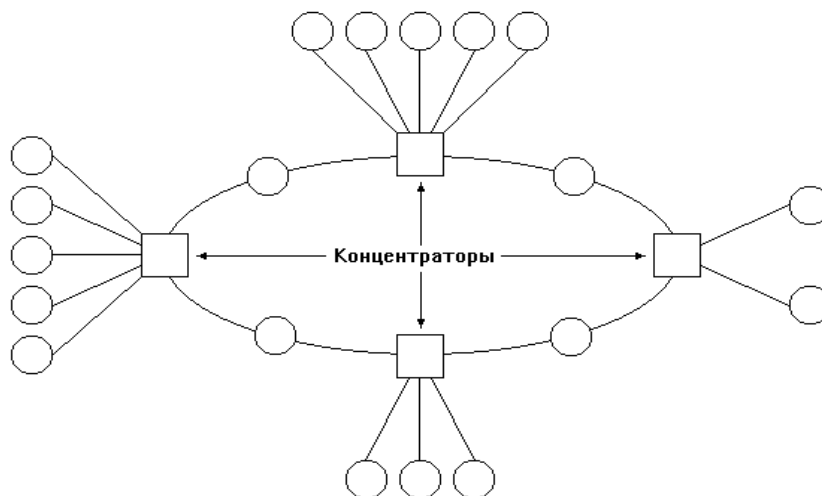


Рис. 2.50. Включение концентраторов в сеть типа "кольцо"

В отдельный тип нередко выделяют так называемые коммутирующие концентраторы или коммутаторы. Они передают из одного сегмента сети в другой сегмент сети не всю информацию, а только ту, которая адресована абонентам в другом сегменте. То есть они распознают в реальном времени адрес пакета и в случае необходимости пересылают его в другой сегмент. Задержка пересылки при этом равна времени приема и распознавания пакета. Сам пакет коммутатором не принимается. Те пакеты, которые передаются между абонентами, входящими в один сегмент, в другой сегмент коммутатором не пересылаются. То есть в данном случае каждый сегмент работает только с частью пакетов общей сети, что снижает интенсивность обмена в нем и улучшает его пропускную способность.

2.2.3. Функции мостов, маршрутизаторов и шлюзов

Мосты, маршрутизаторы и шлюзы служат для объединения в единую сеть нескольких разнородных сетей, использующих разные протоколы обмена нижнего уровня. В результате их применения сложная и неоднородная сеть, содержащая в себе самые разнообразные сегменты, с точки зрения конечного пользования выглядит самой обычной, пусть и сильно развитой сетью. То есть мосты, маршрутизаторы и шлюзы обеспечивают так называемую "прозрачность" сети для протоколов высокого уровня. Естественно, все они должны быть существенно сложнее, чем репитеры, трансиверы и концентраторы. Все они должны производить более или менее сложную обработку информации, поэтому чаще всего они реализуются на базе специальных персональных компьютеров.

Мосты (bridges) — это наиболее простые устройства. Их основное назначение — организовать обмен между сетями с разными стандартами обмена, например, Ethernet, Arcnet, Token Ring и т.д., а также нескольких сегментов одной сети с целью разделения их нагрузок (рис. 2.51). В отличие от коммутирующих концентраторов мосты принимают поступающие пакеты целиком (а не только их адресную часть) и в случае необходимости производят их обработку.

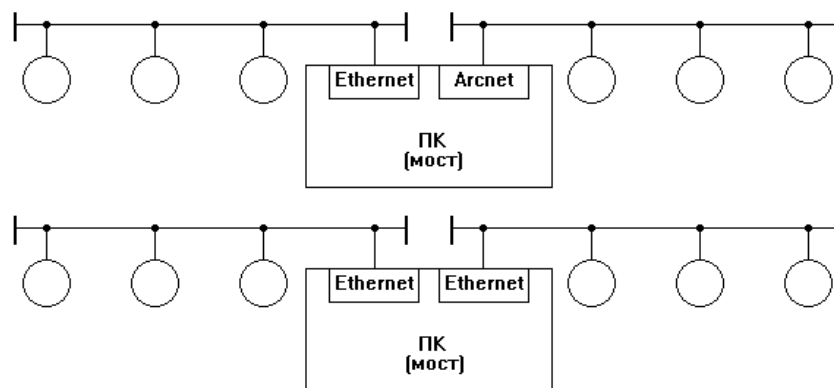


Рис. 2.51. Соединение разнородных и однородных сегментов сетей с помощью моста

При соединении разнородных сетей к компьютеру подключаются несколько (обычно не больше четырех) адаптеров, поддерживающих обмен по соответствующим стандартам (например, Ethernet и Arcnet), которые включены в свои сетевые сегменты. Компьютер принимает пакеты из каждой из сетей, анализирует, кому они адресованы и в случае необходимости передает их в другую сеть. При этом каждая сеть работает со своим протоколом.

Объединение с помощью моста сетей с одинаковыми протоколами (например, двух Ethernet) отличается от объединения с помощью репитера или репитерного концентратора тем, что в данном случае (как и в случае коммутатора) каждая из сетей работает со своими собственными пакетами, и только в случае необходимости через мост приходят пакеты из другой сети, адресованные абонентам данной сети. В результате нагрузка на каждую из сетей оказывается существенно меньше, чем при использовании репитера, что увеличивает эффективную скорость обмена по ним.

Естественно, от моста требуется довольно высокое быстродействие, иначе он может стать узким местом получаемой с его помощью сложной сети. Поэтому обычно компьютер, выполняющий функцию моста, выбирается как можно более быстродействующим и освобождается от всех других задач.

Существует также понятие "удаленного" моста (remote bridge). Это компьютер, в который помимо сетевых адаптеров вставлен и телефонный модем для связи по телефонной сети.

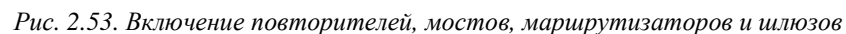
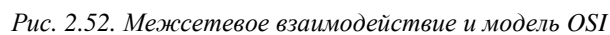
Маршрутизаторы (routers) имеют более сложное назначение, чем мосты. Их функция состоит в том, чтобы выбрать оптимальный путь (маршрут) для каждого пакета (если, конечно, имеется несколько таких путей). Это делается для избежания чрезмерной нагрузки отдельных сегментов сети, а также для обхода поврежденных участков. То есть они применяются только в сильно разветвленных сетях, имеющих несколько параллельных маршрутов.

Маршрутизаторы не преобразуют протоколы нижнего уровня, как мосты, поэтому их применяют только для связи однородных сегментов. В отличие от мостов маршрутизаторы обрабатывают не все пакеты сети, а только широковещательные (направленные всем абонентам) или адресованные непосредственно им самим.

Гибридные маршрутизаторы (brouters) представляют собой гибрид моста и обычного маршрутизатора, объединяя их преимущества. Они решают, нужно ли маршрутизировать данный пакет или нет, и для тех пакетов, которые не нуждаются в маршрутизации, служат обычным мостом. Для тех же пакетов, которым маршрутизация нужна, они выполняют и функцию маршрутизаторов. Понятно, что стоимость их выше,

Шлюзы (gateways) — это устройства, служащие для соединения совершенно различных сетей, например, локальных сетей с глобальными или локальных сетей с большими ЭВМ, использующими совершенно другие и, что принципиально, абсолютно несовместимые протоколы обмена. В этом случае приходится полностью преобразовывать весь поток информации, включая коды, форматы, методы управления и т.д. То есть это еще более сложные и, следовательно, гораздо более дорогие устройства, чем мосты или маршрутизаторы. Поэтому их применение, как правило, значительно повышает стоимость всей сети в целом.

7. Уровень приложений	Шлюз	7. Уровень приложений
6. Уровень представления данных		6. Уровень представления данных
5. Сеансовый уровень		5. Сеансовый уровень
4. Транспортный уровень		4. Транспортный уровень
3. Сетевой уровень	Маршрутизатор	3. Сетевой уровень
2. Уровень управления линией	Мост	2. Уровень управления линией
1. Физический уровень	Повторитель	1. Физический уровень
Сеть (сегмент) 1		Сеть (сегмент) 2



На рис. 2.53 показан пример включения в сложной сети повторителей, мостов, маршрутизаторов и шлюзов. Отметим, что подобная ситуация встречается довольно редко.

Глава 3. Выбор аппаратуры локальных сетей

Рассмотрим теперь проблемы, возникающие при установке готовых стандартных сетей. На рынке имеется довольно большой выбор аппаратных средств, и для осознанного выбора тех или иных решений необходимо четко понимать как свои собственные потребности, так и возможности, предоставляемые теми или иными сетями. И если не удовлетворяющие пользователя программные средства можно довольно просто заменить, то смена неправильно выбранной аппаратуры может оказаться трудноразрешимой задачей, связанной не только с покупкой и установкой новых устройств, но и с приобретением, подсоединением и прокладкой новых кабелей. Это может оказаться гораздо дороже и потребовать намного больше времени и сил. Тем не менее, в литературе, как правило, гораздо больше внимания уделяется программному обеспечению сетей, а об аппаратуре говорится только вскользь. Поэтому мы остановимся на особенностях аппаратурных средств стандартных сетей.

В настоящее время насчитывается более 200 сетей, имеющих тот или иной уровень стандартизации, но широкое распространение и всеобщее признание получили не более 10 сетей. Это связано, прежде всего с тем, что именно эти сети поддерживаются наиболее мощными фирмами и вследствие этого доведены до уровня международных стандартов. Отметим, что с точки зрения своих потребительских свойств наиболее распространенные сети далеко не всегда лучше, чем другие, порой они заметно уступают другим сетям по многим ключевым параметрам, но стандарт есть стандарт. Стандартные сети выпускаются многими фирмами во всем мире, по ним есть подробная документация, их схемы переводятся на микросхемы высокой степени интеграции и, следовательно, их цена уменьшается. С другой стороны, накоплен большой опыт их эксплуатации в самых разных режимах, для них выпускается специальная контрольная аппаратура, готовятся специалисты по обслуживанию таких сетей. Все это приводит к тому, что большинство пользователей с опаской относится к неизвестным сетям и переходят на них только тогда, когда их преимущества уж очень очевидны, или когда стандартные сети не подходят для решаемых пользователями задач в принципе.

В таблице 3.1 приведены основные характеристики некоторых наиболее распространенных локальных сетей, каждая из которых принадлежит к своему классу (по топологии, по среде передачи информации, по скорости передачи, по методу доступа и т.д.). Таблица может дать общие ориентиры пользователю, решившему установить сеть, но для окончательного выбора надо учитывать гораздо больше факторов, о которых будет рассказано в данной главе.

Отметим, что выпускаются специальные оптоволоконные трансиверы для сетей Ethernet, Token-Ring и Arcnet, позволяющие использовать для них оптоволоконный кабель, но надо учесть, что их стоимость составляет порядка 200 долларов.

Параметры	Ethernet	Token-Ring	Arcnet	FDDI
Топология	Шина	Звезда-кольцо	Звезда, шина	Кольцо
Скорость передачи,	10 (100) Мбит/с	4 (16) Мбит/с	2,5 Мбит/с	100 Мбит/с
Количество абонентов	до 1024	до 255	до 255	до 1000
Среда передачи	Коаксиальный кабель, витая пара, ОВ кабель	Витая пара, коаксиальный кабель, ОВ кабель	Коаксиальный кабель, витая пара	Оптоволочный кабель
Максимальная протяженность	2,5 км (6,5 км)	300 м	6 км	20 км
Максимальное расстояние между абонентами	1 км	90 м	600 м	2 км
Метод доступа	CSMA/CD	Маркер	Маркер	Маркер
Метод кодирования	Манчестер-II	Манчестер-II	Arcnet	4B/5B
Стоимость адаптера, USD	20 ... 800	200 ... 400	20 ... 100	2000 ... 4000

Табл. 3.1. Некоторые стандартные сети

3.1. Особенности аппаратуры сети Ethernet

Наибольшее распространение среди стандартных сетей получила сеть Ethernet. Впервые она появилась в 1972 году (разработчиком выступила известная фирма Xerox). Сеть оказалась довольно удачной, и вследствие этого ее в 1980 году поддерживали такие крупнейшие фирмы, как DEC и Intel (объединение этих фирм, поддерживающих Ethernet, назвали DIX по первым буквам их названий). Стараниями этих фирм в 1985 году сеть Ethernet стала международным стандартом, ее приняли крупнейшие международные организации по стандартам: комитет 802 IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) и ECMA (European Computer Manufacturers Association).

Стандарт получил название IEEE 802.3 (по-английски читается как "eight oh two dot three"). Он определяет множественный доступ к моноканалу типа "шина" с обнаружением конфликтов и контролем передачи, то есть с уже упоминавшимся методом доступа CSMA/CD. Вообще-то надо сказать, что этому стандарту удовлетворяют и некоторые другие сети, так как он не очень сильно детализирован. В результате сети стандарта IEEE 802.3 нередко несовместимы между собой как по конструктивным, так и по электрическим характеристикам. Основные характеристики стандарта IEEE 802.3 следующие: топология — "шина", среда передачи — коаксиальный кабель, скорость передачи — 10 Мбит/с, максимальная длина — 5 км, максимальное количество абонентов — до 1024, длина сегмента сети — до 500 м, количество абонентов на одном сегменте — до 100, метод доступа — CSMA/CD, передача узкополосная (моноканал).

Сеть Ethernet сейчас наиболее популярна в мире (более 70 миллионов абонентов сети в 1996 году, свыше 100 миллионов абонентов в 1997 году или более 80% рынка), и нет сомнения, что таковой она и останется в ближайшие годы. Этому в немалой степени способствовало то, что с самого начала все характеристики, параметры, протоколы сети были открыты для всех, в результате чего огромное число производителей во всем мире стали выпускать аппаратуру Ethernet, совместимую между собой.

В классической сети Ethernet применяется стандартный 50-омный коаксиальный

кабель двух видов (толстый и тонкий). Однако в последнее время все большее распространение получает версия Ethernet, использующая в качестве среды передачи витые пары, так как монтаж и обслуживание их гораздо проще. В последние годы появилась более быстрая версия Ethernet, работающая на скорости 100 Мбит/с (так называемый Fast Ethernet). Определен также стандарт для применения в сети оптоволоконного кабеля.

Доступ к сети осуществляется по методу CSMA/CD. Передача идет пакетами переменной длины. Предусмотрена индивидуальная, групповая и широковещательная адресация.

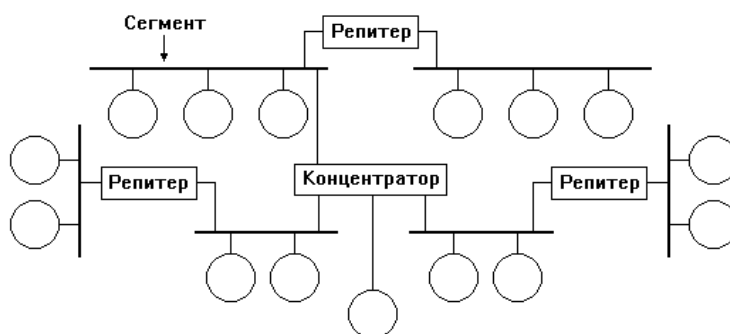


Рис. 3.1. Топология сети Ethernet

Помимо стандартной топологии типа "шина" применяются также топологии типа "пассивная звезда" и "дерево". При этом предполагается использование репитеров и пассивных (репитерных) концентраторов, соединяющих между собой различные части (сегменты) сети (рис. 3.1). В качестве сегмента может выступать единственный абонент. Главное — чтобы в полученной в результате топологии не было замкнутых путей (петель). То есть фактически получается, что абоненты соединены все в ту же "шину", так как сигнал от каждого из них распространяется сразу во все стороны и не возвращается назад. Максимальная длина кабеля всей сети в целом (максимальный путь сигнала) теоретически может достигать 6,5 километров, но практически не превышает 2,5 километров.

Остановимся чуть подробнее на расчете максимальной длины. Уже отмечалось (см. 1.6.2), что дискрет временных задержек в сети Ethernet составляет 51,2 мкс. Это максимальная величина двойного (или, как еще говорят, кругового) времени прохождения по всему кабелю сети. Если исходить из соотношения $2L/V < 51,2$ мкс, то при задержке сигнала в кабеле 4 нс/м получим максимальную длину кабеля 6,4 км. Но для метода доступа CSMA/CD есть еще одно ограничение: минимальная длительность пакета тоже должна быть больше двойного времени прохождения, то есть $2L/V$, с тем чтобы пакет не закончился до того, как все абоненты обнаружат столкновение. Отсюда следует, что минимальная длина пакета также должна составлять 51,2 мкс. То есть при длительности одного бита 100 нс (скорость передачи 10 Мбит/с) пакет должен содержать не менее, чем $51,2 \text{ мкс} : 100 \text{ нс} = 512$ бит или 64 байта. Если вернуться к структуре пакета Ethernet (рис. 1.22), то видно, что минимальная длина пакета 72 байта, но без преамбулы она равна как раз 64 байта. Отметим, что стандарт предполагает, что преамбула пакета может уменьшаться при прохождении через репитеры, концентраторы, трансиверы.

Для сети Ethernet, работающей на скорости 10 Мбит/с, стандарт определяет четыре основных типа среды передачи:

- 10BASE5 (толстый коаксиальный кабель);

- 10 BASE2 (тонкий коаксиальный кабель);
- 10BASE-T (витая пара);
- 10BASE-F (оптоволоконный кабель).

Обозначение среды передачи включает в себя три элемента: цифра "10" означает скорость передачи 10 Мбит/с, слово BASE означает передачу в основной полосе частот (то есть без модуляции высокочастотного сигнала), а последний элемент означает допустимую длину сегмента: "5" — 500 метров, "2" — 200 метров (точнее, 185 метров) или тип линии связи: "T" — витая пара (от английского "twisted-pair"), "F" — оптоволокно (от английского "fiber optic").

Точно так же для сети Ethernet, работающей на скорости 100 Мбит/с (Fast Ethernet) стандарт определяет три типа среды передачи:

- 100BASE-T4 (четверенная витая пара);
- 100BASE-TX (двойная витая пара);
- 100BASE-FX (оптоволоконный кабель).

Здесь цифра "100" означает скорость передачи 100 Мбит/с, буква "T" означает витую пару, буква "F" — оптоволоконный кабель. Типы 100BASE-TX и 100BASE-FX иногда объединяют под именем 100BASE-X.

3.1.1. Аппаратура 10BASE5 (толстый кабель)

Толстый кабель — это первый тип кабеля, который использовался в Ethernet. В настоящее время он не очень широко распространен, хотя и обеспечивает максимальную протяженность сети. Это связано в первую очередь с большими трудностями монтажа аппаратуры и сравнительно высокой ее стоимостью.

Аппаратные средства 10BASE5 представлены на рис. 3.2, а схема подсоединения адаптера к толстому кабелю — на рис. 3.3.

Толстый коаксиальный кабель имеет диаметр около 1 см и отличается высокой жесткостью. Он имеет два основных типа оболочки: стандартная PVC желтого цвета (например, кабель Belden 9880) и тефлоновая Teflon оранжево-коричневого цвета (например, кабель Belden 89880). Тефлоновый кабель ("plenum"-кабель) отличается большей устойчивостью к воздействиям окружающей среды, в частности, к огню (обычная пластиковая оболочка горит как бикфордов шнур и выделяет при этом токсичный газ). Широко распространен толстый кабель типа RG-11.

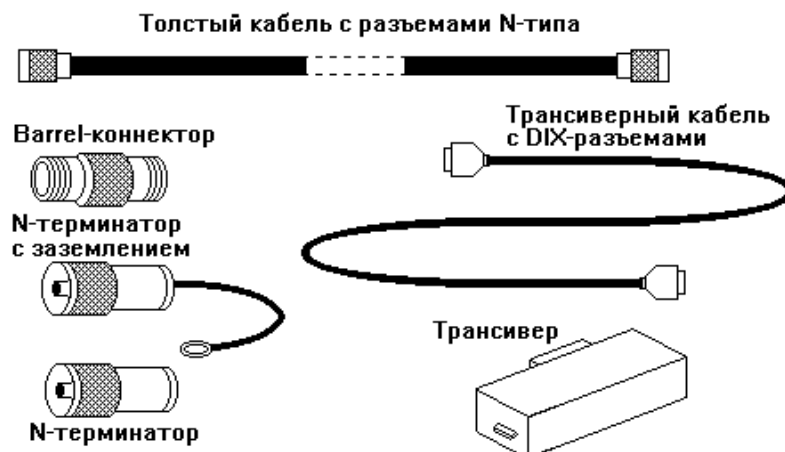


Рис. 3.2. Аппаратура 10BASE5

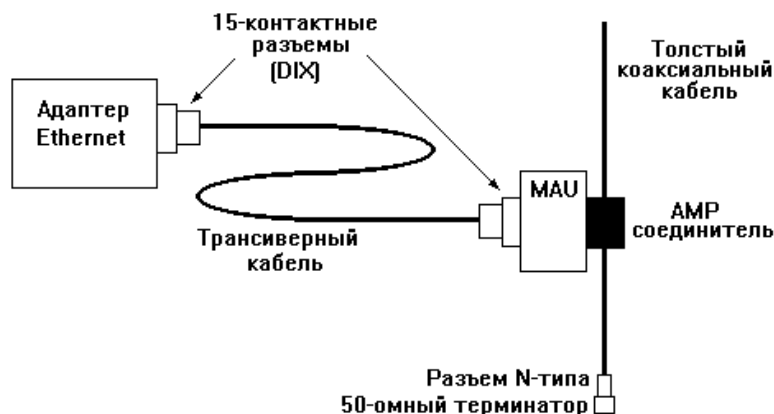


Рис. 3.3. Подсоединение адаптера к толстому кабелю

Для соединения кусков толстого коаксиального кабеля и присоединения к нему терминаторов используются разъемы так называемого N-типа, установка которых довольно сложна и требует специальных инструментов (в противном случае возможны искажения сигналов на стыках). Два разъема N-типа соединяются с помощью Barrel-коннекторов.

При выполнении сегмента сети на базе толстого кабеля желательно использовать один кусок кабеля или брать все его куски из одной партии одного производителя. В противном случае на стыках разнородных кабелей также могут быть искажения сигналов. Если кабель сегмента образуется из нескольких кусков, то с целью снижения отражений сигнала рекомендуется использовать куски длиной 23,4 метра, 70,2 метра и 117 метров (с погрешностью 0,5 метра).

На обоих концах кабеля сегмента должны быть установлены 50-омные терминаторы N-типа, один (и только один) из которых надо заземлить.

По стандарту к одному сегменту (длиной до 500 метров) не должно подключаться более 100 абонентов. Расстояния между точками их подключения не должно быть меньше, чем 2,5 метра, иначе возникают искажения сигналов. Поэтому для удобства пользователя

на оболочку кабеля часто наносятся черные полосы как раз через каждые 2,5 метра.

Для присоединения трансиверов к толстому кабелю чаще всего используются специальные соединительные устройства, предложенные корпорацией AMP, которые не требуют разрезания кабеля в точке присоединения, а просто прокалывают оболочку и изоляцию кабеля и обеспечивают механическое и электрическое соединение с оплеткой и центральной жилой кабеля. Другой тип соединителя требует разрезания кабеля и установки на оба конца разъемов, поэтому он гораздо менее популярен.

Непосредственно на кабеле размещается специальный трансивер (или MAU — Medium Attachment Unit), присоединяемый к сетевому адаптеру с помощью гибкого многопроводного трансиверного кабеля (диаметром около 1 см), имеющего на обоих концах 15-контактные разъемы (DIX-разъемы типа "вилка"). Трансивер питается от источника питания компьютера и должен потреблять не более 0,5 А от 12-вольтового источника. Длина обычного трансиверного кабеля может быть до 50 метров, а более тонкого и гибкого офисного варианта трансиверного кабеля — до 12,5 метров.

Схема соединения компьютеров сегмента сети на толстом кабеле показана на рис. 3.4.

Сетевой адаптер, работающий с толстым кабелем, должен иметь внешний 15-контактный AUI-разъем (разъем DIX типа "розетка"). Если в структуре сетевого адаптера предусмотрено переключение (тумблерами или перемычками) "Ethernet — Cheapernet", надо переключить его в режим "Ethernet" (то есть 10BASE5).

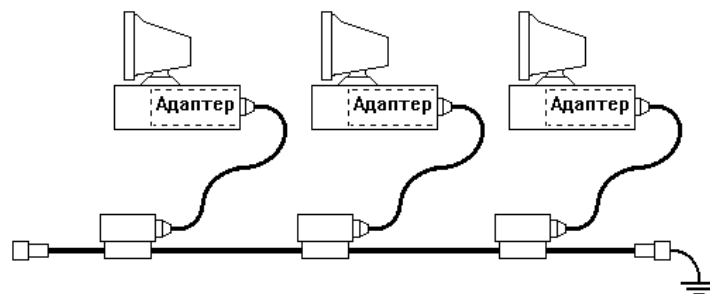


Рис. 3.4. Соединение компьютеров сети толстым кабелем

Максимальное количество сегментов при реализации сети только на толстом коаксиальном кабеле не должно превышать пяти (общая длина сети — 2,5 километра). То есть общее количество компьютеров, подсоединенных к толстому кабелю не должно превышать пятисот.

Минимальный набор оборудования для односегментной сети на толстом кабеле включает в себя следующие элементы:

- сетевые адаптеры (по числу объединяемых в сеть компьютеров);
- толстый кабель с разъемами N-типа на концах, общая длина которого достаточна для объединения всех компьютеров сети;
- трансиверные кабели с 15-контактными разъемами на концах длиной от компьютера до толстого кабеля (по количеству сетевых адаптеров);
- трансиверы (по количеству сетевых адаптеров);
- два Bartel-коннектора N-типа для присоединения терминаторов на концах кабеля;
- один N-терминатор без заземления;
- один N-терминатор с заземлением.

3.1.2. Аппаратура 10BASE2 (тонкий кабель)

Тонкий коаксиальный кабель отличается от толстого меньшей толщиной (диаметр около 5 мм), значительно большей гибкостью, большим удобством монтажа, меньшей стоимостью (примерно в три раза дешевле толстого). Не удивительно, что сети на его основе получили гораздо большее распространение. Тонкий кабель так же, как и толстый, имеет волновое сопротивление 50 Ом и требует такого же 50-омного оконечного согласования. Если толстый кабель обязательно должен быть надежно закреплен, например, на стене помещения, то тонкий кабель вполне может быть проложен навесным монтажом, что позволяет довольно просто перемещать компьютеры в пределах помещения. Самым большим недостатком тонкого кабеля является меньшая допустимая длина сегмента (до 185 метров). Иногда, правда, изготовители сетевых адаптеров указывают допустимую длину сегмента 200 метров или даже 300 метров. В последнем случае может оказаться, что такие сетевые адаптеры не могут работать с адаптерами других типов, так как используют нестандартные уровни сигналов. Наиболее распространенный тип тонкого коаксиального кабеля — это RG-58 A/U.

Аппаратура для работы с тонким кабелем (рис. 3.5) гораздо проще, чем в случае толстого кабеля. Помимо сетевых адаптеров требуются только кабели требуемой длины, разъемы, терминаторы и терминатор с заземлением (один на каждый сегмент). Между каждой парой абонентов прокладывается отдельный кусок кабеля с двумя разъемами типа BNC на концах. Минимальная длина куска кабеля (минимальное расстояние между абонентами) — 0,5 метра.

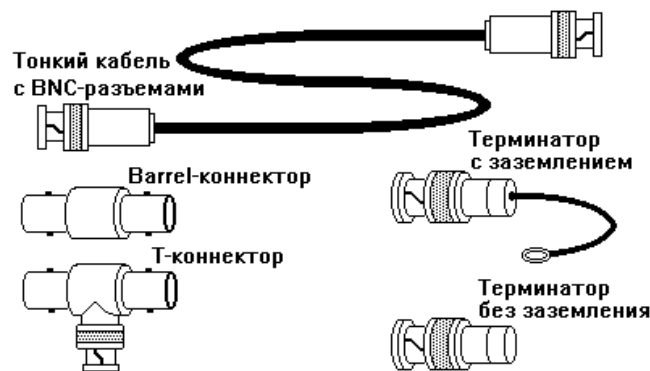


Рис. 3.5. Аппаратура 10BASE2

На плате адаптера должен находиться BNC-разъем, к которому присоединяется BNC Т-коннектор, соединяющий плату с двумя кусками кабеля (рис. 3.6). При этом если в структуре сетевого адаптера предусмотрено переключение режимов (тумблерами или перемычками) "Ethernet — Cheapernet", надо переключить адаптер в режим "Cheapernet" (это распространенное название 10BASE2).

Кому-то может показаться удобным включить между разъемом адаптера и BNC Т-коннектором отрезок кабеля и расположить соединительный узел подальше от компьютера. Но стандарт определяет, что длина такого отрезка кабеля не должна превышать 4 см. Поэтому лучше все-таки выполнять соединение именно так, как показано на рис. 3.6.

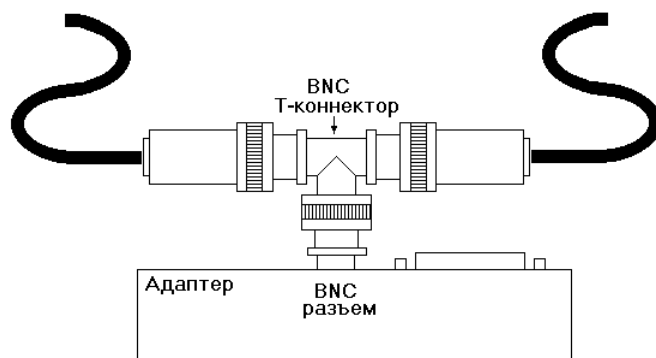


Рис. 3.6. Присоединение адаптера к тонкому коаксиальному кабелю

Отметим, что разъемы отечественного производства типа СР-50 вообще-то подходят для соединения с разъемами BNC, но совсем небольшое отличие в размерах этих разъемов приводит к тому, что их соединение требует значительных физических усилий, так что лучше все-таки придерживаться одного типа.

Если вся сеть выполняется на тонком кабеле, то, согласно стандарту, количество сегментов не должно превышать пяти (таким образом, общая длина сети составит 925 метров, потребуется четыре репитера). Максимальное количество абонентов на одном сегменте (включая репитеры) не должно быть больше 30. То есть общее число компьютеров в сети на базе тонкого кабеля не может быть больше 150.

Пример соединения компьютеров в сеть с помощью тонкого кабеля показан на рис. 3.7. Здесь, как и в случае толстого кабеля, реализуется стандартная конфигурация типа "шина".

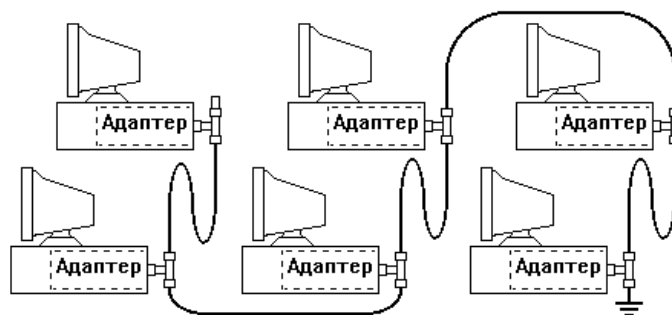


Рис. 3.7. Соединение компьютеров сети тонким кабелем

Минимальный набор оборудования для односегментной сети на тонком кабеле должен включать в себя следующие элементы:

- сетевые адаптеры (по числу объединяемых в сеть компьютеров);
- отрезки кабеля с BNC-разъемами на обоих концах, общая длина которых достаточна для объединения всех компьютеров;
- BNC T-коннекторы (по числу сетевых адаптеров);
- один BNC терминатор без заземления;
- один BNC терминатор с заземлением.

Если сеть строится из нескольких сегментов с использованием репитеров и

концентраторов, то надо учитывать, что некоторые концентраторы имеют встроенные 50-омные согласователи (иногда — отключаемые), что упрощает проблемы согласования. Если же таких встроенных согласователей нет, то надо использовать терминаторы на каждом конце каждого сегмента, и тогда перечисленная аппаратура будет требоваться для каждого сегмента.

Отметим, что в принципе возможна реализация какого-то сегмента сети на базе отрезков кабелей разного типа (толстого и тонкого). В этом случае для расчета допустимой длины сегмента кабеля можно воспользоваться следующим простым соотношением:

$$(3,28 \times L_{\text{ТН}}) + L_{\text{ТЛ}} < 500 \text{ м},$$

где $L_{\text{ТН}}$ и $L_{\text{ТЛ}}$ — соответственно длина тонкого и толстого кабеля.

3.1.3. Аппаратура 10BASE-T (витая пара)

Сеть Ethernet на базе витой пары развивается с 1990 года и становится все более популярной, постепенно вытесняя "классический" Ethernet на основе коаксиального кабеля. В данной разновидности Ethernet передача сигналов осуществляется по двум витым парам проводов, каждая из которых передает только в одну сторону (одна пара — передающая, другая — принимающая). Кабелем, содержащим такие двойные витые пары, каждый из абонентов сети присоединяется к концентратору, использование которого в данном случае в отличие от рассмотренных ранее обязательно. Концентратор производит смешение сигналов от абонентов для реализации метода доступа CSMA/CD, то есть в данном случае реализуется конфигурация "пассивная звезда" (рис. 3.8), которая, как уже отмечалось, равноценна конфигурации "шина".

Длина соединительного кабеля между адаптером и концентратором не должна превышать 100 метров. Кабель используется гибкий, диаметром около 6 мм. Наиболее распространенный тип кабеля — это телефонный кабель EIA/TIA категории 3. Более качественный кабель — это кабель категории 5, который позволяет также осуществлять передачу данных на частоте 100 Мбит/с. Популярен кабель марки AWG 22-26. Кабели присоединяются 8-контактными разъемами типа RJ-45, в которых используются только четыре контакта. В концентраторах иногда применяются также 50-контактные разъемы типа Telco. Ни в коем случае нельзя применять телефонные кабели, в которых провода не образуют витых пар, так как это вызывает нарушения в работе сети.

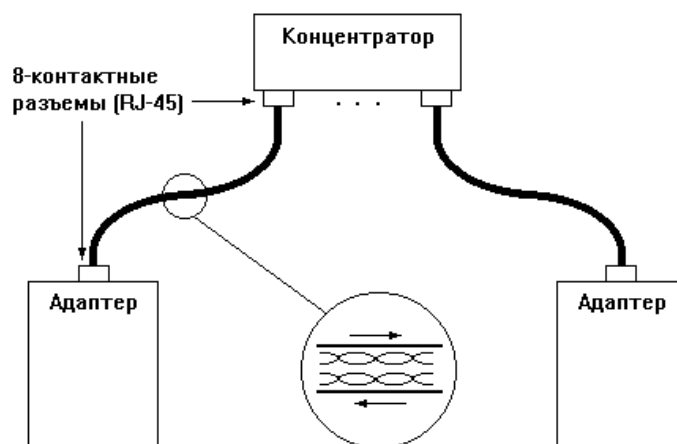


Рис. 3.8. Подключения абонентов сети с помощью витой пары

Монтаж и обслуживание кабелей с витыми парами (UTP-кабелей) гораздо проще, чем коаксиальных кабелей, так как они не имеют металлической оплетки. В этом, собственно, и состоит главная причина популярности стандарта 10BASE-T несмотря на то, что аппаратура для него стоит дороже, чем, например, для 10BASE2 (обязательно нужен концентратор). Что касается стоимости кабеля, то UTP-кабели стоят примерно вдвое дешевле, чем тонкий коаксиальный кабель, но при этом надо учитывать, что в случае конфигурации "пассивная звезда" кабеля обычно требуется гораздо больше, чем при конфигурации типа "шина".

Передача по витым парам ведется дифференциальными сигналами с целью увеличения помехоустойчивости сети, то есть ни один из проводов этих витых пар не заземляется.

Если надо объединить в сеть всего два компьютера, можно обойтись без концентратора, применив специальный "перекрестный" кабель (crossover cable), который соединяет передающие контакты одного разъема RJ-45 с приемными контактами другого разъема RJ-45 и наоборот (рис. 3.9). Обычно же используется "прямой" кабель, в котором соединяются между собой одинаковые контакты обоих разъемов. На такой "прямой" кабель, как правило, рассчитаны концентраторы. Надо, правда, учитывать, что иногда перекрестное соединение имеется внутри порта концентратора (стандарт рекомендует помечать такой порт буквой "X"), так что, выполняя соединения в сети, надо быть очень аккуратным.

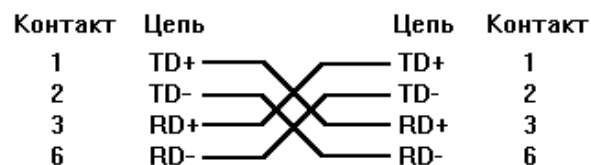


Рис. 3.9. Схема соединений в "перекрестном" кабеле

Следует также отметить, такую особенность адаптеров и концентраторов, рассчитанных на работу с витой парой, как наличие в них встроенного контроля правильности соединения сети. То есть при отсутствии передачи информации они непрерывно передают тестовый сигнал (NLP — Normal Link Pulse), по наличию которого определяется целостность кабеля. Для визуального контроля правильности соединений предусмотрены специальные светодиоды "Link", которые горят при правильном соединении аппаратуры. Это очень удобно и выгодно отличает 10BASE-T от 10BASE2 и 10BASE5, где подобная функция не предусмотрена.

Минимальный набор оборудования для сети на витой паре включает в себя следующие элементы:

- сетевые адаптеры (по числу объединяемых в сеть компьютеров), имеющие UTP-разъемы;
- отрезки кабеля с разъемами RJ-45 на обоих концах (по числу объединяемых компьютеров);
- один концентратор, имеющий столько UTP-портов, сколько необходимо объединить компьютеров.

Пример соединения компьютеров сети на витой паре показан на рис. 3.10.

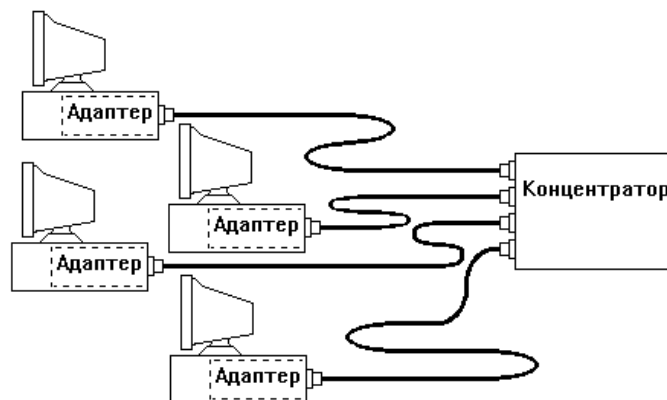


Рис. 3.10. Соединение компьютеров сети на витой паре

3.1.4. Аппаратура 10BASE-FL (оптоволоконный кабель)

Широко применять оптоволоконный кабель в Ethernet начали сравнительно недавно. Его применение позволило увеличивать допустимую длину сегмента и существенно повысить помехоустойчивость передачи. Немаловажна также и полная гальваническая развязка компьютеров сети, которая достигается здесь без всякой дополнительной аппаратуры, просто в силу специфики среды передачи.

Передача информации в данном случае идет по двум оптоволоконным кабелям, передающим сигналы в разные стороны. Иногда используются двухпроводные оптоволоконные кабели, содержащие два кабеля в общей оболочке, но чаще — два одиночных кабеля. Вопреки распространенному мнению, стоимость оптоволоконного кабеля не слишком высока (она близка к стоимости тонкого коаксиального кабеля).

Аппаратура 10BASE-FL имеет сходство как с аппаратурой 10BASE5 (здесь тоже применяются внешние трансиверы, соединенные с адаптером трансиверным кабелем), так и с аппаратурой 10BASE-T (здесь также применяются топология типа "пассивная звезда" и два разнонаправленных кабеля). Схема соединения сетевого адаптера и концентратора показана на рис. 3.11.

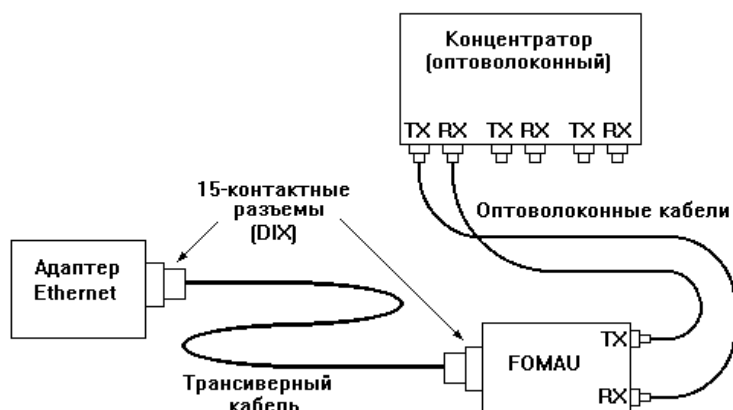


Рис. 3.11. Соединение адаптера и концентратора в 10BASE-FL

Оптоволоконный трансивер называется FOMAU (Fiber Optic MAU). Он выполняет все функции обычного трансивера (MAU), но кроме того преобразует электрический сигнал в оптический и наоборот, а также формирует и контролирует сигнал целостности линии связи, передаваемый в паузах между передаваемыми пакетами. Для присоединения трансивера к адаптеру применяется стандартный AUI-кабель, такой же, как и в случае 10BASE5, но длина его не должна превышать 25 метров.

Длина оптоволоконных кабелей, соединяющих трансивер и репитер может достигать 2 километров. Надо также учитывать, что те же самые оптоволоконные кабели можно использовать и для передачи на скорости 100 Мбит/с (Fast Ethernet).

Первоначально оптоволоконная связь применялась преимущественно для связи между репитерами. Поэтому стандарт FOIRL (Fiber Optic Inter-Repeater Link), разработанный в начале восьмидесятых, предполагал как раз связь между двумя репитерами на расстояние до 1000 метров. Затем были разработаны оптоволоконные трансиверы для подключения к репитеру отдельных компьютеров и стандарт 10BASE-F, включающий в себя следующие три типа сегментов:

- 10BASE-FL — заменил старый стандарт FOIRL и наиболее распространен в настоящее время. Он обеспечивает связь между двумя компьютерами, между двумя репитерами или между компьютером и репитером. Максимальное расстояние — до 2000 метров.
- 10BASE-FB — предназначен для синхронного обмена между несколькими репитерами с целью образования базовой распределенной репитерной системы. Максимальное расстояние — до 2000 метров. Широкого распространения не получил.
- 10BASE-FP — предназначен для объединения в "пассивную звезду" без использования репитеров до 33 компьютеров (применяются специальные оптические разветвители). Максимальное расстояние — до 500 метров. Широкого распространения этот тип также не получил.

Стандартный оптоволоконный кабель 10BASE-FL должен иметь на обоих концах оптоволоконные байонетные ST-разъемы (стандарт BFOC/2.5). Присоединение этого разъема не сложнее, чем BNC-разъема в сети 10BASE2. Однако следует учитывать, что установка разъема на кабель невозможна без применения специального оборудования, так как требует для снижения потерь микронной точности совмещения оптоволоконка и разъема. Поэтому оптоволоконные кабели обычно поставляются уже кусками требуемой длины с установленными на них разъемами.

В соответствии со стандартом, длина волны передаваемого светового сигнала — 850 нанометров. Суммарные оптические потери в сегменте (как в кабеле, так и в разъемах) не должны превышать 12,5 дБ. При этом потери в кабеле составляют около 5 дБ на километр длины кабеля, а потери в разъеме — от 0,5 до 2,0 дБ.

Пример соединения компьютеров с помощью оптоволоконного кабеля в "пассивную звезду" показан на рис. 3.12.

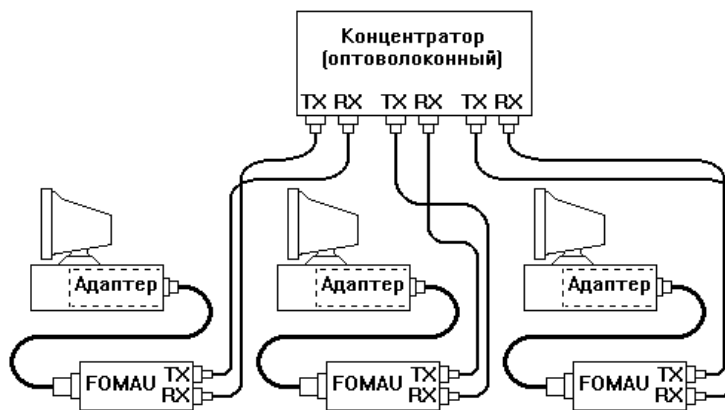


Рис. 3.12. Объединение компьютеров в "пассивную звезду" по стандарту 10BASE-FL

Минимальный набор оборудования для соединения оптоволоконным кабелем двух компьютеров включает в себя следующие элементы:

- два сетевых адаптера с трансиверными разъемами;
- два оптоволоконных трансивера (FOMAУ);
- два трансиверных кабеля;
- два оптоволоконных кабеля с ST-разъемами на концах.

Если требуется соединить больше двух компьютеров, то надо использовать концентратор.

3.1.5. Выбор конфигурации Ethernet

При выборе конфигурации сети, состоящей из сегментов различных типов, возникает много вопросов, связанных прежде всего с максимально допустимым размером сети и максимально возможным числом различных элементов. Рассмотрим кратко простые методы решения этих вопросов.

Прежде всего отметим, что для получения сложных конфигураций Ethernet из отдельных сегментов применяются концентраторы двух уже упоминавшихся основных типов:

- репитерные концентраторы, которые представляют собой набор репитеров и никак логически не разделяют сегменты, подключенные к ним;
- коммутирующие (switching) концентраторы или коммутаторы, которые передают информацию между сегментами, но не передают конфликты с сегмента на сегмент.

То есть в случае более сложных коммутирующих концентраторов конфликты в отдельных сегментах решаются на месте, в самих сегментах, они не распространяются по сети, как в случае более простых репитерных концентраторов. Это имеет принципиальное значение для выбора топологии сети Ethernet, так как используемый в ней метод доступа CSMA/CD предполагает наличие конфликтов и их разрешение, причем общая длина сети как раз и определяется размером зоны конфликта (collision domain). Таким образом, применение репитерного концентратора не разделяет зону конфликта, в то время как каждый коммутирующий концентратор делит зону конфликта на две части.

На практике репитерные концентраторы применяются гораздо чаще, так как они проще и дешевле. Поэтому мы будем в основном говорить в дальнейшем именно о них.

При выборе конфигурации Ethernet используются две основные модели. Остановимся кратко на их особенностях.

Первая модель формулирует набор правил, которые необходимо соблюдать при соединении отдельных компьютеров и сегментов:

- Репитер или концентратор, подключенный к сегменту, снижает на единицу максимальное число абонентов, подключаемых к сегменту.
- Полный путь между двумя любыми абонентами должен включать в себя не более пяти сегментов, четырех концентраторов (репитеров) и двух трансиверов.
- Если путь между абонентами состоит из пяти сегментов и четырех концентраторов (репитеров), то количество сегментов, к которым подключены абоненты, не должно превышать трех, а остальные сегменты должны просто связывать между собой концентраторы (репитеры).
- Если путь между абонентами состоит из четырех сегментов и трех концентраторов (репитеров), то
 - максимальная длина оптоволоконного кабеля 10BASE-FL, соединяющего между собой концентраторы (репитеры), не должна превышать 1000 метров;
 - максимальная длина оптоволоконного кабеля 10BASE-FL, соединяющего концентраторы (репитеры) с компьютерами, не должна превышать 400 метров;
 - ко всем сегментам могут подключаться компьютеры.

При выполнении этих правил можно быть уверенным, что сеть будет работоспособной. Никаких дополнительных расчетов в данном случае не требуется. На рис. 3.13 показан пример максимальной конфигурации, удовлетворяющей этим правилам. Здесь максимально возможный путь реализован между двумя нижними абонентами: он включает в себя пять сегментов и четыре концентратора (репитера).

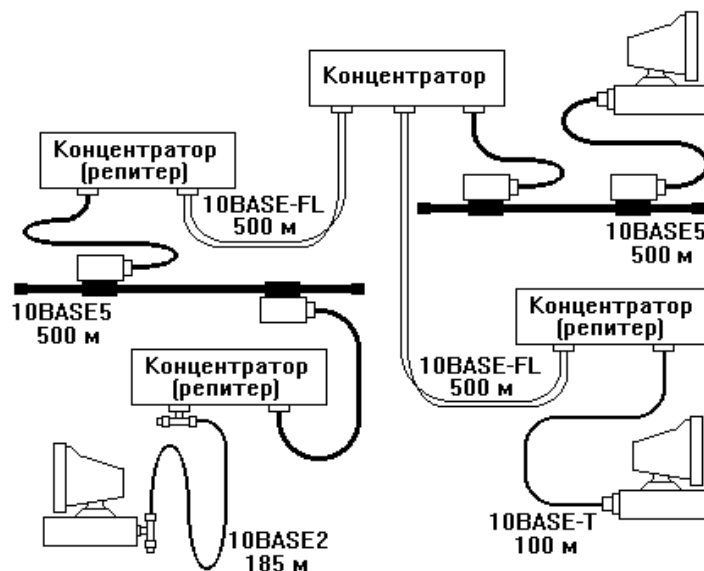


Рис. 3.13. Пример максимальной конфигурации соответствию с первой моделью

Вторая модель, применяемая для оценки конфигурации Ethernet, основана на

подсчете временных характеристик данной конфигурации. В ней применяется две системы расчетов: одна предполагает вычисление двойного (кругового) времени прохождения сигнала по сети, а другая — проверка допустимости получаемого межкадрового (межпакетного) временного интервала. При этом расчеты в обеих системах расчетов ведутся для наихудшего случая.

При первой системе расчетов используются такие понятия, как "начальный сегмент", "промежуточный сегмент" и "конечный сегмент". Отметим, что промежуточных сегментов может быть несколько, а начальный и конечный сегменты при разных расчетах могут меняться местами. Для расчетов используются величины задержек, представленные в таблице 3.2.

Тип сегмента Ethernet	Макс. длина м	Начальный сегмент		Промежуточный сегмент		Конечный сегмент		Задержка на метр длины, tl
		to	tm	to	tm	to	tm	
10BASE5	500	11,8	55,0	46,5	89,8	169,5	212,8	0,087
10BASE2	185	11,8	30,8	46,5	65,5	169,5	188,5	0,103
10BASE-T	100	15,3	26,6	42,0	53,3	165,0	176,3	0,113
10BASE-FL	2000	12,3	212,3	33,5	233,5	156,5	356,5	0,100
FOIRL	1000	7,8	107,8	29,0	129,0	152,0	252,0	0,100
AUI	50	0	5,1	0	5,1	0	5,1	0,103

Табл. 3.2. Величины задержек для расчета двойного (кругового) времени прохождения сигнала (задержки даны в битовых интервалах)

Расчет сводится к следующему:

- в сети выделяется путь наибольшей длины;
- если длина сегмента не максимальна, то рассчитывается двойное (круговое) время прохождения в каждом сегменте выделенного пути по формуле: $t_s = Ltl + t_o$, где L — длина сегмента в метрах (при этом надо учитывать, тип сегмента: начальный, промежуточный или конечный);
- если длина сегмента максимальна, то из таблицы для него берется величина задержки t_m ;
- суммарная величина задержек всех сегментов выделенного пути не должна превышать 512 битовых интервалов (51,2 мкс);
- затем необходимо проделать те же действия для обратного направления выбранного пути (то есть в данном случае мы считаем конечный сегмент начальным и наоборот);
- если задержки в обоих случаях не превышают 512 битовых интервалов, то сеть работоспособна.

Например, для конфигурации, показанной на рис. 3.13, путь наибольшей длины — это путь между двумя нижними по рисунку компьютерами. Он включает в себя пять сегментов: 10BASE2, 10BASE5, 10BASE-FL (два сегмента) и 10BASE-T.

Произведем расчет, считая начальным сегментом 10BASE2, а конечным 10BASE-T:

1. Начальный сегмент 10BASE2 имеет максимальную длину (185 метров), следовательно, для него берем из таблицы величину задержки 30,8.
2. Промежуточный сегмент 10BASE5 также имеет максимальную длину (500 метров),

- поэтому для него берем из таблицы величину задержки 89,8.
3. Оба промежуточных сегмента 10BASE-FL имеют длину 500 метров, следовательно, задержка каждого из них будет вычисляться по формуле: $500 \cdot 0,100 + 33,5 = 83,5$.
 4. Конечный сегмент 10BASE-T имеет максимальную длину (100 метров), поэтому берем для него величину задержки из таблицы 176,3.
 5. В путь наибольшей длины входят также шесть AUI-кабелей: два из них (в сегменте 10BASE5) показаны на рисунке, а четыре (в двух сегментах 10BASE-FL) не показаны, но в реальности вполне могут присутствовать. Будем считать, что суммарная длина всех этих кабелей равна 200 метрам, то есть четырем максимальным длинам. Тогда задержка на всех AUI-кабелях будет равна $4 \cdot 5,1 = 20,4$.
 6. В результате суммарная задержка для всех пяти сегментов составит:
 $30,8 + 89,8 + 83,5 + 83,5 + 176,3 + 20,4 = 484,3$,
что меньше, чем 512, то есть сеть работоспособна.

При аналогичном расчете суммарной задержки в предположении, что начальный сегмент — это 10BASE-T, а конечный — это 10BASE2, изменятся только два слагаемых (промежуточные сегменты остаются промежуточными): $26,6 + 83,5 + 83,5 + 89,8 + 188,5 + 20,4 = 492,3$, что опять же меньше 512. Работоспособность сети подтверждена.

Если в выбранной вами конфигурации сети путь наибольшей длины не столь очевиден, то подобные расчеты необходимо произвести для всех путей, претендующих на наибольшую задержку сигнала. В любом случае двойное время прохождения не должно превышать 51,2 мкс (512 битовых интервалов).

Однако расчета двойного времени прохождения, в соответствии со стандартом, не достаточно, чтобы сделать окончательный вывод о работоспособности сети.

Второй расчет, применяемый в данной модели, проверяет соответствие стандарту величины межкадрового интервала. Эта величина не должна быть меньше, чем 96 битовых интервалов (9,6 мкс). Однако при прохождении пакетов (кадров) через репитеры и концентраторы межкадровый интервал может сокращаться, вследствие чего два пакета могут в конце концов восприниматься как один. Для вычислений здесь так же, как и в предыдущем случае, используются понятия начального сегмента и промежуточного сегмента (конечный сегмент не вносит вклада в сокращение межкадрового интервала, так как пакет доходит по нему до принимающего компьютера без прохождения репитеров и концентраторов).

Вычисления здесь очень простые. Величина сокращения межкадрового интервала для сегментов 10BASE2, 10BASE5 и 10BASE-T берется равной 16 битовым интервалам в случае начального сегмента и 11 битовым интервалам в случае промежуточного сегмента. Для сегментов 10BASE-FL эти величины составляют 11 битовых интервалов в случае начального сегмента и 8 битовых интервалов в случае промежуточного сегмента. Суммируя величины сокращений межкадрового интервала для наибольшего пути в выбранной конфигурации и сравнивая сумму с предельной величиной в 49 битовых интервалов (4,9 мкс), мы можем сделать вывод о работоспособности сети.

Для примера обратимся все к той же конфигурации, показанной на рис. 3.13. Максимальный путь здесь — между двумя нижними по рисунку компьютерами. Берем в качестве начального сегмента 10BASE2. Для него сокращение межкадрового интервала равно 16. Далее следуют промежуточные сегменты: 10BASE5 (величина сокращения составит 11) и два сегмента 10BASE-FL (каждый из них внесет свой вклад по 8 битовых интервалов). В результате суммарное сокращение межкадрового интервала составит: $16 + 11 + 8 + 8 = 43$, что меньше предельной величины 49. Следовательно, данная конфигурация и по этому показателю будет работоспособна. Вычисления для обратного направления по этому же пути дадут в данном случае тот же результат.

Таким образом, для оценки работоспособности той или иной конфигурации можно использовать обе модели, хотя для сложных топологий и предельно длинных сегментов предпочтительнее вторая (числовая) модель, позволяющая количественно оценить временные характеристики сети. В случае же более простых топологий вполне достаточно проверить выполнение правил первой модели, что не требует никаких расчетов.

3.1.6. Адаптеры, репитеры и концентраторы Ethernet

Так как сеть Ethernet в настоящее время распространена наиболее широко, а ее аппаратура выпускается наибольшим числом производителей, остановимся подробнее на некоторых особенностях ее аппаратных средств. Впрочем, многое из сказанного в этом разделе относится не только к Ethernet, но и к аппаратуре других, менее популярных сетей.

Адаптеры Ethernet чаще всего представляют собой плату (карту) расширения, вставляемую в свободный разъем (слот) системной магистрали компьютера. Больше всего адаптеров ориентированы на магистраль ISA, но с каждым годом появляется все больше адаптеров, рассчитанных на более быструю 32-разрядную магистраль PCI. Реже встречаются адаптеры для 32-разрядных магистралей EISA и MCA. Адаптеры ISA бывают 8 и 16-разрядными. Очевидно, что 16-разрядные адаптеры обеспечивают более высокую реальную скорость обмена, так как за один цикл обмена с ними передается не один байт, а два. Но отсюда вовсе не следует, что скорость обмена по сети с 16-разрядными адаптерами будет вдвое выше, чем с 8-разрядными. Ведь на реальную скорость обмена по сети влияют также пропускная способность самой сети (10 Мбит/с для Ethernet), режимы обмена с буферной памятью адаптера (программный обмен, прямой доступ к памяти, разделяемая память), размер буферной памяти, степень "интеллектуальности" адаптера, а также скорость обмена с диском компьютера. По этой же причине переход с ISA на PCI тоже может не дать заметного выигрыша в скорости обмена. ISA-адаптеры могут устанавливаться в магистраль EISA, но полностью несовместимы с PCI и MCA. Адаптеры EISA, PCI и MCA несовместимы с другими магистралями.

Адаптеры Ethernet бывают также ориентированы на стандартный последовательный интерфейс RS-232C, на принтерный порт Centronics или на интерфейс PCMCIA. Эти решения применяются в основном для портативных компьютеров типа Notebook, так как в них не предусмотрена возможность подключения к системной магистрали.

Обычно плата адаптера использует адреса портов ввода/вывода, которые выбираются переключками или переключателями на плате. Прежде чем выбрать значения адресов адаптера необходимо проверить, чтобы в данном компьютере эти адреса были свободны, иначе возможны конфликты. Кроме того адаптер, как правило, использует одно из аппаратных прерываний компьютера. Номер канала прерывания, используемого адаптером, также чаще всего выбирается переключками или переключателями. Прежде чем выбрать номер используемого прерывания необходимо также проверить, чтобы это прерывание не использовалось другими устройствами. Иногда адаптер использует режим прямого доступа к памяти (ПДП), номер которого также выбирается переключками или переключателями. Выбирать номер канала ПДП также надо таким образом, чтобы не было конфликтов с другими устройствами компьютера. Информацию о свободных адресах, номерах каналов прерывания и ПДП можно получить из тестовых программ.

Стандартное распределение адресов устройств ввода/вывода и каналов прерываний компьютера приведено в приложении.

Многие адаптеры Ethernet позволяют организовывать бездисковые рабочие станции сети, то есть компьютеры, загрузка операционной системы в которые выполняется по сети. Программа начальной загрузки располагается в данном случае в микросхеме ППЗУ, устанавливаемой на плате адаптера. Адреса этого загрузочного ППЗУ также могут

выбираться перемычками или переключателями. Выбирать их надо исходя из имеющегося в компьютере распределения адресов памяти.

Чаще всего адаптер Ethernet имеет два внешних разъема (коаксиальный BNC и 15-контактный AUI или коаксиальный BNC и 8-контактный RJ-45 или 15-контактный AUI и 8-контактный RJ-45). То есть к плате адаптера можно подключить тонкий кабель, толстый кабель (через трансивер) или витую пару. Для выбора используемого типа кабеля также применяются перемычки или переключатели (обычно их несколько, и переключать их надо обязательно все вместе).

В последнее время появились адаптеры, в которых выбор адресов и каналов прерываний и ПДП производится не переключателями, а с помощью специальной программы установки (так называемые jumperless-адаптеры). Это, конечно, гораздо удобнее. При запуске программы пользователю предлагается установить конфигурацию аппаратуры при помощи простого меню: выбрать адреса ввода/вывода, номер канала прерывания, ПДП, адреса загрузочного ППЗУ и тип используемого внешнего разъема (тип среды передачи). Эта же программа позволяет произвести самотестирование адаптера. Часто предусматривается и возможность автоконфигурации адаптера, то есть автоматического выбора всех его параметров.

Отметим, что все операции по конфигурированию сетевого адаптера необходимо проводить в строгом соответствии с документацией, поставляемой вместе с ним, так как каждый из многочисленных производителей адаптеров обычно вносит в них что-то свое, оригинальное. Поэтому никакие более подробные универсальные рекомендаций попросту невозможны. Впрочем, это относится к любым электронным устройствам.

Конечно, все адаптеры Ethernet совместимы с основными сетевыми операционными системами, в первую очередь, с наиболее распространенными сетевыми программными средствами фирмы Novell. Это достигается применением поставляемых вместе с ними программных драйверов. Тем не менее, не все типы адаптеров равноценны в смысле совместимости. Некоторые из них стали фактическими стандартами, и при их покупке есть уверенность, что не возникнет никаких проблем с любыми сетевыми пакетами. Речь идет, например, об адаптерах типа NE1000 (8-рядный) и NE2000 (16-рядный). Поэтому если есть возможность, лучше приобретать те адаптеры, которые изготовители рекламируют как полностью NE2000-совместимые.

Отдельно стоит отметить продукцию фирмы 3COM — одного из лидеров по производству сетевой аппаратуры. Фирма 3COM выпускает адаптеры для тонкого коаксиального кабеля, обеспечивающие максимальную длину сегмента 300 м, но они несовместимы с адаптерами, выпускаемыми другими фирмами. Точно так же адаптеры фирмы 3COM для толстого коаксиального кабеля, позволяющие увеличивать длину сегмента до 1000 метров, но тоже несовместимы с адаптерами других фирм. Как те, так и другие адаптеры 3COM (называются они EtherLink) существенно дороже, чем "обычные", поставляемые другими фирмами (иногда их стоимость выше в 4—5 раз). Зато их производительность, как правило, выше (до 50%), например, реальная скорость обмена между компьютерами может достигать 900—1000 Кбайт/с. К тому же адаптеры 3COM совместимы с компьютерами фирмы DEC (Digital), одного из авторов Ethernet, которые комплектуются встроенными адаптерами Ethernet. Для сопряжения же с адаптерами других фирм 3COM выпускает специальные интерфейсные модули.

Теперь несколько слов о репитерах и концентраторах. Как уже отмечалось, в случае небольших сетей 10BASE2 или 10BASE5 вполне можно обойтись и без них. Если же нужна большая и протяженная сеть, или используется витая пара 10BASE-T, то применение их необходимо.

Чаще всего репитеры и концентраторы выполняются в виде отдельных автономных блоков, имеющих внутренний или внешний источник питания. Некоторые концентраторы рассчитаны на подключение жестко заданного количества сегментов определенного типа

(например, четыре сегмента 10BASE2). Другие (более дорогие) имеют модульную структуру и позволяют гибко приспосабливать их к заданной конфигурации сети. В этом случае в конструктив (каркас) концентратора может быть установлено различное число сменных модулей, каждый из которых ориентирован на один или несколько сегментов какого-нибудь типа и имеет соответствующие разъемы для подключения кабеля сети (например, BNC, AUI, RJ-45, ST-разъемы). Обычно количество подключаемых сегментов выбирается кратным четырем: 4, 8, 12, 16, 24.

Существуют также совсем простые и самые дешевые репитеры и концентраторы, выполненные в виде платы, вставляемой в разъем системной магистрали ISA компьютера (из магистрали они берут при этом только питание). Недостаток такого решения состоит в том, что для работы сети необходимо, чтобы компьютер, в который включена плата репитера (концентратора), был постоянно включен (в идеале — круглосуточно). При выключении питания этого компьютера связь по сети становится невозможной.

3.2. Особенности аппаратуры сети Fast Ethernet

Сеть Fast Ethernet — это составная часть стандарта IEEE 802.3, появившаяся совсем недавно, в 1995 году. Она представляет собой более быструю версию стандартной сети Ethernet, использующую все тот же метод доступа CSMA/CD, но работающую на значительно большей скорости передачи 100 Мбит/с. Сохраняется также в Fast Ethernet формат пакета (кадра), принятый в классической версии Ethernet. С целью сохранения совместимости с более ранними версиями Ethernet стандарт определяет для Fast Ethernet специальный механизм автоматического определения скорости передачи в режиме автодиалога (оригинальное название — Auto-Negotiation), что позволяет сетевым адаптерам Fast Ethernet автоматически переключаться со скорости 10 Мбит/с на скорость 100 Мбит/с и наоборот.

Все это приводит к росту популярности сети Fast Ethernet несмотря на сравнительно высокую стоимость ее аппаратуры (например, адаптеры для Fast Ethernet примерно вдвое дороже, чем для Ethernet). В тех случаях, когда требуется высокая пропускная способность сети (например, при передаче динамических изображений), Fast Ethernet часто оказывается вполне приемлемым решением.

Впрочем, при выборе между Fast Ethernet и Ethernet надо учитывать не только стоимостные показатели, но и то, могут ли компьютеры, входящие в сеть, поддерживать столь высокую скорость обмена. Естественно, высокая пропускная способность среды передачи — это в любом случае хорошо, так как при этом резко снижается нагрузка на сеть (при том же объеме передаваемой информации), и уменьшается вероятность конфликтов. Но если компьютеры сети (в первую очередь, их жесткие диски, винчестеры) не отличаются высоким быстродействием, то реальная скорость обмена в сети может быть очень далека от желаемых 100 Мбит/с и даже от 10 Мбит/с. То есть надо помнить, что пропускная способность сети и действительная скорость обмена информацией между компьютерами — это совсем не одно и то же.

Основная топология сети Fast Ethernet — это пассивная звезда, что сближает ее с такими типами традиционной сети Ethernet, как 10BASE-T и 10BASE-FL. Точно так же Fast Ethernet требует обязательного применения концентраторов, причем, естественно, более дорогих, чем в случае Ethernet. Концентраторы, как и в случае Ethernet, могут соединяться связными сегментами между собой, что позволяет строить довольно сложные конфигурации.

Стандарт определяет три типа среды передачи для Fast Ethernet:

- 100BASE-T4, то есть передача идет со скоростью 100 Мбит/с в основной полосе частот по четырем витым парам электрических проводов;

- 100BASE-TX, то есть передача идет со скоростью 100 Мбит/с в основной полосе часто по двум витым парам электрических проводов;
- 100BASE-FX, то есть передача идет со скоростью 100 Мбит/с в основной полосе частот по двум оптоволоконным кабелям.

Стандарты 100BASE-TX и 100BASE-FX основаны на стандартах ANSI (American National Standards Institute), разработанных первоначально для оптоволоконной сети FDDI, и часто объединяются под названием 100BASE-X. Стандарты 100BASE-T4 и 100BASE-TX объединяются названием 100BASE-T. Отметим также, что стандарт 100BASE-T4 был предложен для того, чтобы использовать витые пары более низкого качества.

Для присоединения сетевого адаптера к сетевому кабелю в сети Fast Ethernet иногда используются специальные трансиверы, ориентированные на какой-то один тип кабеля (в этом случае применяемый сетевой адаптер не зависит от типа среды передачи, что повышает гибкость системы). Трансивер при этом подключается к адаптеру трансиверным кабелем длиной до 0,5 м, оснащенным 40-контактным разъемом. Однако гораздо чаще сетевой адаптер ориентируется изготовителем на какой-то один, неизменный тип среды передачи, и трансивер при этом, естественно, уже не требуется, так как сетевой кабель подключается непосредственно к адаптеру. Адаптер в данном случае оснащается соответствующим кабелю разъемом.

Стандарт определяет два типа (класса) репитеров (концентраторов) для Fast Ethernet:

- Репитеры Класса I характеризуются тем, что они преобразуют приходящие по сегментам сигналы в цифровую форму прежде чем передавать их во все другие сегменты. Поэтому к ним можно подсоединять сегменты разных типов: 100BASE-TX, 100BASE-T4 и 100BASE-FX. Но процесс преобразования требует временной задержки, поэтому можно использовать только один репитер Класса I в пределах одной зоны конфликта (collision domain).
- Репитеры Класса II непосредственно повторяют приходящие на них сигналы и передают их в другие сегменты без преобразования. Поэтому к ним можно подключать только сегменты одного типа (например, 100BASE-TX) или сегменты, использующие одну систему сигналов (например, 100BASE-TX и 100BASE-FX). Задержка в репитерах Класса II меньше, чем в репитерах Класса I, поэтому можно применять два таких репитера в пределах одной зоны конфликта (collision domain).

Отметим также, что к репитерам (концентраторам) Класса I можно подключать специальные удаленные управляющие станции, которые предназначены для контроля за нагрузкой сети и за интенсивностью ошибок в сети, а также для автоматического отключения неисправных сегментов. При этом для обмена с управляющей станцией применяется специально разработанный протокол обмена SNMP (Simple Network Management Protocol).

Согласно стандарту, репитеры (концентраторы) Fast Ethernet должны иметь маркировку класcа в виде римских цифр I и II, заключенных в кружок.

3.2.1. Аппаратура 100BASE-TX (Fast Ethernet, сдвоенная витая пара)

Схема объединения компьютеров в сеть 100BASE-TX практически ничем не

отличается от схемы в случае 10BASE-T (рис. 3.14).

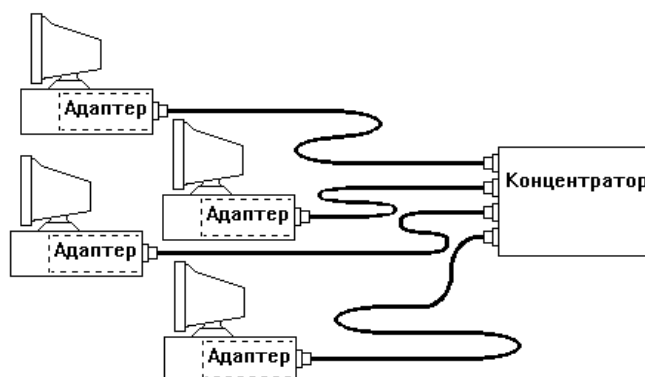


Рис. 3.14. Схема объединения компьютеров для 100BASE-TX

Для присоединения незранированных кабелей, содержащих две витые пары (волновое сопротивление 100 Ом), так же, как и в 10BASE-T используются 8-контактные разъемы типа RJ-45. Но эти разъемы (категории 5) несколько отличаются от разъемов категории 3. Длина кабеля так же не может превышать 100 метров. Так же используется топология типа "пассивная звезда" с концентратором в центре. Только сетевые адаптеры должны быть Fast Ethernet, концентратор должен быть рассчитан на подключение сегментов 100BASE-TX, и кабель должен быть более совершенным (категории 5). Между адаптерами и сетевыми кабелями могут включаться трансиверы.

Отметим, что если в случае 10BASE-T предельная длина кабеля в 100 метров ограничена только качеством кабеля (точнее, потерями в нем) и в принципе может быть увеличена при использовании более совершенного кабеля (например, до 150 метров), то в случае 100BASE-TX предельная длина 100 метров определяется заданными временными соотношениями обмена (ограничением на двойное время прохождения) и не может быть увеличена ни при каких условиях. Поэтому стандарт рекомендует ограничиваться длиной сегмента в 90 метров, чтобы иметь 10-процентный запас.

Контакт	Сигнал
1	Transmit+
2	Transmit–
3	Receive+
4	—
5	—
6	Receive–
7	—
8	—

Табл. 3.3. Распределение контактов разъема типа RJ-45 для незранированного кабеля 100BASE-TX

Из восьми контактов разъема используется только 4 контакта (табл. 3.3): два для передачи и два для приема (передача производится дифференциальными сигналами). Стандарт предусматривает также возможность применения экранированного сетевого кабеля с двумя витыми парами (волновое сопротивление — 150 Ом). В этом случае применяется 9-контактный разъем D-типа (табл. 3.4).

Контакт	Сигнал
1	Receive+
2	—
3	—
4	—
5	Transmit+
6	Receive–
7	—
8	—
9	Transmit–

Табл. 3.4. Распределение контактов разъема D-типа для экранированного кабеля 100BASE-TX

Для соединения двух компьютеров без применения концентраторов может использоваться стандартный "перекрестный" (crossover) кабель, схема соединения контактов разъемов которого показана на рис. 3.15. Обычно же применяется "прямой" кабель с соединенными между собой одинаковыми контактами разъемов. Если "перекрестное" соединение предусмотрено внутри концентратора, то соответствующий порт его должен быть помечен буквой "X". Как видим, здесь все точно так же, как и в случае 10BASE-T.

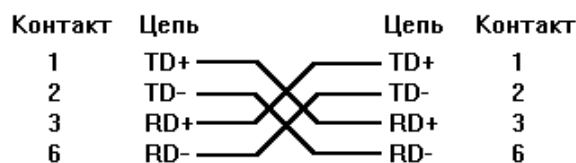


Рис. 3.15. "Перекрестный" кабель 100BASE-TX

Для контроля целостности сети в 100BASE-TX предусмотрена передача в интервалах между сетевыми пакетами специальных сигналов.

3.2.2. Аппаратура 100BASE-T4 (Fast Ethernet, счетверенная витая пара)

Основное отличие аппаратуры 100BASE-T4 от 100BASE-TX состоит в том, что в качестве соединительных кабелей используются неэкранированные кабели, содержащие четыре витые пары. При этом кабель может быть менее качественным, чем в случае 100BASE-TX (категории 3, 4 или 5). Принятая в 100BASE-T4 система сигналов обеспечивает ту же самую скорость 100 Мбит/с на любом из этих кабелей, хотя стандарт рекомендует, если есть такая возможность, использовать кабель категории 5.

Схема объединения компьютеров в сеть ничем не отличается от 100BASE-TX (рис. 3.14). Длина кабелей точно так же не может превышать 100 метров (стандарт рекомендует ограничиваться 90 метрами для 10% запаса). Между адаптерами и кабелями в случае необходимости могут включаться трансиверы.

Для подключения сетевого кабеля к адаптеру (трансиверу) используются 8-контактные разъемы типа RJ-45, распределение контактов которых представлено в таблице 3.5.

Контакт	Сигнал
1	TX_D1+
2	TX_D1–
3	RX_D2+
4	BI_D3+
5	BI_D3–
6	RX_D2–
7	BI_D4+
8	BI_D4–

Табл. 3.5. Распределение контактов разъема типа RJ-45 для 100BASE-T4 (TX — передача данных, RX — прием данных, BI — двунаправленная передача)

Обмен данными идет по одной передающей витой паре, по одной приемной витой паре и по двум двунаправленным витым парам с использованием дифференциальных сигналов.

Для связи двух компьютеров без применения концентраторов используется "перекрестный" кабель (рис. 3.16). В обычном же (то есть "прямом") кабеле соединены одноименные контакты обоих разъемов. Если подобное "перекрестное" соединение предусмотрено внутри концентратора, то соответствующий порт должен помечаться буквой "X". Как видим, и здесь все точно так же, как в случае 100BASE-TX.

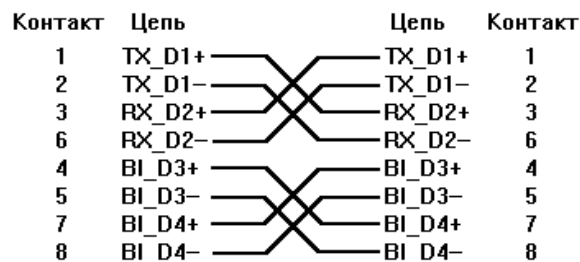


Рис. 3.16. "Перекрестный" кабель 100BASE-T4

Для контроля целостности сети в 100BASE-T4 также предусмотрена передача специального сигнала между сетевыми пакетами.

3.2.3. Аппаратура 100BASE-FX (Fast Ethernet, оптоволоконный кабель)

Применение оптоволоконного кабеля и в этом случае позволяет существенно увеличить протяженность сети, а также избавиться от электрических наводок и повысить секретность передаваемой информации.

Аппаратура 100BASE-FX очень близка к аппаратуре 10BASE-FL. Точно так же здесь используется топология типа "пассивная звезда" с подключением компьютеров к концентратору с помощью двух разнонаправленных оптоволоконных кабелей (рис. 3.17). Между сетевыми адаптерами и кабелями возможно включение трансиверов. Оптоволоконные кабели подключаются к адаптеру (трансиверу) с помощью разъемов типа SC, ST или FDDI. Для присоединения разъемов SC и FDDI достаточно просто вставить их в гнездо, а разъемы ST имеют байонетный механизм.



Рис. 3.17. Подключение компьютеров к сети 100BASE-FX

Максимальная длина кабеля между компьютером и концентратором составляет 412 метров, причем это ограничение определяется не качеством кабеля, а временными соотношениями. Согласно стандарту, необходимо применять мультимодовый оптоволоконный кабель (MMF). Существует довольно много типов такого кабеля с разными типами оболочек, одинарные и сдвоенные. Передача производится светом с длиной волны 1350 нм (инфракрасный диапазон). Потери мощности сигнала в сегменте (в кабеле и разъемах) не должны превышать 11 дБ. При этом надо учитывать, что потери в кабеле составляют 1—2 дБ на километр длины, а потери в разъеме — от 0,5 до 2 дБ (при условии, что разъем установлен качественно).

Как и в других сегментах Fast Ethernet в 100BASE-FX предусмотрен контроль за целостностью сети, для чего в промежутках между сетевыми пакетами по кабелю передается специальный сигнал. Целостность сети индицируется светодиодами.

3.2.4. Автоматическое определение типа сети (Auto-Negotiation)

Функция автоматического определения типа сети, предусмотренная стандартом Ethernet, не является обязательной. Однако ее реализация в сетевых адаптерах и концентраторах позволяет существенно облегчить жизнь пользователям сети. Особенно это важно на современном этапе, когда широко применяются как более ранняя версия Ethernet со скоростью обмена 10 Мбит/с, так и более поздняя версия Fast Ethernet со скоростью 100 Мбит/с. Функция автодиалога (так можно перевести Auto-Negotiation) позволяет адаптерам, в которых предусмотрено переключение скорости передачи, автоматически подстраиваться под скорость обмена в сети, а концентраторам, в которых предусмотрен автодиалог, самим определять скорость передачи адаптеров, подключенных к их портам. При этом пользователь сети не должен следить за тем, на какую скорость обмена настроена его аппаратура: система сама выберет максимально возможную скорость.

Сразу отметим, что режим автодиалога применяется только в сетях на основе сегментов, использующих витые пары: 10BASE-T, 100BASE-TX и 100BASE-T4. Для сегментов на базе коаксиального кабеля и оптоволоконного кабеля, автодиалог не предусмотрен.

Автодиалог основан на использовании сигналов, передаваемых в Fast Ethernet, которые называются FLP (Fast Link Pulse) по аналогии с сигналами NLP (Normal Link Pulse), применяемыми в сегментах 10BASE-T. Так же, как и NLP, сигналы FLP начинают вырабатываться с включением питания соответствующей аппаратуры (адаптера или концентратора) и формируются в паузах между передаваемыми сетевыми пакетами, поэтому они никак не влияют на загрузку сети. Именно сигналы FLP и передают информацию о возможностях подключенной к данному сегменту аппаратуры. Так как

аппаратура 10BASE-T разрабатывалась до создания механизма автодиалога, для автоматического определения типа сети необходимо обрабатывать не только сигналы FLP, но и сигналы NLP. Это также предусмотрено в аппаратуре, поддерживающей автодиалог. Естественно, в такой аппаратуре всегда предусматривается возможность отключения режима автодиалога, чтобы пользователь сам мог задать режим работы своей сети.

Помимо уже упоминавшихся сегментов 10BASE-T, 100BASE-TX и 100BASE-T4 автодиалог предусматривает обслуживание так называемых полнодуплексных (full duplex) сегментов Ethernet (10BASE-T Full Duplex) и Fast Ethernet (100BASE-TX Full Duplex). Как известно из теории связи, связь бывает симплексная (всегда только в одну сторону), полудуплексная (по очереди то в одну сторону, то в другую) и полнодуплексная (одновременно в две стороны). Классический Ethernet использует полудуплексную связь: по его кабелю в разное время может проходить разнонаправленная информация. Это позволяет легко реализовать обмен между большим количеством абонентов, но требует сложных методов доступа к сети (CSMA/CD). Полнодуплексная версия Ethernet гораздо проще. Она предназначена для обмена только между двумя абонентами по двум разнонаправленным кабелям, причем передавать могут оба абонента сразу. Два преимущества такого подхода понятны сразу: во-первых, не требуется никакого механизма доступа к сети, а во-вторых в идеале пропускная способность такой линии связи оказывается вдвое выше, чем при полудуплексной передаче. Полнодуплексные версии Ethernet и Fast Ethernet находятся еще на стадии стандартизации, поэтому единых правил обмена пока не выработано, и аппаратура разных производителей может основываться на разных принципах обмена. Тем не менее, автодиалог уже ориентирован на их распознавание и использование.

При проведении автодиалога применяется таблица приоритетов (табл. 3.6), в которой полнодуплексные версии имеют более высокие приоритеты, чем классические полудуплексные, так как они более быстрые.

Приоритет	Тип сети
1	100BASE-TX Full Duplex
2	100BASE-T4
3	100BASE-TX
4	10BASE-T Full Duplex
5	10BASE-T

Табл. 3.6. Приоритеты автодиалога (1 — высший приоритет, 5 — низший приоритет)

Из таблицы следует, что если аппаратура на обоих концах сегмента поддерживает обмен с двумя скоростями, например, в режимах 10BASE-T и 100BASE-TX, то в результате автодиалога будет выбран режим 100BASE-TX, как имеющий больший приоритет.

Автодиалог предусматривает также разрешение ситуаций, когда на одном конце кабеля подключена двухскоростная аппаратура, а на другом — односкоростная. Например, если двухскоростной адаптер присоединен к концентратору 10BASE-T, в котором не предусмотрена возможность автодиалога, то он не будет получать сигналов FLP, а будет только NLP. В результате действия механизма автодиалога адаптер будет переключен в режим концентратора. Точно так же, если двухскоростной концентратор присоединен к односкоростному адаптеру 100BASE-TX, не рассчитанному на автодиалог, то концентратор перейдет в режим 100BASE-TX. Этот механизм одностороннего определения типа сети называется параллельным детектированием (Parallel Detection).

Естественно, в любом случае автодиалог не может обеспечить большей скорости, чем самый медленный из компонентов сети. То есть если к репитерному концентратору, в

котором предусмотрена функция автодиалога, подключены два адаптера: односкоростной 10BASE-T и двухскоростной (10BASE-T и 100BASE-TX), то вся сеть будет настроена на работу как 10BASE-T, так как никакого накопления информации и никакой ее обработки в репитерном концентраторе не предусмотрено. Присоединение к такому концентратору двух неперестраиваемых (односкоростных) адаптеров с разными скоростями делает сеть неработоспособной. Иногда в конструкции репитеров предусматривается автоматическое отключение портов, к которым присоединены неперестраиваемые низкоскоростные (10BASE-T) адаптеры. Некоторые концентраторы (самые сложные) могут автоматически перекоммутировать порты таким образом, чтобы сегменты со скоростью 10 Мбит/с обменивались информацией только между собой, а сегменты со скоростью 100 Мбит/с — между собой.

Отметим также, что помимо собственно определения типа сети и выбора максимально возможной скорости обмена автодиалог обеспечивает и некоторые дополнительные возможности. В частности, он позволяет определять, почему нарушилась связь в процессе работы, а также обмениваться информацией об ошибках. Для передачи этой дополнительной информации используется тот же самый механизм, что и для основного автодиалога, но только после того, как установлен тип сети и скорость передачи. Данная функция называется "функцией следующей страницы" (Next Page function).

А теперь рассмотрим автодиалог несколько подробнее.

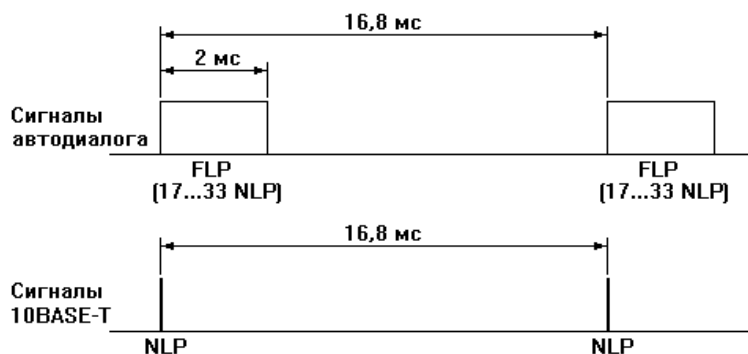


Рис. 3.18. Временная диаграмма автодиалога и 10BASE-T

Обмен информацией при автодиалоге производится посылками FLP-импульсов, которыми кодируется 16-битное слово. Каждая посылка содержит от 17 до 33 импульсов, идентичных импульсам NLP, используемым в 10BASE-T. Посылки имеют длительность около 2 мс и передаются с периодом 16,8 мс (рис. 3.18).

Для кодирования применяется следующий код. В начале каждого битового интервала передается тактирующий импульс. Если между тактирующими импульсами нет импульса, то это считается логическим нулем, если же есть — логической единицей. Этот код иллюстрируется рис. 3.19.

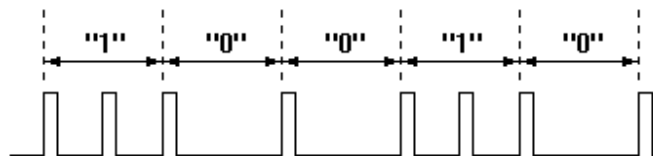


Рис. 3.19. Код, применяемый при автодиалоге

Обмен информацией при автодиалоге осуществляется 16-битными словами, называемыми LCW (Link Code Word), с форматом, представленным на рис. 3.20.

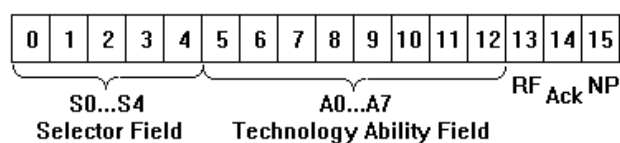


Рис. 3.20. Формат слова LCW, применяемого в автодиалоге

Поле селектора (Selector Field) S0...S4 определяет один из 32 возможных типов стандарта сети. В настоящее время для него используется только два кода: код S(4...0)=00001 соответствует стандарту IEEE 802.3, а код S(4...0)=00010 соответствует стандарту IEEE 802.9.

Поле технологических особенностей (Technology Ability Field) A0...A7 определяет тип сети в пределах стандарта, заданного битами S0...S4. Для стандарта IEEE 802.3 эти типы представлены в таблице 3.6.

Бит RF (Remote Fault) позволяет передавать информацию об ошибках. Бит Ack (Acknowledge) используется для подтверждения получения посылки. Наконец, бит NP (Next Page) говорит о поддержке "функции следующей страницы".

В случае, если автодиалог происходит между абонентами 1 и 2, последовательность действий абонентов будет такой.

1. Абонент 1 передает свою посылку (LCW) с неустановленным (равным нулю) битом Ack.
2. Абонент 2 в ответ начинает передавать последовательные ответные послышки (LCW).
3. Когда абонент 1 получает три последовательные послышки от абонента 2 (бит Ack при этом игнорируется), он передает посылку с установленным (равным единице) битом Ack (подтверждает правильный прием LCW от абонента 2).
4. Абонент 2 продолжает передавать свои LCW с установленным битом Ack.
5. Когда абонент 1 получает три последовательные послышки от абонента 2 с установленным битом Ack, он понимает, что абонент 2 правильно принял его LCW.
6. Абонент 1 передает свое LCW с установленным битом Ack 6—8 раз для гарантии, что диалог завершен полностью.
7. В результате оба абонента получают информацию о своем партнере и могут выбрать тот режим работы, который обеспечит наилучшие характеристики обмена.

Отметим, что в соответствии с этим алгоритмом действуют оба абонента, участвующие в автодиалоге. Как видим, здесь реализуется механизм многократного взаимного подтверждения, что существенно повышает надежность передачи данных об аппаратуре абонентов. При этом легко детектируются различные ошибочные ситуации, например, неисправности аппаратуры абонентов, нарушения целостности кабеля, несовместимость аппаратуры абонентов и т.д.

Для реализации "функции следующей страницы" используется бит NP (см. рис.

3.20). Если оба абонента устанавливают его в своих LCW, то есть оба они поддерживают эту функцию, то между ними может быть произведен дополнительный обмен информацией такими же 16-разрядными словами, но с другим форматом. В этих словах 11 первых битов отводится на информацию, а пять битов используются как служебные. В частности, это позволяет производить более полную диагностику аппаратуры, а также выявлять повышенный уровень помех в линии связи.

3.2.5. Выбор конфигурации Fast Ethernet

Точно так же, как и в случае Ethernet, для определения работоспособности сети Fast Ethernet стандарт IEEE 802.3 предлагает две модели, называемые Transmission System Model 1 и Transmission System Model 2. При этом первая модель основана на несложных правилах, а вторая использует систему расчетов.

В соответствии с первой моделью, при выборе конфигурации надо руководствоваться следующими принципами:

- Сегменты, выполненные на электрических кабелях (витых парах) не должны быть длиннее 100 метров.
- Сегменты, выполненные на оптоволоконных кабелях, не должны быть длиннее 412 метров.
- Если используются трансиверы, то трансиверные кабели не должны быть длиннее 50 сантиметров.

При выполнении этих правил надо руководствоваться таблицей 3.7, определяющей максимальные размеры (в метрах) зоны конфликта (то есть максимальное расстояние между абонентами сети, не разделенными коммутаторами). При этом в двух последних столбцах таблицы, относящихся к случаю использования смешанных сред передачи (как витых пар, так и оптоволоконных кабелей), предполагается, что длина витой пары составляет 100 метров, применяется только один оптоволоконный кабель. Первая строка относится к соединению двух компьютеров без применения репитера. Нереализуемые ситуации отмечены в таблице прочерками.

Тип репитера (концентратора)	Витая пара	ОВ-кабель	T4 и FX	TX и FX
Без репитера (два абонента)	100	412	—	—
Один репитер класса I	200	272	231	260,8
Один репитер класса II	200	320	—	308,8
Два репитера класса II	205	228	—	216,2

Табл. 3.7. Максимальные размеры зоны конфликта сети Fast Ethernet (в соответствии с первой моделью)

Пример сети максимальной конфигурации в соответствии с первой моделью для витой пары показан на рис. 3.21.

Здесь максимальный размер зоны конфликта складывается из сегментов А, В и С, то есть составляет $100+5+100=205$ метров, что удовлетворяет условию работоспособности сети (табл. 3.7, нижняя строчка, первый столбец). Размеры сегментов могут изменяться, но их сумма не должна превышать тех же 205 метров. Сегмент D также входит в зону

конфликта, так как коммутатор тоже является передатчиком пакетов сети. Поэтому его длина также не может превышать в нашем случае 100 метров, чтобы суммарная длина сегментов А, В и D не превысила все тех же 205 метров. Сегменты, отделенные от рассматриваемой зоны конфликта коммутатором, не влияют на ее работоспособность.

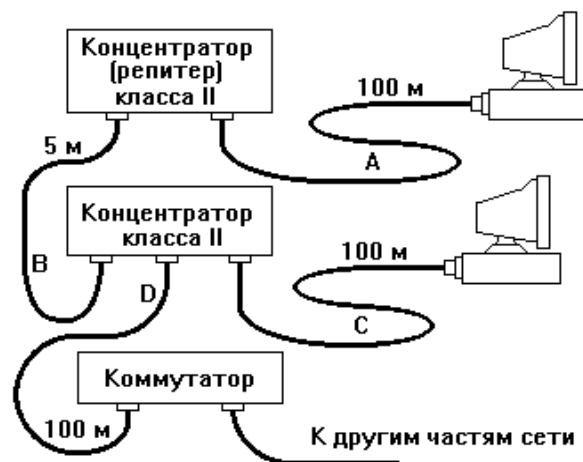


Рис. 3.21. Пример максимальной конфигурации сети Fast Ethernet

Вторая модель основана на вычислении суммарного двойного времени прохождения сигнала по сети. В отличие от второй модели, используемой для оценки конфигурации сети Ethernet, здесь не проводится расчетов межкадрового интервала. Это связано с тем, что максимальное количество репитеров и концентраторов, допустимых в Fast Ethernet, не может вызвать заметного сокращения межкадрового интервала.

Для расчетов в соответствии со второй моделью сначала надо выделить в сети путь с максимальным двойным временем прохождения и максимальным числом репитеров (концентраторов) между компьютерами. Если таких путей несколько, то расчет должен производиться для каждого из них.

Расчет в данном случае ведется на основании таблицы 3.8.

Тип сегмента	Задержка на метр	Макс. задержка
Два абонента TX/FX	—	100
Два абонента T4	—	138
Один абонент T4 и один TX/FX	—	127
Сегмент на кабеле категории 3	1,14	114 (100 м)
Сегмент на кабеле категории 4	1,14	114 (100 м)
Сегмент на кабеле категории 5	1,112	111,2 (100 м)
Экранированная витая пара	1,112	111,2 (100 м)
Оптоволоконный кабель	1,0	412 (412 м)
Репитер (концентратор) класса I	—	140
Репитер (концентратор) класса II с портами TX/FX	—	92
Репитер (концентратор) класса II с портами T4	—	67

Табл. 3.8. Задержки компонентов сети Fast Ethernet (величины задержек даны в битовых интервалах)

Для вычисления полного двойного (кругового) времени прохождения для сегмента сети необходимо умножить длину сегмента на величину задержки на метр, взятую из

второго столбца таблицы. Если сегмент имеет максимально возможную длину, то можно взять величину максимальной задержки для данного сегмента из третьего столбца таблицы. Затем задержки сегментов, входящих в путь максимальной длины, надо просуммировать и затем прибавить к этой сумме величину задержки для двух абонентов (три верхние строчки таблицы) и величины задержек для всех репитеров (концентраторов), входящих в данный путь. Суммарная задержка должна быть меньше, чем 512 битовых интервалов.

Задержки в кабеле могут отличаться от тех, которые приведены в таблице 3.8. Для более точного расчета следует использовать временные характеристики конкретного кабеля, используемого в сети. Производители кабелей иногда указывают величину задержки на метр длины, а иногда — скорость распространения сигнала относительно скорости света (или NVP — Nominal Velocity of Propagation, как ее часто называют в документации). Связаны эти две величины очень простой формулой:

$$t_3 = 1 / (3 \cdot 10^{10} \cdot \text{NVP}),$$

где t_3 — величина задержки на метр длины кабеля. Например, если $\text{NVP} = 0,4$ (40%) от скорости света, то задержка t_3 будет равна 8,34 нс/м или 0,834 битовых интервала. Отметим, что для вычисления двойного (кругового) времени прохождения надо удвоенное значение t_3 умножить на длину кабеля.

В таблице 3.9 даны величины NVP для некоторых типов кабеля известных фирм AT&T и Belden.

Фирма	Марка	Категория	Оболочка	NVP
AT&T	1010	3	non-plenum	0,67
AT&T	1041	4	non-plenum	0,70
AT&T	1061	5	non-plenum	0,70
AT&T	2010	3	plenum	0,70
AT&T	2041	4	plenum	0,75
AT&T	2061	5	plenum	0,75
Belden	1229A	3	non-plenum	0,69
Belden	1455A	4	non-plenum	0,72
Belden	1583A	5	non-plenum	0,72
Belden	1245A2	3	plenum	0,69
Belden	1457A	4	plenum	0,75
Belden	1585A	5	plenum	0,75

Табл. 3.9. Временные характеристики некоторых кабелей

Рассмотрим пример расчета по второй модели для сети на рис. 3.21. Здесь существуют два максимальных пути: между компьютерами (сегменты А, В и С) и между верхним (по рисунку) компьютером и коммутатором (сегменты А, В и D). Оба эти пути включают в себя два 100-метровых сегмента и один 5-метровый. Предположим, что все сегменты представляют собой 100BASE-TX и выполнены на кабеле категории 5. Произведем расчет.

1. Для двух 100-метровых сегментов (максимальной длины) из таблицы берем величину задержки 111,2 битовых интервалов.
2. Для 5-метрового сегмента высчитываем задержку, умножая 1,112 (задержка на метр) на длину кабеля (5 метров): $1,112 \cdot 5 = 5,56$ битовых интервалов.
3. Берем из таблицы задержку для двух абонентов TX — 100 битовых интервалов.
4. Берем из таблицы величины задержек для двух репитеров класса II — по 92 битовых интервала.
5. Суммируем все перечисленные задержки и получаем:
 $111,2 + 111,2 + 5,56 + 100 + 92 + 92 = 511,96$, что меньше 512, следовательно, сеть будет

работоспособна, хотя и на пределе.

Для гарантии лучше несколько уменьшить длину кабелей или взять кабели, имеющие меньшую задержку (см. табл. 3.9). Например, при использовании кабеля AT&T 1061 ($NVP=0,7$, $t_3=0,477$) мы получим следующие величины задержек для 100-метровых сегментов: $(0,477 \cdot 2) \cdot 100 = 95,4$ битовых интервалов (умножение на два необходимо, чтобы получить двойное время прохождения), а для 5-метрового сегмента — 4,77 битовых интервалов. Суммарная задержка при этом составит:
 $95,4 + 95,4 + 4,77 + 100 + 92 + 92 = 483,57$,
то есть гораздо меньше 512, что означает полностью работоспособную сеть.

Отметим также, что для некоторых репитеров и концентраторов изготовители указывают меньшие величины задержек, чем приведенные в табл. 3.9, что также надо учитывать при выборе конфигурации сети.

3.2.6. Электрические кабели с витыми парами сетей Ethernet и Fast Ethernet

Остановимся несколько подробнее на особенностях кабелей с витыми парами, которые в настоящее время находят все большее применение в сетях Ethernet и Fast Ethernet.

В сентябре 1995 года был принят стандарт EIA/TIA 568 (Commercial Building Telecommunications Cabling Standard), который сформулировал требования к кабелям и правила их использования в сетях. Стандарт определил параметры неэкранированных кабелей на основе витых пар (UTP — Unshielded Twisted-Pair cable) для всех категорий. Таким образом, в дальнейшем все производители кабелей должны придерживаться этого стандарта.

Частота, МГц	Максимальное затухание, дБ		
	Категория 3	Категория 4	Категория 5
0,064	2,8	2,3	2,2
0,256	4,0	3,4	3,2
0,512	5,6	4,6	4,5
0,772	6,8	5,7	5,5
1,0	7,8	6,5	6,3
4,0	17	13	13
8,0	26	19	18
10,0	30	22	20
16,0	40	27	25
20,0	—	31	28
25,0	—	—	32
31,25	—	—	36
62,5	—	—	52
100	—	—	67

Табл. 3.10. Максимальное затухание в кабелях

В настоящее время выделяют пять категорий UTP-кабелей:

- Кабели категории 1 и 2 предназначены для передачи звуковых сигналов и низкоскоростных данных. Они не различаются стандартом EIA/TIA 568.
- Кабели категории 3 наиболее распространены в настоящее время. Согласно стандарту EIA/TIA 568, их характеристики определяются для частоты сигналов до 16 МГц. Это самый простой тип кабеля, который рекомендован стандартом для использования в локальных сетях.

- Кабели категории 4 были разработаны для сетей по стандарту IEEE 802.5 (скорость передачи данных 16 Мбит/с). Стандартом EIA/TIA 568 их характеристики определяются до частоты 20 МГц.
- Кабели категории 5 — это самые качественные кабели. Они были предложены для сетей IEEE 802.5 (скорость передачи данных 16 Мбит/с), а также для сетей TPFDI (версия сети FDDI на электрическом кабеле со скоростью передачи данных 100 Мбит/с). Стандарт EIA/TIA 568 определяет их характеристики для частоты до 100 МГц.

Согласно стандарту, волновое сопротивление кабелей категорий 4 и 5 должно составлять $100 \text{ Ом} \pm 15\%$ в частотном диапазоне от 1 МГц до максимальной частоты кабеля. Как видим, требования не очень жесткие: величина волнового сопротивления может находиться в диапазоне от 85 до 115 Ом.

Второй важнейший параметр, задаваемый стандартом — это максимальное затухание сигнала на разных частотах. В таблице 3.10 приведены предельные значения затухания для кабелей категорий 3, 4 и 5 для расстояния 1000 футов (305 метров) при 20°C.

Еще один специфический параметр, определяемый стандартом, это величина перекрестной наводки на ближнем конце (NEXT — Near End Crosstalk). В таблице 3.11 представлены значения допустимой перекрестной наводки на ближнем конце для кабелей категорий 3, 4 и 5 на различных частотах.

Частота, МГц	Перекрестная наводка на ближнем конце, дБ		
	Категория 3	Категория 4	Категория 5
0,150	-54	-68	-74
0,772	-43	-58	-64
1,0	-41	-56	-62
4,0	-32	-47	-53
8,0	-28	-42	-48
10,0	-26	-41	-47
16,0	-23	-38	-44
20,0	—	-36	-42
25,0	—	—	-41
31,25	—	—	-40
62,5	—	—	-35
100,0	—	—	-32

Табл. 3.11. Допустимые уровни перекрестных помех

Для кабелей категории 5 установлено минимальное число скручиваний на единицу длины (8 скручиваний на фут, то есть на 30,5 см). Благодаря этому ограничению, а также использованию новых типов диэлектрической изоляции как раз и достигается максимальная пропускная способность этих кабелей. Для кабелей других категорий данный параметр не определен.

3.3. Особенности аппаратуры сети IBM Token-Ring

Локальные сети всех остальных типов, кроме Ethernet, распространены у нас, как, впрочем, и во всем мире, гораздо меньше. Поэтому описание особенностей их аппаратуры будет дано более кратко.

Первая сеть, которую мы рассмотрим, это сеть Token-Ring, предложенная фирмой IBM в 1985 году (первый вариант появился в 1980 году). Назначением Token-Ring было

объединение в сеть всех типов компьютеров, выпускаемых IBM (от персональных до больших). Уже тот факт, что ее поддерживает фирма IBM, крупнейший производитель компьютерной техники, говорит о том, что ей необходимо уделить особое внимание. Но не менее важно и то, что Token-Ring является в настоящее время международным стандартом IEEE 802.5. Это ставит данную сеть на один уровень по статусу с Ethernet.

Так как других стандартизованных на таком уровне сетей мы не будем рассматривать, здесь же упомянем о двух других стандартах: IEEE 802.4 и IEEE 802.6. Оба стандарта не получили широкого распространения, так как ориентированы на поликанал или широкополосный канал (в отличие от моноканала или узкополосного канала). Это требует применения сложных аналоговых узлов: модулятора на передающем конце и демодулятора на приемном конце. Высокочастотный аналоговый сигнал (до 400 МГц) модулируется цифровым сигналом с меньшей частотой, и таких несущих частот (таких частотных каналов) может быть несколько (в моноканале — только один). При этом легко может реализовываться дуплексная передача (одновременно в две стороны), или одновременно может использоваться несколько каналов связи. Недостатками широкополосной передачи являются дороговизна аппаратуры, необходимость сложной настройки, большая подверженность помехам. Стандарт IEEE 802.4 определяет маркерную шину со скоростью передачи 10 Мбит/с, максимальной длиной 1,5 км с числом абонентов до 64 (то есть это малая локальная сеть с широкополосной передачей). Допускается также использование и узкополосного канала.

Что касается IEEE 802.6, то это стандарт городских сетей, на площади до 30 км, то есть даже в пределах большого города. Реализуется он на основе разветвленной кабельной телевизионной сети и используется для передачи данных, речи, изображений. Пока этот стандарт не развит. Скорость передачи определяется стандартом 0,5 Мбит/с, количество абонентов — до 256. Топология сети — шина.

Но вернемся к сети IBM Token-Ring.

Фирма IBM, верная своим принципам, сделала все для максимально широкого распространения своей сети: была выпущена подробная документация вплоть до принципиальных схем адаптеров. IBM в отличие от многих других фирм вообще обычно не держится за свои секреты, предпочитая, во-первых, сделать свою продукцию самой распространенной (пусть даже выпущенную другими производителями), и во-вторых, полагаясь на свой авторитет (пусть ее продукция дороже, чем у других производителей, но лучше). Именно такая политика обеспечила большой успех персональным компьютерам типа IBM PC. Сеть Token-Ring была рассекречена, и многие фирмы, например, 3COM, Novell, Western Digital, Proteon и другие приступили к производству адаптеров. Кстати, специально для этой сети, а также для другой сети IBM PC Network была разработана концепция NetBIOS по образцу встроенного программного обеспечения BIOS персонального компьютера типа IBM PC. Если в сети PC Network программы NetBIOS действительно хранились во встроенном в адаптер ПЗУ, то в сети Token-Ring уже применялась эмулирующая NetBIOS программа, что позволяло более гибко реагировать на особенности конкретной аппаратуры, поддерживая при этом совместимость с программами более высокого уровня.

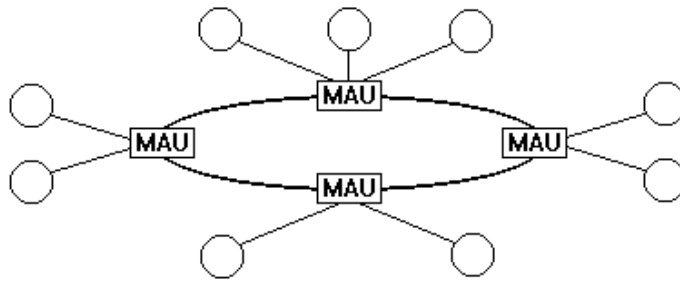


Рис. 3.22. Физическая топология сети Token-Ring

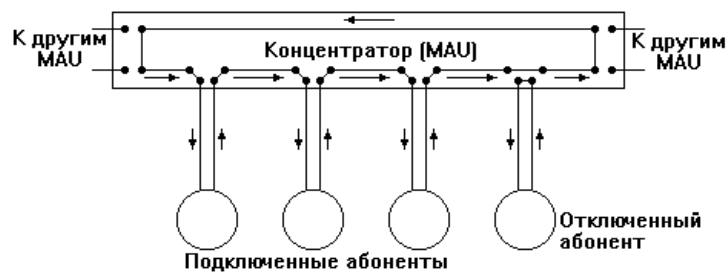


Рис. 3.23. Соединение абонентов сети Token-Ring в кольцо с помощью концентратора (MAU)

Сеть Token-Ring имеет топологию типа "кольцо", хотя внешне она больше напоминает "звезду". Это связано с тем, что отдельные абоненты (компьютеры) присоединяются к сети не прямо, а через специальные концентраторы или многостанционные устройства доступа (MSAU или MAU — Multistation Access Unit). Поэтому физически сеть образует звездно-кольцевую топологию (рис. 3.22). В действительности же абоненты объединяются все-таки в кольцо, то есть каждый из них передает информацию одному соседнему абоненту, а принимает информацию от другого соседнего абонента. Концентратор (MAU) при этом только позволяет централизовать задание конфигурации, отключение неисправных абонентов, контроль за работой сети и т.д. (рис. 3.23). Концентратор может быть и единственным, тогда в кольцо замыкаются только абоненты, подключенные к нему.

То есть в каждом кабеле, соединяющем адаптеры и концентратор (адаптерные кабели, adapter cable) находится на самом деле две разнонаправленные линии связи. Такими же двумя разнонаправленными линиями связи, входящими в магистральный кабель (path cable), объединяются между собой в кольцо различные концентраторы (рис. 3.24), хотя для этой же цели может также использоваться и единственная однонаправленная линия связи (рис. 3.25).

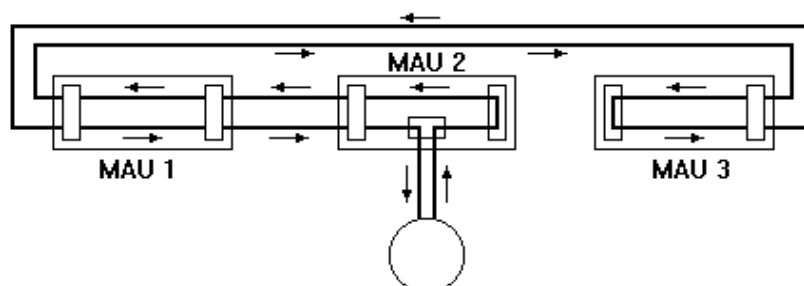


Рис. 3.24. Объединение концентраторов двунаправленной линией связи

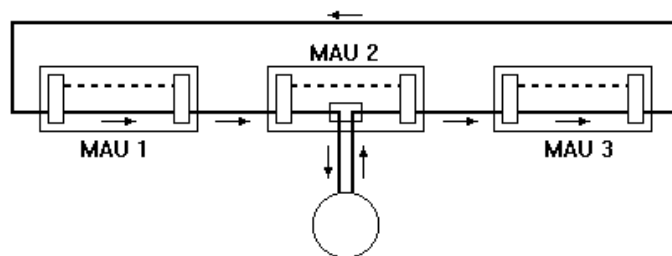


Рис. 3.25. Объединение концентраторов однонаправленной линией связи

Конструктивно концентратор представляет собой автономный блок с восемью разъемами для подключения абонентов (компьютеров) с помощью адаптерных кабелей и двумя (крайними) разъемами для подключения к другим концентраторам с помощью магистральных кабелей (рис. 3.26). Существуют настенный и настольный варианты концентратора.



Рис. 3.26. Концентратор Token-Ring (8228 MAU)

Несколько концентраторов может конструктивно объединяться в группу, кластер (cluster), внутри которого абоненты также соединены в кольцо. Применение кластеров позволяет увеличивать количество абонентов, подключенных к одному центру, например, до 16 (если в кластер входит два концентратора).

В качестве среды передачи в сети IBM Token-Ring сначала использовалась витая пара, но затем появились варианты аппаратуры для коаксиального кабеля, а также для оптоволоконного кабеля в стандарте FDDI. Витая пара применяется как неэкранированная (UTP), так и экранированная (STP).

Основные технические характеристики сети Token-Ring следующие.

- Максимальное количество концентраторов типа IBM 8228 MAU — 12.
- Максимальное количество абонентов в сети — 96.
- Максимальная длина кабеля между абонентом и концентратором — 45 метров.
- Максимальная длина кабеля между концентраторами — 45 метров.
- Максимальная длина кабеля, соединяющего все концентраторы — 120 метров.
- Скорость передачи данных — 4 Мбит/с и 16 Мбит/с.

Все приведенные характеристики относятся к случаю неэкранированной витой пары. В случае применения другой Среды передачи характеристики сети могут отличаться. Например, при использовании экранированной витой пары количество абонентов может быть увеличено до 260 (вместо 96), а длина кабеля — до 100 метров (вместо 45).

Адаптеры Token-Ring, как правило, представляют собой платы расширения компьютера типа IBM PC и ориентированы на системную магистраль ISA, EISA или PCI. Для присоединения адаптерного кабеля адаптер имеет внешний 9-контактный разъем типа DIN. Так же, как и адаптеры Ethernet, адаптеры Token-Ring имеют на своей плате

переключатели или перемычки для настройки адресов и прерываний. Отметим также, что вследствие более сложного протокола Token-Ring, адаптеры этой сети, как правило, дороже, чем адаптеры Ethernet. К тому же, если сеть Ethernet можно построить только на адаптерах и кабеле (10BASE2), то для сети Token-Ring обязательно нужно приобретать концентраторы. Размеры сети Token-Ring также уступают размерам сети Ethernet.

Однако в отличие от Ethernet сеть Token-Ring лучше держит большую нагрузку (большую 30%) и обеспечивает гарантированное время доступа. Это крайне необходимо, например, в сетях производственного назначения, в которых задержка реакции на внешнее событие может привести к серьезным авариям. Скорость в сети Token-Ring может быть и выше, чем в стандартной сети Ethernet (не в сети Fast Ethernet, но надо учитывать, что это скорость физическая (внутри пакета данных). Реальная же скорость очень сильно зависит от особенностей аппаратуры используемых адаптеров и от быстродействия компьютеров сети.

В сети Token-Ring используется классический маркерный метод доступа, то есть по кольцу постоянно циркулирует маркер, к которому абоненты могут присоединять свои пакеты данных. Отсюда следует такое важное достоинство данной сети, как отсутствие конфликтов, но отсюда же следуют такие недостатки, как необходимость контроля за целостностью маркера и зависимость функционирования сети от каждого из абонентов (в случае неисправности необходимо абонента он обязательно должен быть исключен из кольца). Для контроля за целостностью маркера используется один из абонентов (активный монитор). При этом его аппаратура ничем не отличается от остальных, но его программные средства следят за временными соотношениями в сети и формируют при необходимости новый маркер. Если активный монитор выходит из строя, то включается специальный механизм, посредством которого другие абоненты (запасные мониторы) принимают решение о назначении нового активного монитора.

Маркер представляет собой управляющий пакет, содержащий всего три байта (рис. 3.27): байт начального разделителя (SD — Start Delimiter), байт управления доступом (Access Control) и байт конечного разделителя (ED — End Delimiter). Начальный разделитель и конечный разделитель представляют собой не просто последовательность нулей и единиц, а содержат импульсы специального вида. Это было сделано, чтобы данные разделители нельзя было спутать ни с какими другими байтами пакетов.



Рис. 3.27. Формат маркера сети Token-Ring

Байт управления разделен на четыре поля (рис. 3.28): три бита приоритета, бит маркера, бит монитора и три бита резервирования. Биты приоритета позволяют абоненту присваивать приоритет своим пакетам или маркеру (приоритет может быть от 0 до 7, причем 7 соответствует наивысшему приоритету). Абонент может присоединить к маркеру свой пакет только тогда, когда его собственный приоритет такой же или выше приоритета маркера. Бит маркера определяет, присоединен ли к маркеру пакет или нет (единица соответствует маркеру без пакета). Бит монитора, установленный в единицу, говорит о том, что данный маркер передан активным монитором. Биты резервирования позволяют абоненту зарезервировать свое право на дальнейший захват сети, то есть, так сказать,

занять очередь на обслуживание. Если приоритет абонента выше, чем текущее значение поля резервирования, он может записать туда свой приоритет вместо прежнего.



Рис. 3.28. Формат байта управления доступом



Рис. 3.29. Формат пакета сети Token-Ring (длина полей дана в байтах)

Формат пакета представлен на рис. 3.29. Помимо начального и конечного разделителей, а также байта управления доступом в пакет входят также байт управления пакетом, сетевые адреса приемника и передатчика, данные, контрольная сумма и байт состояния пакета.

Отметим, что больший допустимый размер передаваемых данных в одном пакете по сравнению с сетью Ethernet может стать решающим фактором для увеличения производительности сети. Теоретически для скорости передачи 16 Мбит/с длина поля данных может достигать даже 18 Кбайт, что очень важно при передаче больших объемов данных. Но даже при скорости 4 Мбит/с благодаря маркерному методу доступа сеть Token-Ring часто обеспечивает большую фактическую скорость передачи, чем более быстрая сеть Ethernet (10 Мбит/с), особенно при больших нагрузках (свыше 30%), когда заметно сказывается несовершенство метода CSMA/CD, который в этом случае тратит много времени на разрешение повторных конфликтов. По некоторым прогнозам, Token-Ring в будущем может стать не менее, а может быть, и более популярной чем Ethernet.

3.4. Особенности аппаратуры сети Arcnet

Сеть Arcnet (от английского Attached Resource Computer Net) — это одна из старейших сетей. Она была разработана фирмой Datapoint Corporation еще в 1977 году. Международные стандарты на эту сеть отсутствуют до сих пор, хотя именно она считается родоначальницей метода маркерного доступа. Несмотря на отсутствие стандартов сеть Arcnet пользуется довольно большой популярностью (так, в начале 90-х годов на ее долю приходилось около 30% общего объема продаж). Большое количество фирм (например, Datapoint, Standard Microsystems, Xircom и др.) производят сети этого типа. Среди основных достоинств сети Arcnet можно назвать высокую надежность и гибкость, простоту диагностики аппаратных неисправностей, меньшие по сравнению с Ethernet ограничения на общую длину сети (на обычном тонком коаксиальном кабеле), а также сравнительно низкую стоимость адаптеров. Из недостатков сети наиболее существенным

является низкая скорость передачи информации (2,5 Мбит/с).

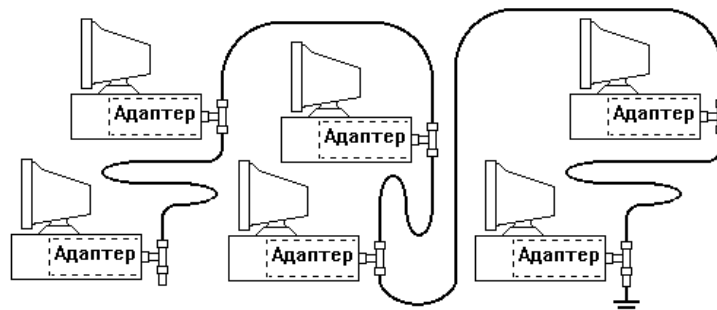


Рис. 3.30. Топология сети Arcnet типа "шина"

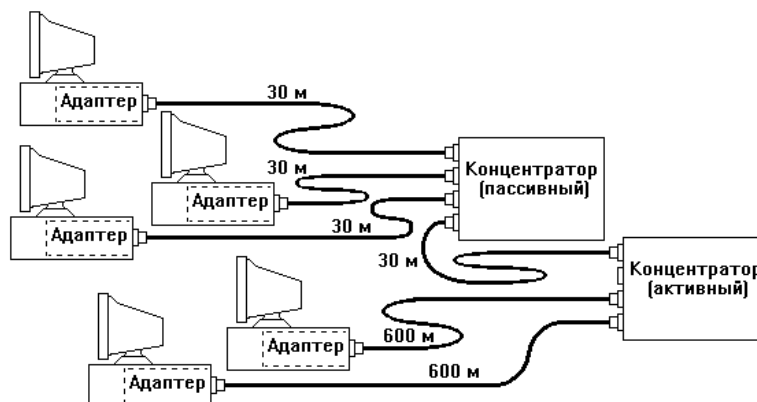


Рис. 3.31. Топология сети Arcnet типа "пассивная звезда"

В качестве топологии сеть Arcnet использует "шину" и "пассивную звезду" (рис 3.30 и 3.31).

Оборудование для "шины" практически ничем не отличается от аналогичного, применяемого в сети Ethernet на тонком коаксиальном кабеле (10BASE2). Здесь точно так же используются T-коннекторы и BNC-разъемы, а также терминаторы с заземлением и без него. Единственное, но важное отличие состоит в том, что в данном случае кабель должен быть с волновым сопротивлением 93 Ом, например, марки RG-62A/U. Соответственно 93-омными должны быть и терминаторы. То есть несмотря на большое сходство оборудования, кабельные системы Ethernet и Arcnet несовместимы между собой, и в случае перехода, например, с Arcnet на Ethernet все кабели придется проложить снова. Это надо учитывать при выборе типа сети.

В случае топологии типа "звезда" (или "распределенная звезда", то есть при нескольких концентраторах, объединенных между собой) применяются концентраторы двух типов: активные (которые ретранслируют принимаемые сигналы перед передачей другим абонентам) и пассивные (без ретрансляции). Концентраторы выпускаются на 4, 8, 16 и 32 канала. 4-канальные концентраторы обычно выполняются в виде платы расширения для компьютера, 8- и 16-канальные — как правило, в виде отдельных конструктивных блоков с собственными источниками питания, что определяет их значительно большую стоимость.

Активные концентраторы используются также и при создании топологии типа

"шина". В этом случае, как и при 10BASE2, к каждому порту концентратора подключается сегмент "шины" с несколькими абонентами. Отметим, что для топологий "шина" и "звезда" выпускаются различные адаптеры, что необходимо учитывать при приобретении аппаратуры.

Основные технические характеристики сети Arcnet следующие.

- Среда передачи — коаксиальный кабель, витая пара.
- Максимальная длина сети — 6 километров.
- Максимальная длина кабеля от абонента до пассивного концентратора — 30 метров.
- Максимальная длина кабеля от абонента до активного концентратора — 600 метров.
- Максимальная длина кабеля между активным и пассивным концентраторами — 30 метров.
- Максимальная длина кабеля между активными концентраторами — 600 метров.
- Максимальное количество абонентов в сети — 255.
- Максимальное количество абонентов на сегменте — 8.
- Максимальная длина сегмента — 300 метров.
- Скорость передачи данных — 2,5 Мбит/с.

В сети Arcnet используется маркерный метод доступа (метод передачи права), но он несколько отличается от применяемого в Token-Ring. Ближе всего этот метод к тому, который предусмотрен в стандарте IEEE 802.4. Последовательность действий абонентов при данном методе такая.

1. Абонент, желающий передавать, ждет прихода маркера.
2. Получив маркер, он посылает запрос на передачу приемнику информации (то есть спрашивает, готов ли приемник принять пакет).
3. Приемник посылает ответ (подтверждение готовности).
4. Получив подтверждение готовности, передатчик посылает свой пакет.
5. Получив пакет, приемник посылает подтверждение приема пакета.
6. Передатчик, получив подтверждение приема пакета, посылает маркер следующему абоненту.

Таким образом, в данном случае пакет передается только тогда, когда есть уверенность в готовности приемника принять его. Это существенно увеличивает надежность передачи. Так же, как и в случае Token-Ring, конфликты в Arcnet полностью исключены. Как и любая маркерная сеть, Arcnet хорошо держит нагрузку и гарантирует величину времени доступа к сети (в отличие от Ethernet). Другое дело, что невысокая пропускная способность сети (2,5 Мбит/с) в принципе не позволяет передавать больших потоков информации, но для небольших сетей, тем более, с разовыми случайными передачами, этого часто и не требуется. Отметим также, что маркер передается в данном случае по "логическому кольцу", хотя физическая топология сети и не кольцевая, а шинная.

Размер пакета сети Arcnet составляет 0,5 Кбайта. Помимо данных в него входят 8-битные адреса приемника и передатчика и 16-битная циклическая контрольная сумма.

Адаптеры сети Arcnet чаще всего выпускаются в виде плат расширения компьютера. Точно так же, как и адаптеры других сетей, перед установкой в компьютер они требуют настройки: выбора адресов портов и номера прерывания. Помимо этой общей настройки на каждой плате адаптера Arcnet необходимо с помощью переключателей или перемычек установить свой собственный сетевой адрес (всего их может быть 255, так как последний, 256-ой адрес применяется в сети для режима широкого вещания).

3.5. Особенности аппаратуры сети FDDI

Сеть FDDI (от английского Fiber Distributed Data Interface) — это одна из новейших разработок стандартов локальных сетей. Стандарт FDDI, предложенный Американским национальным институтом стандартов (ANSI), изначально ориентировался на высокую скорость передачи (100 Мбит/с) и на применение перспективного оптоволоконного кабеля (длина волны света — 850 нм). Поэтому в данном случае разработчики не были стеснены рамками стандартов, ориентировавшихся на низкие скорости и электрический кабель.

Естественно, выбор оптоволокну в качестве среды передачи сразу же определил такие преимущества новой сети, как высокая помехозащищенность, секретность передачи информации и прекрасная гальваническая развязка абонентов. Высокая скорость передачи, которая в случае оптоволоконного кабеля достигается гораздо проще, позволяет решать многие задачи, недоступные менее скоростным сетям, например, передачу изображений в реальном масштабе времени. Кроме того, оптоволоконный кабель легко решает проблему передачи данных на расстояние нескольких километров без ретрансляции, что позволяет строить гораздо большие по размерам сети, охватывающие даже целые города и имеющие при этом все преимущества локальных сетей (в частности, низкий уровень ошибок). И хотя к настоящему времени аппаратура FDDI не получила еще широкого распространения, ее перспективы очень неплохие.

За основу стандарта FDDI был взят метод маркерного доступа, предусмотренный международным стандартом IEEE 802.5 Token-Ring. Небольшие отличия от этого стандарта определяются необходимостью обеспечить высокую скорость передачи информации на большие расстояния. Топология сети FDDI — это кольцо, причем применяется два разнонаправленных оптоволоконных кабеля, что позволяет в принципе использовать полнодуплексную передачу информации с удвоенной эффективной скоростью в 200 Мбит/с (при этом каждый из двух каналов работает на скорости 100 Мбит/с).

Основные технические характеристики сети FDDI следующие.

- Максимальное количество абонентов сети — 1000.
- Максимальная протяженность кольца сети — 20 километров.
- Максимальное расстояние между абонентами сети — 2 километра.
- Среда передачи — оптоволоконный кабель (возможно применение электрической витой пары).
- Метод доступа — маркерный.
- Скорость передачи информации — 100 Мбит/с (200 Мбит/с для дуплексного режима передачи).

Как видим, FDDI имеет большие преимущества по сравнению со всеми рассмотренными ранее сетями. Даже сеть Fast Ethernet, имеющая такую же пропускную способность 100 Мбит/с, не может сравниться с FDDI по допустимым размерам сети и допустимому количеству абонентов. К тому же маркерный метод доступа FDDI обеспечивает в отличие от CSMA/CD гарантированное время доступа и отсутствие конфликтов при любом уровне нагрузки.

Отметим, что ограничение на общую длину сети в 20 км связано не с затуханием сигналов, а с необходимостью ограничения времени полного прохождения сигнала по кольцу для обеспечения предельно допустимого времени доступа. А вот максимальное расстояние между абонентами (2 км) определяется как раз затуханием сигналов в кабеле.

Для передачи данных в FDDI применяется уже упоминавшийся в первой главе код 4B/5B (см. табл. 1.1), специально разработанный для этого стандарта, и обеспечивающий скорость 100 Мбит/с при пропускной способности кабеля 125 миллионов сигналов в секунду (или 125 МБод), а не 200 МБод, как в случае кода Манчестер-II. При этом каждым четырем битам передаваемой информации (каждому полубайту или нибблу) ставится в соответствие пять бит для восстановления синхронизации на приемном конце.

Стандарт FDDI для достижения высокой гибкости сети предусматривает включение в кольцо сетевых адаптеров двух типов:

- Адаптеры класса А подключаются к обоим (внутреннему и внешнему) кольцам сети. При этом реализуется возможность обмена со скоростью до 200 Мбит/с или же возможность резервирования кабеля сети (при повреждении основного кабеля используется резервный кабель). Аппаратура этого класса используется в самых критичных частях сети.
- Адаптеры класса В подключаются только к одному (внешнему) кольцу сети. Естественно, они могут быть более простыми и дешевыми, чем адаптеры класса А, но не имеют их возможностей.

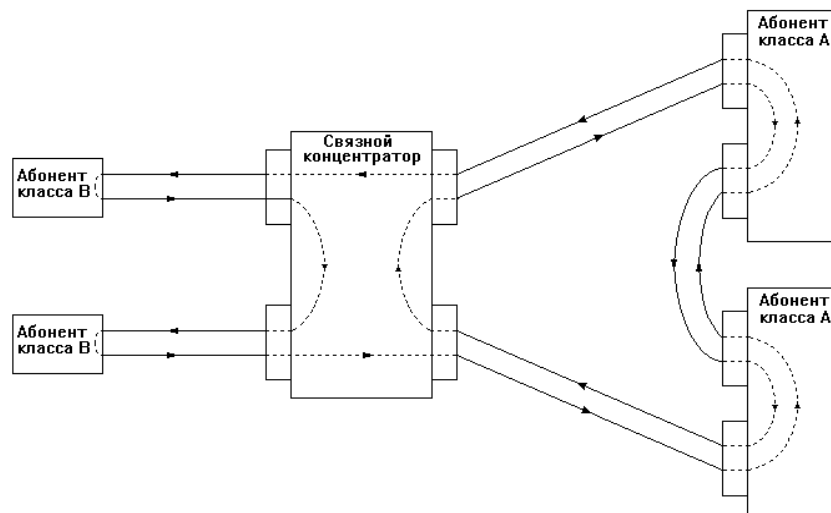


Рис. 3.32. Пример конфигурации сети FDDI

Кроме собственно абонентов (компьютеров, терминалов и т.д.) в сети могут использоваться связные концентраторы (wiring concentrators), включение которых позволяет собрать в одно место все точки подключения с целью контроля за работой сети, диагностики неисправностей и упрощения реконфигурации. При применении кабелей разных типов (например, оптоволоконного кабеля и витой пары) концентратор выполняет также преобразование электрических сигналов в оптические и наоборот. Пример конфигурации сети FDDI представлен на рис. 3.32.

Стандарт FDDI предусматривает также возможность реконфигурации сети с целью сохранения ее работоспособности в случае повреждения кабеля (рис. 3.33). В показанном на рисунке случае поврежденный участок кабеля исключается из кольца, но целостность сети при этом не нарушается вследствие перехода на одно кольцо вместо двух (то есть адаптеры класса А начинают работать как адаптеры класса В).

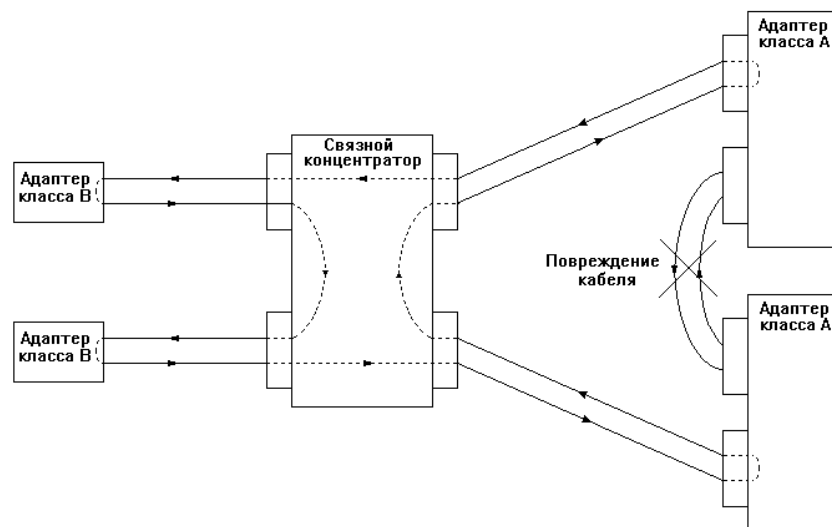


Рис. 3.33. Реконфигурация сети FDDI при повреждении кабеля

В отличие от метода доступа, предлагаемого стандартом IEEE 802.5, в FDDI применяется так называемая множественная передача маркера. Если в случае Token-Ring новый (свободный) маркер передается абонентом только после возвращения к нему его пакета, то в FDDI новый маркер передается абонентом сразу же после окончания передачи им пакета. То есть последовательность действий здесь следующая.

1. Абонент, желающий передавать, ждет маркера, который идет за каждым пакетом.
2. Когда маркер пришел, абонент удаляет его из сети и передает свой пакет.
3. Сразу после передачи пакета абонент посылает новый маркер.

Одновременно каждый абонент ведет свой отсчет времени, сравнивая реальное время обращения маркера (TRT) с заранее установленным контрольным временем его прибытия (РТТ). Если маркер возвращается раньше, чем установлено РТТ, то сеть загружена мало, и следовательно, абонент может спокойно передавать всю свою информацию. Если же маркер возвращается позже, чем установлено РТТ, то сеть загружена сильно, и абонент может передавать только самую необходимую информацию. При этом величины контрольного времени РТТ могут устанавливаться различными для разных абонентов. Такой механизм позволяет абонентам гибко реагировать на загрузку сети и поддерживать ее на оптимальном уровне.

Стандарт FDDI в отличие от стандарта IEEE 802.5 не предусматривает возможности установки приоритетов пакетов и резервирования. Вместо этого все абоненты разделяются на две группы: асинхронные и синхронные. Асинхронные абоненты — это те, для которых время доступа к сети не слишком критично. Синхронные — это те, для которых время доступа должно быть жестко ограничено. В стандарте предусмотрен специальный алгоритм, обслуживающий эти два типа абонентов.



Рис. 3.34. Формат маркера FDDI



Рис. 3.35. Формат пакета FDDI

Форматы маркера (рис. 3.34) и пакета (рис. 3.35) сети FDDI несколько отличаются от используемых в сети Token-Ring.

Характерная особенность FDDI состоит в том, что в сети могут использоваться как 16-разрядные, так и 48-разрядные сетевые адреса. Количество разрядов адреса задается специальным битом в поле управления. Размер поля данных может быть переменным, но суммарная длина пакета в любом случае не может превышать 4500 байт. Поле преамбулы служит для начальной синхронизации приема. В пакете используется 32-разрядная циклическая контрольная сумма.

В заключение отметим, что несмотря на очевидные преимущества FDDI данная сеть не получила пока широкого распространения, что связано главным образом с высокой стоимостью ее аппаратуры (порядка 3—5 тысяч долларов). Однако в ближайшее время ситуация может измениться.

3.6. Особенности аппаратуры сети 100VG-AnyLAN

Сеть 100VG-AnyLAN — это одна из последних разработок высокоскоростных локальных сетей, недавно появившаяся на рынке. Она соответствует стандарту IEEE 802.12, так что уровень ее стандартизации достаточно высокий. Главными достоинствами ее являются большая скорость обмена, сравнительно невысокая стоимость аппаратуры (примерно вдвое дороже по сравнению с наиболее популярной сетью 10BASE-T), простой протокол обмена без конфликтов и совместимость на уровне пакетов с сетями Ethernet и Token-Ring.

Основные технические характеристики сети 100VG-AnyLAN следующие:

- Скорость передачи — 100 Мбит/с.
- Топология — типа "звезда" с возможностью наращивания.
- Метод доступа — централизованный, безконфликтный ("Demand Priority").
- Среда передачи — счетверенная неэкранированная витая пара (кабели UTP категории 3, 4 или 5), сдвоенная витая пара (кабель UTP категории 5), сдвоенная экранированная витая пара (STP), а также оптоволоконный кабель. Сейчас в основном распространена счетверенная витая пара.

- Максимальная длина кабеля между концентратором и абонентом — 100 метров (для UTP кабеля категории 3), 150 метров (для UTP кабеля категории 5 и экранированного кабеля), 2 километра (для оптоволоконного кабеля).

Таким образом, параметры сети 100VG-AnyLAN довольно близки к параметрам сети Fast Ethernet. Однако главное преимущество Fast Ethernet — это полная совместимость с наиболее распространенной сетью Ethernet (в случае 100VG-AnyLAN для этого обязательно требуется довольно дорогой мост). В то же время, централизованное управление 100VG-AnyLAN, исключающее конфликты и гарантирующее заданную величину времени доступа (чего не в сети Ethernet), также нельзя сбрасывать со счетов.

Пример структуры сети 100VG-AnyLAN показан на рис. 3.36.

Сеть 100VG-AnyLAN состоит из центрального (основного) концентратора уровня 1, к которому могут подключаться как отдельные абоненты, так и концентраторы уровня 2, к которым в свою очередь подключаются абоненты и концентраторы уровня 3. При этом сеть может иметь не более трех таких уровней.

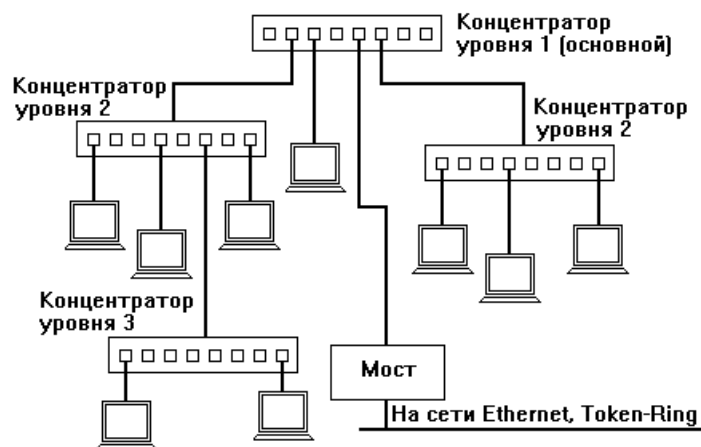


Рис. 3.36. Структура сети 100VG-AnyLAN

В отличие от неинтеллектуальных концентраторов других сетей (например, Ethernet), концентраторы сети 100VG-AnyLAN — это интеллектуальные контроллеры, которые управляют всем доступом к сети. Для этого они непрерывно контролируют запросы, поступающие на все порты. Концентраторы принимают все приходящие пакеты и отправляют их только тем абонентам, которым они адресованы.

Каждый из концентраторов может быть настроен на работу с форматами пакетов Ethernet или пакетов Token-Ring. (При этом, естественно, концентраторы всей сети должны работать с пакетами одного формата.) Поэтому для связи с этими сетями могут применяться довольно простые мосты.

Концентратор имеют один порт верхнего уровня (для присоединения к концентратору более высокого уровня) и несколько портов нижнего уровня (для присоединения абонентов).

Каждый порт концентратора может быть установлен в один из двух возможных режимов работы:

- Нормальный режим предполагает пересылку только пакетов, адресованных присоединенному к порту абоненту.
- Мониторный режим предполагает пересылку абоненту, присоединенному к порту, всех пакетов, приходящих на концентратор.

Это позволяет гибко менять конфигурацию сети.

В качестве абонента может выступать компьютер (рабочая станция), сервер, мост, маршрутизатор, коммутатор, а также другой концентратор.

Метод доступа к сети 100VG-AnyLAN довольно типичен для сетей с топологией типа "звезда" и состоит в следующем.

Каждый желающий передавать абонент посылает концентратору свой запрос на передачу. В каждом таком запросе указывается уровень приоритета: нормальный уровень приоритета (для обычных приложений) или высокий уровень приоритета (для приложений, требующих быстрого обслуживания). Запросы на высокий уровень приоритета обслуживаются раньше, чем запросы на нормальный приоритет. Вообще же абоненты сети прослушиваются концентратором по кругу в порядке очереди.

Если приходит запрос высокого приоритета, то нормальный порядок обслуживания прерывается, и после окончания приема текущего пакета обслуживается запрос высокого приоритета. Если таких запросов несколько, то возврат к нормальной процедуре обслуживания происходит только после обработки всех этих запросов. При этом концентратор следит за тем, чтобы не была превышена установленная величина гарантированного времени доступа. Если высокоприоритетных запросов слишком много, то запросы с нормальным приоритетом автоматически переводятся в ранг высокоприоритетных.

Концентраторы более низких уровней также анализируют запросы абонентов, присоединенных к ним, и в случае необходимости пересылают их запросы к концентратору более высокого уровня. За один раз концентратор более низкого уровня может передать концентратору более высокого уровня не один пакет (как обычный абонент), а столько пакетов, сколько абонентов присоединено к нему.

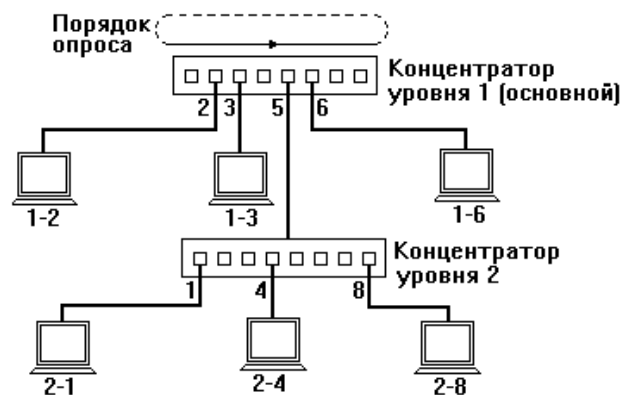


Рис. 3.37. Порядок обслуживания абонентов на различных уровнях сети

Так, для примера на рис. 3.37 в случае одновременного возникновения заявок на передачу у всех абонентов (компьютеров) порядок обслуживания будет такой: компьютер 1-2, затем 1-3, потом 2-1, 2-4, 2-8, и далее 1-6. Однако так будет только при одинаковом (нормальном) приоритете всех запросов. Если же, например, от компьютеров 1-2, 2-4 и 2-8 поступят высокоприоритетные запросы, то порядок обслуживания будет таким: 1-2, 2-4, 2-8, 1-3, 2-1, 1-6.

Помимо собственно передачи пакетов и пересылки запросов на передачу в сети применяется также специальная процедура подготовки к связи (Link Training), во время которой концентратор и абоненты обмениваются между собой специальными управляющими пакетами. При этом проверяется правильность присоединения линий связи и их исправность. Одновременно концентратор получает информацию об особенностях

абонентов, подключенных к нему, их назначении и их сетевых адресах. Запускается данная процедура абонентом при включении питания или после подключения к концентратору, а также при большом уровне ошибок.

Интересно решена в сети 100VG-AnyLAN проблема кодирования передаваемых данных.

Передаваемая информация проходит следующие этапы обработки:

- Разделение на квинтеты (группы по 5 бит).
- Перемешивание, скремблирование (scrambling) полученных квинтетов.
- Кодирование квинтетов специальным кодом 5B6B (этот код обеспечивает в выходной последовательности не более трех единиц или нулей подряд, что используется для детектирования ошибок).
- Добавление начального и конечного разделителей кадра.

Сформированные таким образом кадры передаются в 4 линии передачи (при использовании счетверенной витой пары). При сдвоенной витой паре и оптоволоконном кабеле применяется временное мультиплексирование информации в каналах.

В результате всех этих действий достигается рандомизация сигналов, выравнивание количества передаваемых единиц и нулей, снижение взаимовлияния кабелей друг на друга и самосинхронизация передаваемых сигналов без удвоения требуемой полосы пропускания, как в случае кода Манчестер-II.

В случае использования счетверенной витой пары передача по каждой четырех витых пар ведется со скоростью 30 Мбит/с. То есть суммарная скорость передачи составляет 120 Мбит/с. Однако полезная информация вследствие использования кода 5B6B передается при этом всего лишь со скоростью 100 Мбит/с. Таким образом, пропускная способность кабеля должна быть не менее 15 МГц.

В сети 100VG-AnyLAN предусмотрены два режима обмена: при полудуплексном обмене все четыре витые пары используются для передачи одновременно в одном направлении (от абонента к концентратору или наоборот), а при полнодуплексном обмене две витые пары передают в одном направлении, а две другие — в другом направлении. При этом собственно информационные пакеты передается только в полудуплексном режиме. Полнодуплексный режим применяется при передаче управляющих сигналов.

Для управления используются два тональных сигнала. Первый из них представляет собой последовательность из 16 логических единиц и 16 логических нулей, следующих с частотой 30 МГц (в результате частота сигнала получается равной 0,9375 МГц). Второй тональный сигнал имеет вдвое большую частоту (1,875 МГц) и образуется чередованием восьми логических единиц и восьми логических нулей. Все управление сетью осуществляется комбинацией этих тональных сигналов.

Передаваемые сигналы	Расшифровка абонентом	Расшифровка концентратором
1 — 1	Нет информации для передачи	Нет информации для передачи
1 — 2	Концентратор принимает пакет	Запрос нормального приоритета
2 — 1	Зарезервировано	Высокоприоритетный запрос
2 — 2	Запрос процедуры подготовки к связи	Запрос процедуры подготовки к связи

Табл. 3.12. Расшифровка комбинаций управляющих тональных сигналов

В таблице 3.12 приведена расшифровка различных комбинаций этих сигналов, передаваемых абоненту и концентратору. Когда ни у абонента, ни у концентратора нет информации для передачи, оба они посылают по обеим линиям первый тоновый сигнал (1 — 1). Если принимаемый концентратором пакет может быть адресован данному абоненту, ему посылается комбинация сигналов 1 — 2. При этом абонент должен прекратить

передачу управляющих сигналов концентратору и освободить эти две линии связи для пересылки информационных пакетов. Такая же комбинация (1 — 2), полученная концентратором, означает запрос на передачу пакета с нормальным приоритетом. Запрос на передачу пакета с высоким приоритетом передается комбинацией 2 — 1. Наконец, комбинация 2 — 2 сообщает как абоненту, так и концентратору о необходимости перейти к процедуре подготовки к связи.

3.7. Сеть Gigabit Ethernet — ближайшая перспектива

Быстродействие сети Fast Ethernet, других сетей, работающих на скорости в 100 Мбит/с в настоящее время удовлетворяет требованиям большинства задач, но в ряде случаев даже его оказывается недостаточно. Особенно это касается тех ситуаций, когда необходимо подключать к сети современные высокопроизводительные серверы или строить сети с большим количеством абонентов, требующих высокой интенсивности обмена. Например, все более широко применяется сетевая обработка трехмерных динамических изображений. Скорость компьютеров непрерывно растет, они обеспечивают все более высокие темпы обмена с внешними устройствами. В результате сеть может оказаться наиболее слабым местом системы, и ее пропускная способность будет основным сдерживающим фактором в увеличении быстродействия.

Работы по достижению скорости передачи в 1 Гбит/с или 1000 Мбит/с (если уж увеличивать быстродействие, то на порядок) ведутся в последние годы довольно интенсивно в нескольких направлениях. Однако, скорее всего, наиболее перспективным окажется сеть Gigabit Ethernet. Это связано прежде всего с тем, что переход на нее окажется наиболее безболезненным, самым дешевым и психологически приемлемым. Ведь сеть Ethernet и ее более быстрая версия Fast Ethernet сейчас далеко опережают всех своих конкурентов по объему продаж и распространенности в мире.

Сеть Gigabit Ethernet — это естественный, эволюционный путь развития концепции, заложенной в стандартной сети Ethernet. Естественно, она наследует и все недостатки своих прямых предшественников, например, негарантированное время доступа к сети. Однако огромная пропускная способность приводит к тому, что загрузить сеть до тех уровней, когда этот фактор становится определяющим, довольно трудно. Зато сохранение преемственности позволяет легко и просто соединять сегменты Ethernet, Fast Ethernet и Gigabit Ethernet в единую сеть, и, самое главное, переходить к новым скоростям постепенно, вводя гигабитные сегменты только на самых напряженных участках сети. (К тому же далеко не везде такая высокая пропускная способность действительно необходима.) Если же говорить о конкурирующих гигабитных сетях, то их применение может потребовать полной замены сетевой аппаратуры, что сразу же приведет к огромным затратам средств.

В сети Gigabit Ethernet сохраняется все тот же хорошо зарекомендовавший себя в предыдущих версиях метод доступа CSMA/CD, используются те же форматы пакетов (кадров) и те же их размеры. То есть никакого преобразования протоколов в местах соединения с сегментами Ethernet и Fast Ethernet не потребуется. Единственно, что нужно, — это согласование скоростей обмена. Поэтому главной областью применения Gigabit Ethernet станет в первую очередь соединение концентраторов Ethernet и Fast Ethernet между собой.

С появлением сверхбыстродействующих серверов и распространением наиболее совершенных персональных компьютеров класса "high-end" преимущества Gigabit Ethernet будут становиться все более явными. Отметим, что 64-разрядная системная магистраль PCI, ставшая уже фактическим стандартом, вполне достигает требуемой для такой сети скорости передачи данных.

Работы по сети Gigabit Ethernet ведутся с 1995 года. Первый проект сети был предложен в начале 1997 года, а принятие стандарта, получившего наименование IEEE 802.3z, ожидается в начале 1998 года. Разработкой занимается специально созданный альянс (Gigabit Ethernet Alliance), в который, в частности, входит такая известная фирма, занимающаяся сетевой аппаратурой, как 3Com.

Переход на такую огромную скорость передачи не так прост, как может показаться. Для аппаратуры Gigabit Ethernet будут использоваться БИСы, выполненные по 0,35-микронной технологии. Только они позволят добиться требуемого быстродействия. Существующие же сегодня 0,5-микронные БИСы не могут обеспечить заданной скорости. Так что решать приходится не только чисто сетевые, но и очень непростые технологические задачи. Ожидается разработка 32-разрядного контроллера, включающего и буферную память на кристалле, включающем в себя до миллиона логических элементов.

Номенклатура сегментов сети Gigabit Ethernet в настоящее время включает в себя следующие типы:

- 1000BASE-SX — сегмент на мультимодовом оптоволоконном кабеле с длиной волны светового сигнала 850 нм.
- 1000BASE-LX — сегмент на мультимодовом и одномодовом оптоволоконном кабеле с длиной волны светового сигнала 1300 нм.
- 1000BASE-CX — сегмент на электрическом кабеле (экранированная витая пара).
- 1000BASE-T — сегмент на электрическом кабеле (четверенная неэкранированная витая пара).

Первый вариант сети Gigabit Ethernet будет выполнен на оптоволоконном кабеле. Примерно в это же время ожидается появление сети на экранированном электрическом (или коаксиальном) кабеле. Что касается наиболее удобного варианта на неэкранированной витой паре 1000BASE-T (на UTP кабеле категории 5), то его появление планируется не раньше начала 1999 года, так как оно потребует специальных технологических разработок и работ в области цифровой обработки сигналов.

Что касается максимальной длины сети на различных сегментах, то предполагается, что она будет составлять 500 метров для мультимодового оптоволоконного кабеля, 2000 метров для одномодового оптоволоконного кабеля, 25 метров для экранированной витой пары (коаксиального кабеля) и от 25 до 100 метров для неэкранированной витой пары.

Специально для сети Gigabit Ethernet предложен метод кодирования передаваемой информации 8B/10B, построенный по тому же принципу, что и код 4B/5B сети FDDI. То есть восьми битам информации, которую нужно передать, ставится в соответствие 10 бит, передаваемых по сети. Этот код позволяет сохранить самосинхронизацию, легко обнаруживать несущую (факт передачи), но не требует удвоения полосы пропускания, как в случае кода Манчестер-II.

Для увеличения 512-битного интервала сети Ethernet, соответствующего минимальному временному дискрету, который используется в методе CSMA/CD (51,2 мкс в сети Ethernet и 5,12 мкс в сети Fast Ethernet), разработаны специальные методы. В противном случае временной интервал 0,512 мкс чрезмерно ограничивал бы предельную длину сети Gigabit Ethernet.

Предполагается поддерживать передачу в сети Gigabit Ethernet как в полудуплексном (с сохранением метода доступа CSMA/CD), так и в полнодуплексном режимах (как и в предшествующей сети Fast Ethernet).

Прежде всего сеть Gigabit Ethernet, видимо, найдет применение в сетях, объединяющих компьютеры больших фирм, предприятий, которые располагаются в нескольких зданиях. Она позволит с помощью соответствующих коммутаторов,

преобразующих скорости передачи, обеспечить каналы связи с высокой пропускной способностью между отдельными частями сети (рис. 3.38) или линии связи коммутаторов со сверхбыстродействующими серверами (рис. 3.39).

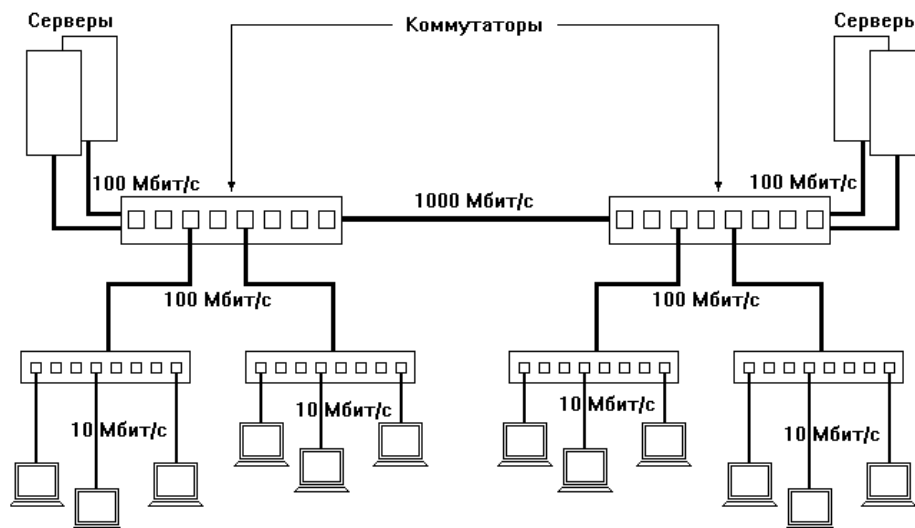


Рис. 3.38. Использование сети Gigabit Ethernet для соединения групп компьютеров

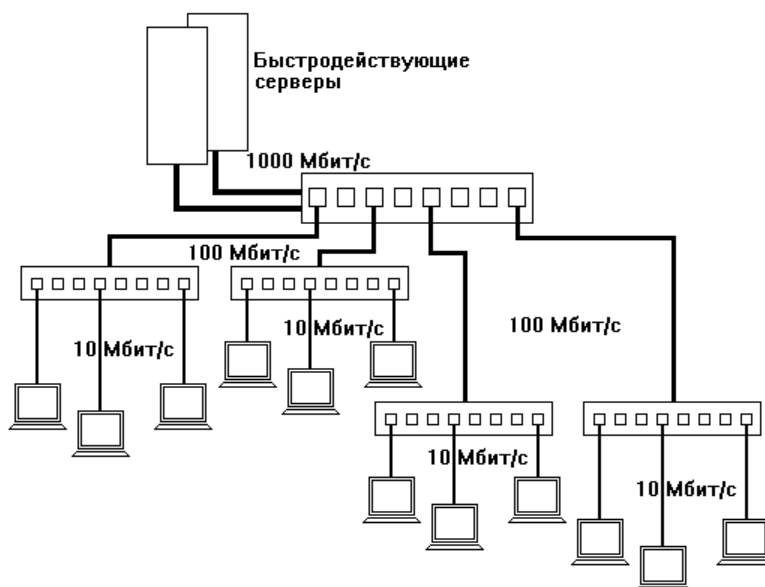


Рис. 3.39. Использование сети Gigabit Ethernet для подключения быстродействующих серверов

Вероятно, в ряде случаев Gigabit Ethernet будет вытеснять оптоволоконную сеть FDDI, которая в настоящее время все чаще используется для объединения в единую сеть нескольких локальных сетей, в том числе, и сетей Ethernet. Правда, FDDI может связывать абонентов, находящихся на гораздо большем расстоянии друг от друга, но по скорости Gigabit Ethernet существенно превосходит FDDI.

Так что в скором времени нас ждет принципиально важный прорыв в область

скоростей передачи, еще недавно казавшихся фантастическими и даже, более того, никому не нужными. А там, возможно, появится и сеть со скоростью 10 000 Мбит/с, ведь такие разработки уже ведутся.

Глава 4. Разработка аппаратуры локальных сетей

В данной главе рассматриваются несколько примеров практической реализации аппаратуры локальных сетей. В первую очередь, конечно, это интересно разработчикам электронной аппаратуры. Однако даже тем, кто не занимается профессионально разработкой, будет интересно, на наш взгляд, познакомиться с методами организации взаимодействия различных узлов сетевой аппаратуры, с различными подходами к реализации основных функций локальных сетей. Рассматриваемые примеры подобраны таким образом, чтобы продемонстрировать достаточно широкий спектр решений.

Отметим, что описанные здесь сети не обеспечивают рекордных характеристик (по быстродействию, размерам сети, оптимальности организации обмена и т.д.). Они реализованы на широко распространенных микросхемах малой и средней степени интеграции (преимущественно серии КР1533). В то же время во многих случаях они вполне могут конкурировать с некоторыми распространенными сетями.

4.1. Локальная сеть типа "шина"

Первая сеть, которую мы рассмотрим, это малая локальная сеть с невысокой скоростью обмена (1 Мбит/с), имеющая топологию типа "шина". Интересна она в первую очередь выбранным методом доступа с фиксированными приоритетами абонентов и с предотвращением конфликтов.

Основные технические характеристики сети следующие.

- Скорость передачи — 1 Мбит/с.
- Топология — типа "шина".
- Максимальная длина кабеля сети — 400 метров.
- Максимальное количество абонентов — 31.
- Среда передачи информации — экранированная витая пара.
- Метод кодирования информации — Манчестер-II.
- Метод доступа к сети — временной с фиксированными приоритетами.
- Гальваническая развязка — трансформаторная.
- Максимальная длина пакета — 1 Кбайт.

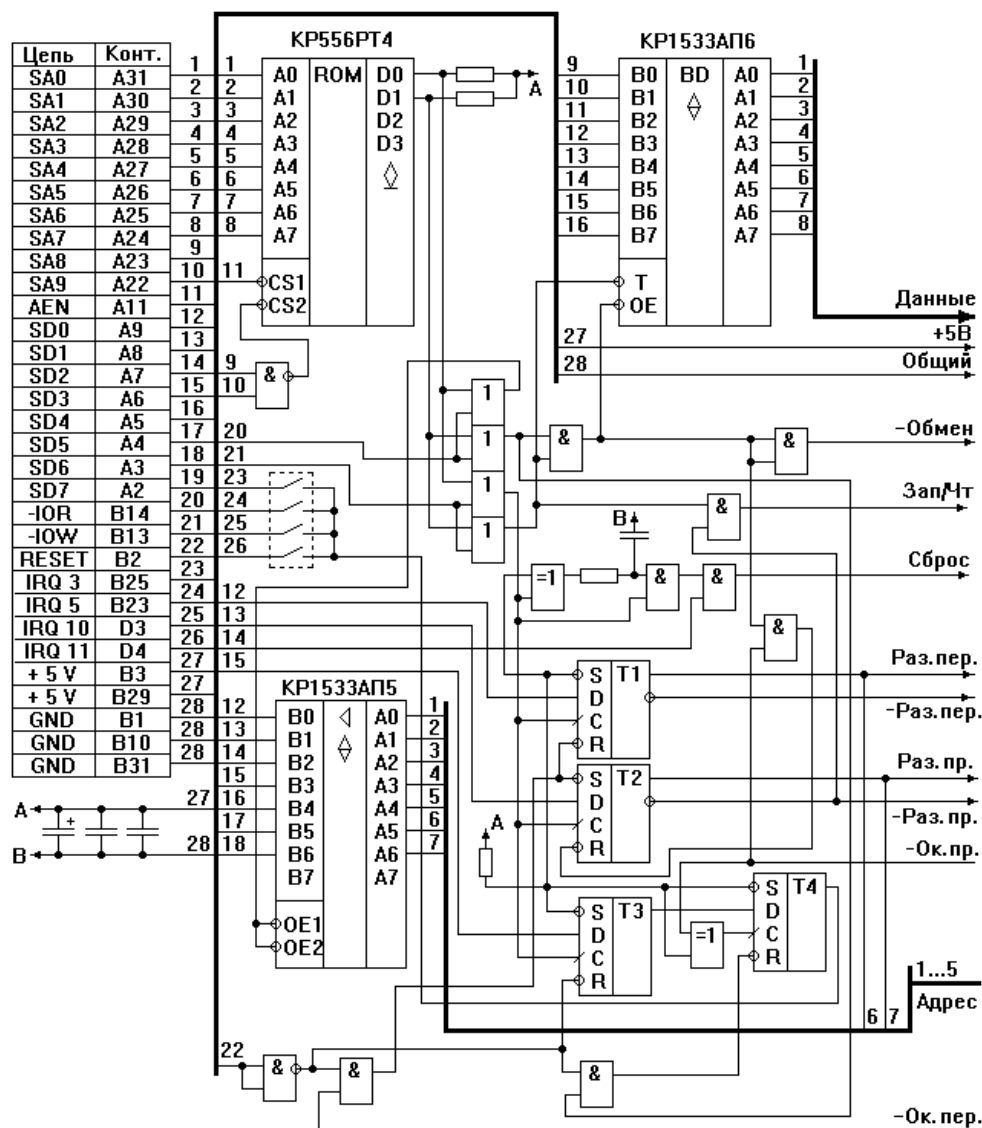


Рис. 4.1. Интерфейсная часть адаптера сети типа "шина"

Рассмотрим реализацию адаптера этой сети, ориентированного на сопряжение с системной магистралью ISA персонального компьютера типа IBM PC.

На рис. 4.1 представлена принципиальная схема интерфейсной части адаптера. Здесь селектор адреса выполнен на микросхеме ППЗУ типа KP556PT4, в качестве буферов данных использованы микросхемы KP1533АП5 и KP1533АП6. Режимы работы адаптера определяются состоянием триггеров T1 (разрешение передачи) и T2 (разрешение приема). Используется сигнал прерывания по окончании приема пакета (триггер T4), при этом номер канала прерывания выбирается счетверенным переключателем.

В адресном пространстве устройств ввода/вывода адаптер имеет два адреса. Первый из них (ему соответствует сигнал логического нуля на выходе D0 ППЗУ) служит для записи и чтения данных, а второй (ему соответствует нулевой сигнал на выходе D1) — для записи и чтения управляющего слова. Обмен ведется байтами, что связано с

необходимостью упрощения аппаратуры.

Формат управляющего слова приведен на рис. 4.2.

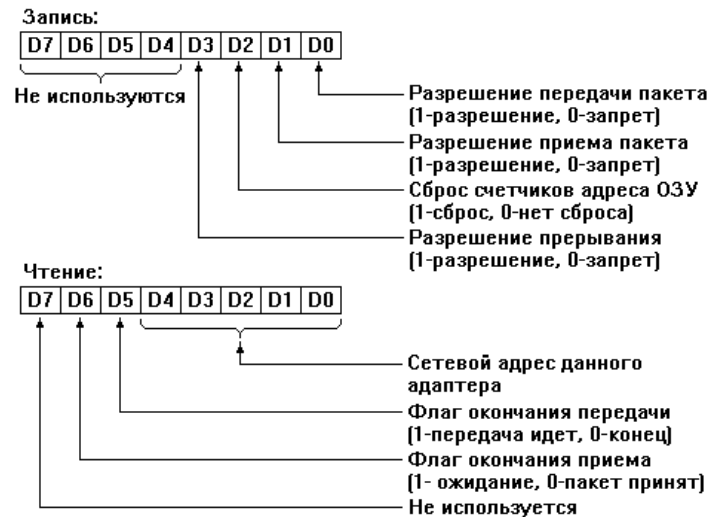


Рис. 4.2. Формат управляющего слова

Младший (нулевой) бит управляющего слова записывается в триггер Т1, первый бит — в триггер Т2, а третий бит — в триггер Т3, разрешающий работу триггера прерывания Т4. Из второго бита и строба записи управляющего слова формируется сигнал сброса (в случае, когда второй разряд равен единице). При чтении управляющего слова через однонаправленный буфер КР1533АП5 помимо пяти бит сетевого адреса данного адаптера читаются сигналы с выходов триггеров Т1 и Т2. Сбрасывается триггер Т1 сигналом окончания передачи (Ок. пер.), а триггер Т2 — сигналом окончания приема (Ок. пр.). По магистральному сигналу RESET (например, при включении питания компьютера) адаптеру разрешается прием и запрещается передача. В режим разрешения приема адаптер автоматически переходит по окончании передачи (устанавливается триггер Т2).

Двунаправленный буфер КР1533АП6, передающий информацию, включается при обращении с циклами записи или чтения данных по первому адресу адаптера. Направление передачи определяется стробом записи данных.

Теперь перейдем к рассмотрению основной (операционной) части адаптера, выполняющей собственно сетевые функции. Принципиальная схема операционной части показана на рис. 4.3. Центральный узел этой части — буферное ОЗУ объемом 1 Кбайт, выполненное на микросхемах КР541РУ2. В этом ОЗУ программно формируется передаваемый пакет, который затем выдается в сеть, и в него же принимается пакет из сети, который затем программно считывается компьютером. Шина данных ОЗУ объединена с шиной данных регистра сдвига КР1533ИР24, который выполняет преобразование параллельного кода в последовательный при передаче в сеть и обратное преобразование при приеме из сети. Адрес буферного ОЗУ задается реверсивным 10-разрядным счетчиком на КР1533ИЕ7. При этом любое обращение по магистрали к буферному ОЗУ с циклами записи или чтения (сигнал Обмен) наращивает состояние счетчика на единицу, а стробы приема байта из сети или передачи байта в сеть в свою очередь уменьшают состояние счетчика на единицу.

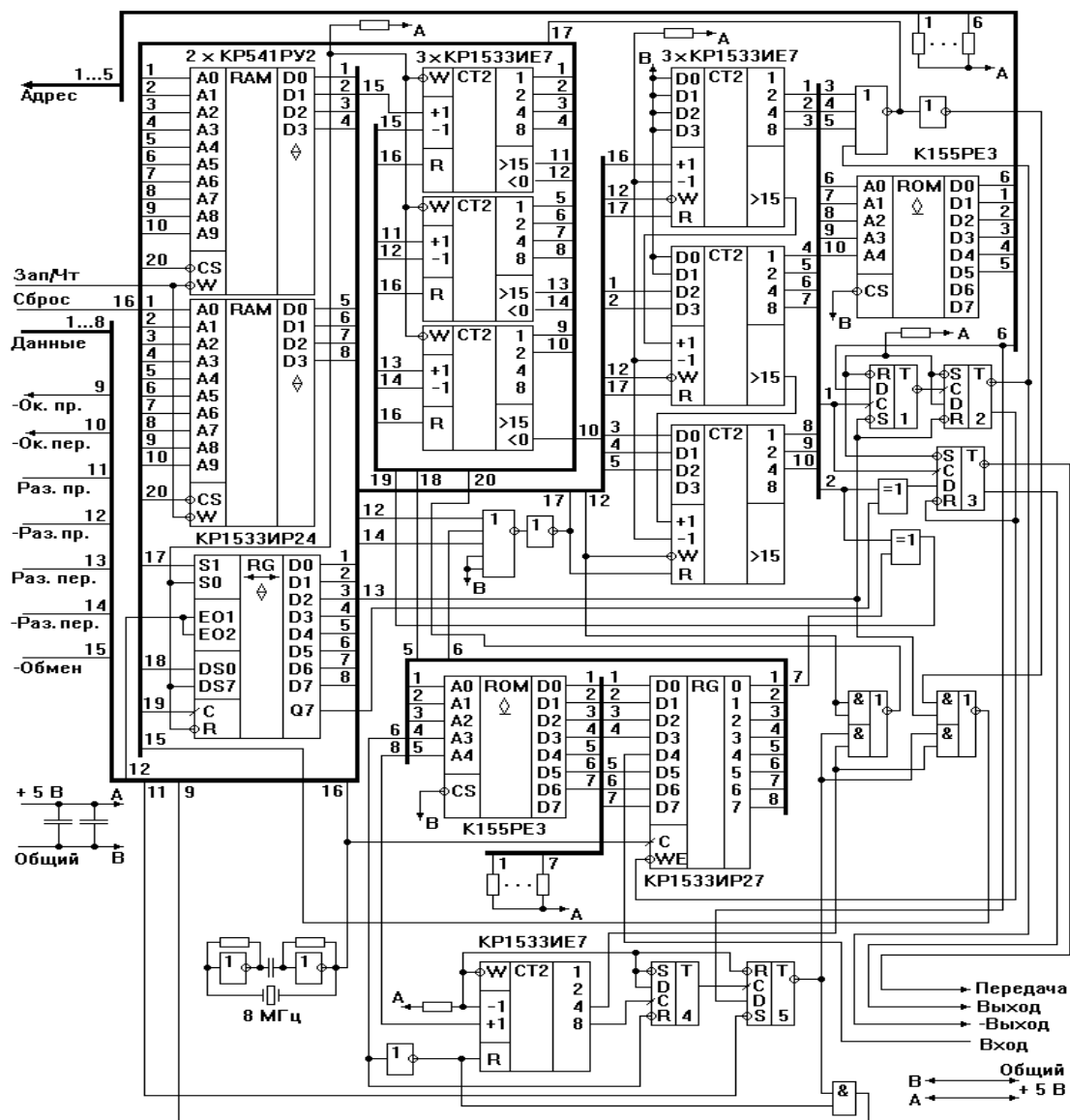


Рис. 4.3. Операционная часть адаптера сети типа "шина"

То есть порядок записи в ОЗУ и чтения из ОЗУ может быть проиллюстрирован рис. 4.4.

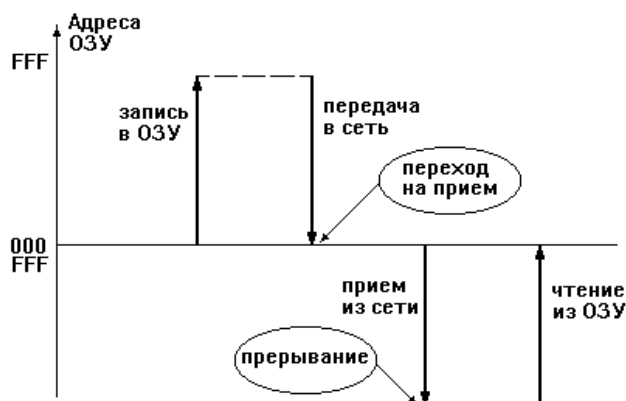


Рис. 4.4. Порядок обмена с буферным ОЗУ адаптера сети

При необходимости передачи пакета в сеть предварительно сбрасывается счетчик адресов ОЗУ, а затем в ОЗУ последовательно записываются все байты пакета. Каждая запись байта наращивает выходной код счетчика на единицу. При этом байт, который будет передан в сеть первым, должен быть записан последним, то есть пакет передается в сеть задом наперед. Затем дается команда на разрешение передачи, и если позволяет состояние сети, то пакет передается в сеть. Код на выходе счетчика (адрес ОЗУ) уменьшается на единицу с каждым переданным в сеть байтом. Передача идет до тех пор, пока адрес не станет равным нулю. То есть здесь автоматически учитывается длина передаваемого пакета: сколько байтов было записано в ОЗУ, столько же будет выдано в сеть.

При приеме (когда прием разрешен и по сети приходит пакет, адресованный данному адаптеру) принимаемый пакет также записывается в ОЗУ, причем каждый строб приема байта уменьшает адрес ОЗУ на единицу. Когда прием заканчивается, формируется сигнал прерывания, и компьютер переходит к чтению принятого пакета. Чтение производится побайтно, и каждое чтение наращивает адрес ОЗУ на единицу. То есть тот байт, который пришел по сети последним, будет считан первым. В результате такого двойного переворота пакета тот байт, который передатчик переслал в свой адаптер первым, будет первым же считан приемником из своего адаптера. Окончание чтения принятого пакета из ОЗУ определяется в данной сети программно (в пакет включается число байтов пакета, и компьютер читает именно столько байтов, сколько было передано).

Для организации доступа к сети используется схема на счетчиках КР1533ИЕ7 и микросхеме ППЗУ К155РЕ3 (в правой верхней части рис. 4.3). Как уже отмечалось, в данной сети применен метод временного арбитража с фиксированными приоритетами. То есть в то время, как по сети идет обмен, передача аппаратно запрещена. После освобождения сети (в случае, когда установлен сигнал разрешения передачи — Разр.пер.) снимается сигнал сброса со счетчиков и начинается отсчет временного интервала, индивидуального для каждого адаптера. Если в течение этого интервала передачу начнет другой адаптер (с большим приоритетом), то счетчик снова сбрасывается и адаптер снова ждет освобождения сети. Если же в течение интервала данного адаптера сеть остается свободной, то после его окончания на выходе ППЗУ D0 вырабатывается сигнал логического нуля, который разрешает передачу данного адаптера. Таким образом, наибольший приоритет имеет адаптер с наименьшей величиной арбитражного интервала. Дискрет времени этого интервала для разных адаптеров не должен быть меньше двойного времени прохождения сигнала по сети (в нашей схеме дискрет равен 4 мкс).

Выходы ППЗУ D1...D5 запрограммированы таким образом, чтобы на них

постоянно (независимо от входных сигналов ППЗУ) присутствовал код сетевого адреса данного адаптера, который программно доступен компьютеру (см. рис. 4.2). Пример прошивки ППЗУ для сетевого адреса 5 приведен в табл. 4.1.

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
00	0B	0B	0B	0B	0B	0A	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B
10	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0B	0A

Табл. 4.1. Прошивка ППЗУ для сетевого адреса 5

Данные при передаче преобразуются в последовательную форму сдвиговым регистром КР1533ИР24 и кодируются в код Манчестер-II с помощью элемента "Исключающее ИЛИ" с выходным триггером для устранения помеховых импульсов.

В случае, когда адаптер находится в состоянии разрешения приема информации из сети (установлен сигнал Разр.пр.), разрешается работа дешифратора кода Манчестер-II, выполненного на микропрограммном автомате, описанном во второй главе (правая нижняя часть схемы на рис. 4.3). Он вырабатывает сигнал данных, строб данных и сигнал занятости сети. По сигналу строба данные записываются в регистр сдвига, а из него (уже в параллельном коде) — в буферное ОЗУ.

Распознавание собственного сетевого адреса в принимаемом пакете производится аппаратно с помощью все той же микросхемы ППЗУ в правом верхнем углу рис. 4.3. Любой пакет данной сети (рис. 4.5) должен содержать адрес приемника в первом (передаваемом) своем байте. После окончания приема первого байта пакета производится сравнение нужных битов с собственным сетевым адресом данного адаптера. При этом код принятого байта поступает на входы параллельной загрузки счетчиков, которые находятся при этом в режиме пропускания (параллельной загрузки). То есть на адресные входы ППЗУ проходит код принятого первого байта. Нулевой сигнал на выходе D0 ППЗУ будет соответствовать совпадению адреса приемника из пакета с собственным сетевым адресом адаптера. Отметим, что сетевой адрес 1F отведен для организации режима широкого вещания, поэтому все ППЗУ распознают этот адрес так же, как и свой собственный (см. правую нижнюю ячейку в табл. 4.1). Если пакет адресован данному адаптеру или все адаптерам, то он записывается в буферное ОЗУ, и по его окончании формируется сигнал окончания приема (Ок. пр.), который вызывает прерывание и сбрасывает флаг окончания приема. В результате компьютер переходит в режим чтения принятого пакета, и первый же сигнал чтения сбрасывает прерывание.



Рис. 4.5. Пример формата пакета сети (общая длина пакета — не более 1023 байт)

Стартовый байт в ОЗУ не записывается, так как содержащаяся в нем информация обработана еще до начала приема пакета. Старший (стартовый) бит стартового байта должен быть всегда равен единице, чтобы обеспечить правильную работу дешифратора манчестерского кода адаптера-приемника.

Таким образом, после окончания приема пакета с форматом рис. 4.5 компьютер начнет чтение содержимого буферного ОЗУ с байта адреса передатчика и с двух байтов длины принятого пакета. Самой последней будет прочитана контрольная сумма.

Несколько слов о контрольной сумме. В данной сети не предусмотрено никаких аппаратных средств для ее вычисления, поэтому она должна вычисляться программно. Самое простое и быстрое решение — находить арифметическую сумму всех байтов пакета и брать ее младший байт. Но для повышения надежности проверки более целесообразно использовать табличное вычисление циклической контрольной суммы, что требует чуть больше времени по сравнению с арифметической суммой, но обеспечивает существенно большую вероятность обнаружения любого числа ошибок. Это тем более важно, что ошибки в данной сети могут быть вызваны не только внешними наводками на линию связи, но и столкновениями пакетов, вероятность которых хоть и очень мала, однако не равна нулю.

Схема приемопередатчика с трансформаторной развязкой приведена на рис. 4.6.

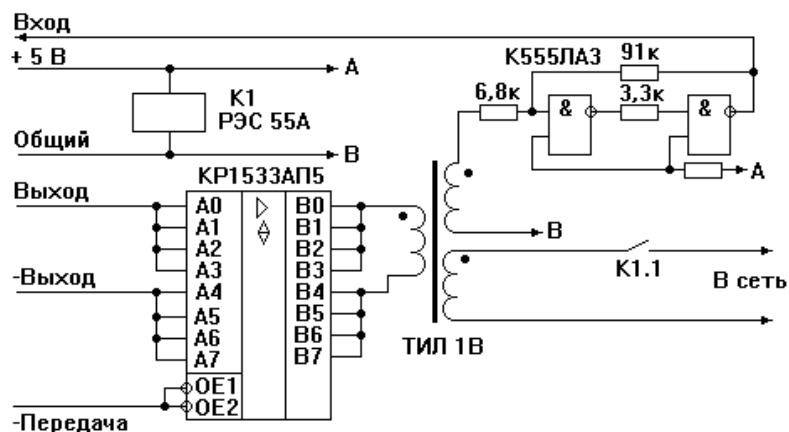


Рис. 4.6. Приемопередатчик сети типа "шина"

Передачик выполнен на микросхеме КР1533АП5, работа которой разрешена только во время передачи пакета. Для увеличения выходного тока входы и выходы объединены по четыре, а для увеличения выходного напряжения применен дифференциальный выход. В качестве приемника использован триггер Шмитта на базе логических элементов с положительной обратной связью. При выключении питания компьютера размыкаются контакты реле, отключая адаптер от сети. Это позволяет уменьшить электрическую нагрузку на сеть от неработающих адаптеров.

При передаче пакета последовательность действий компьютера должна быть следующей.

- Сброс счетчиков адреса буферного ОЗУ (запись числа 4 по первому адресу адаптера).
- Фиктивная запись байта по второму адресу адаптера (этот байт не будет передаваться в сеть). Данная операция учитывает особенности аппаратуры адаптера.
- Последовательная запись всех байтов пакета по второму адресу адаптера. Например, для пакета длиной 512 байт надо 512 раз произвести запись по второму адресу. Байт, записанный первым, будет прочитан также первым на приемном конце.
- Последним по второму адресу адаптера должен быть записан стартовый байт (см. рис. 4.5).
- Затем необходимо разрешить адаптеру передачу (запись 16-ричного числа 9 по первому адресу).
- Возможен программный анализ окончания передачи (проверка состояния бита 5 в байте, считанном из первого адреса). Но после окончания передачи адаптер автоматически переходит в режим разрешения приема, поэтому данная операция не обязательна.

Для приема пакета необходимо проделать следующие действия.

- В режим разрешения приема адаптер попадает в трех случаях: при включении питания компьютера, после окончания передачи своего пакета или после записи 16-ричного числа А по первому адресу адаптера.
- Возможен программный анализ окончания приема (проверка состояния бита 6 в байте, считанном из первого адреса). Однако надо учитывать, что после приема пакета адаптер автоматически вырабатывает сигнал прерывания (если оно разрешено), поэтому программный опрос не обязателен.
- Затем следует чтение принятого пакета побайтно из второго адреса адаптера, причем первое чтение — фиктивное (этот байт не несет информации). Например, для чтения

принятого пакета длиной 512 байт необходимо произвести 512 последовательных операций чтения из второго адреса.

Отметим, что автоматическое наращивание адреса ОЗУ при записи или чтении данных в принципе позволяет использовать строчные (цепочечные) команды ввода и вывода (REP OUTS и REP INS), значительно ускоряющие пересылку данных. Однако при этом не удастся совместить пересылку данных с программным вычислением контрольной суммы.

В заключение кратко остановимся на недостатках данной сети и способах улучшения ее характеристик.

Один из основных недостатков связан с тем, что при обмене с компьютером рассматриваемый адаптер не может принимать адресованные ему пакеты из сети. Чтобы это стало возможным, наиболее радикальное решение — введение в схему второго буферного ОЗУ. То есть пока компьютер формирует пакет в первом ОЗУ (или читает принятый пакет из первого ОЗУ), второе ОЗУ может принимать пакеты из сети (или передавать пакеты в сеть). Оба ОЗУ должны быть одинаковыми и выполнять одни и те же функции. Естественно, лучше брать ОЗУ большего объема, чтобы иметь возможность работать с большими пакетами (или, может быть, принимать даже несколько пакетов сразу).

Максимальная длина кабеля сети (400 метров) может быть увеличена путем замены приемопередатчика на более мощный (можно использовать напряжение питания 12 В). В результате можно увеличить длину сети до 2-3 километров (при той же скорости передачи). При этом также придется увеличить величину дискрета арбитражного интервала, чтобы она была не менее двойного времени прохождения сигнала по сети. В результате может получиться, что максимальная величина задержки станет чрезмерно большой.

Еще один недостаток — это невысокая скорость передачи информации (1 Мбит/с). Самое большое ограничение на скорость накладывает быстродействие дешифратора кода Манчестер-П. Тактовая частота этого дешифратора должна в 8 раз превышать скорость передачи информации (в нашем случае 8 МГц). Если взять более быстродействующее ППЗУ (к примеру, с временем выборки адреса 30 нс) и более быстродействующий регистр (к примеру, с задержкой в 10 нс), то скорость сети может быть увеличена до 3 Мбит/с, так как предельно значение тактовой частоты будет $1/(30 \text{ нс} + 10 \text{ нс}) = 25 \text{ МГц}$. Радикальным способом увеличения быстродействия был бы переход на другую схему дешифратора.

Конечно, существенно повысить реальную, а не физическую скорость обмена по сети можно, применив аппаратное вычисление контрольной суммы. Это избавит компьютер от необходимости дополнительного прохода передаваемого и принимаемого массива данных и позволит применять строчные операции при обмене с адаптером без всяких оговорок.

Увеличить максимально количество абонентов сети до 127 можно очень просто, заменив адресное ППЗУ на микросхему большего объема, например, КР556РТ5. Кроме того придется увеличить разрядность счетчика, задающего адрес этого ППЗУ.

Наконец, недостатком выбранного метода доступа является то, что абоненты с большими приоритетами могут надолго захватить сеть и не разрешать передавать абонентам с меньшими приоритетами. То есть величина времени доступа здесь не гарантирована. Зато в данном случае практически исключены конфликты и связанные с ними ошибки.

4.2. Локальная сеть типа "звезда"

Вторая сеть, которую мы рассмотрим отличается двумя характерными

особенностями: она имеет звездную топологию и использует в качестве среды передачи оптоволоконный кабель. Как уже отмечалось, оптоволоконный кабель наиболее удобно использовать как раз в сетях с топологиями типа "звезда" (точнее, "активная звезда") и типа "кольцо", то есть там, где не требуется разветвления сигнала, где передача по каждому кабелю идет в одном направлении. Именно так и сделано в данной сети: каждый из периферийных абонентов (рабочих станций) присоединяется к единственному центральному абоненту (серверу) с помощью двух кабелей, один из которых передает сигнал от рабочей станции к серверу, а другой — от сервера к рабочей станции. Для простоты и наглядности примера аппаратура данной сети выполняет только самый необходимый минимум функций, что для звездной топологии, в которой в принципе исключены любые конфликты, вполне возможно.

Основные технические характеристики рассматриваемой сети следующие.

- Скорость передачи — 8 Мбит/с.
- Топология — типа "звезда".
- Максимальная длина кабеля сети между сервером и рабочей станцией — 3 километра.
- Максимальное количество рабочих станций на один сервер — 8.
- Среда передачи информации — оптоволоконный кабель.
- Метод кодирования информации — RZ.
- Метод доступа к сети — централизованный с опросом.
- Способ обмена информацией — побайтный.
- Способ передачи информации — полудуплексный (по двум однонаправленным кабелям).

Как видим, эта сеть может быть использована, в тех случаях, когда требуется соединить небольшое количество абонентов, но расположенных далеко друг от друга и работающих при большом уровне электрических помех (например, в производственных условиях). Скорость обмена в сети довольно высока (8 Мбит/с с возможностью увеличения до 10 Мбит/с), а побайтный обмен позволяет существенно упростить протокол взаимодействия и использовать в качестве рабочих станций не только персональные компьютеры, но даже самые простейшие промышленные контроллеры на базе однокристальных микроЭВМ с минимальным интеллектом.

В сети использованы оптические приемники и передатчики отечественного производства МПД-3-1 (модуль передатчика) и МПР-3-1 (модуль приемника) производства саратовского НПО "Рефлектор". Отличительной особенностью этих модулей является то, что они работают в самосинхронизирующемся коде RZ и имеют встроенную схему кодирования в передатчике и декодирования в приемнике. В результате разработчику аппаратуры на их основе не приходится решать проблем синхронизации передаваемой информации. Он просто может рассматривать тракт "передатчик—оптоволоконный кабель—приемник" как два провода, по одному из которых передаются данные в последовательном коде, а по другому — стробирующие импульсы этих данных. И длина этих "проводов" может достигать 3 километров. Правда, данные изделия имеют не слишком большое быстродействие: они реально работают на скорости передачи до 10 Мбит/с, но более высокие скорости нужны далеко не во всех случаях.

Основные характеристики используемых модулей оптических приемников и передатчиков приведены в табл. 4.2 и 4.3.

Параметр	Значение
Длина волны излучения, мкм	0,8
Максимальная частота передачи, МГц	8,5
Уровни входных сигналов	ТТЛ
Напряжение питания, В	+5
Максимальный потребляемый ток, мА	200
Габаритные размеры, мм	60x30x10

Табл. 4.2. Основные характеристики модуля оптического передатчика МПД-3-1

Параметр	Значение
Длина волны излучения, мкм	0,8
Максимальная частота сигнала, МГц	20
Уровни выходных сигналов	ТТЛ
Напряжение питания, В	+5, -5, +24
Максимальный потребляемый ток, мА	
по +5 В	200
по -5 В	90
по +24 В	5
Габаритные размеры, мм	60x30x10

Табл. 4.3. Основные характеристики модуля оптического приемника МПР-3-1

Назначение выводов этих модулей приведено в табл. 4.4.

Номер вывода	Передатчик МПД-3-1	Приемник МПР-3-1
1	Общий	Общий
2	Входные данные	Выходные данные
3	Входной строб	Выходной строб
4	Разрешение передачи	Питание (-5 В)
5	Не используется	Питание (+24 В)
6	Питание (+5 В)	Питание (+5 В)
7	Не используется	Не используется
8	Не используется	Не используется

Табл. 4.4. Назначение выводов модулей оптических приемников и передатчиков

Один из существенных недостатков этих модулей состоит в том, что их металлические корпуса имеют электрическое соединение с разными напряжениями питания. У МПД-3-1 корпус соединен с напряжением питания +5 В, а у МПР-3-1 — с общим проводом. То есть корпуса приемника и передатчика не должны соприкасаться между собой и с корпусом компьютера. Еще один недостаток — это то, что приемник не вырабатывает сигнала о целостности кабеля сети, хотя при используемом коде RZ реализовать данную функцию было бы довольно просто.

Отметим, что как отечественной промышленностью, так и зарубежными фирмами (например, фирмой Hewlett Packard) выпускаются и гораздо более быстродействующие оптические приемники и передатчики (на скорости до 100 Мбит/с и выше), но, как правило, все они рассчитаны на работу в простейшем коде NRZ или в аналоговом режиме, что перекладывает на разработчика все заботы о синхронизации передачи информации в сети.

Исходя из выбранной топологии типа "звезда", в сети должны использоваться адаптеры двух типов: более простые адаптеры рабочих станций и более сложные адаптеры сервера. При этом целесообразно сделать так, чтобы с точки зрения компьютера общение с

этими адаптерами было одинаковым, чтобы было возможно применять единое программное обеспечение. Для большей универсальности и легкой наращиваемости сети удобно также сделать так, чтобы адаптер сервера мог работать в сети так же, как адаптер рабочей станции. Это позволило бы строить сложные конфигурации с большим количеством абонентов (рис. 4.7).

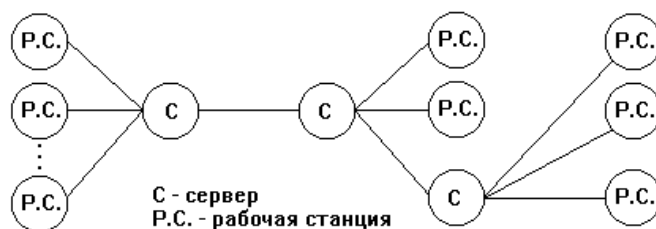


Рис. 4.7. Пример сложной конфигурации с несколькими серверами

Поэтому схемы адаптеров рабочей станции и сервера должны быть максимально унифицированы. В частности, они должны иметь одинаковые интерфейсные части с одинаковыми форматами обмена с компьютером. Принципиальная схема такой интерфейсной части показана на рис. 4.8.

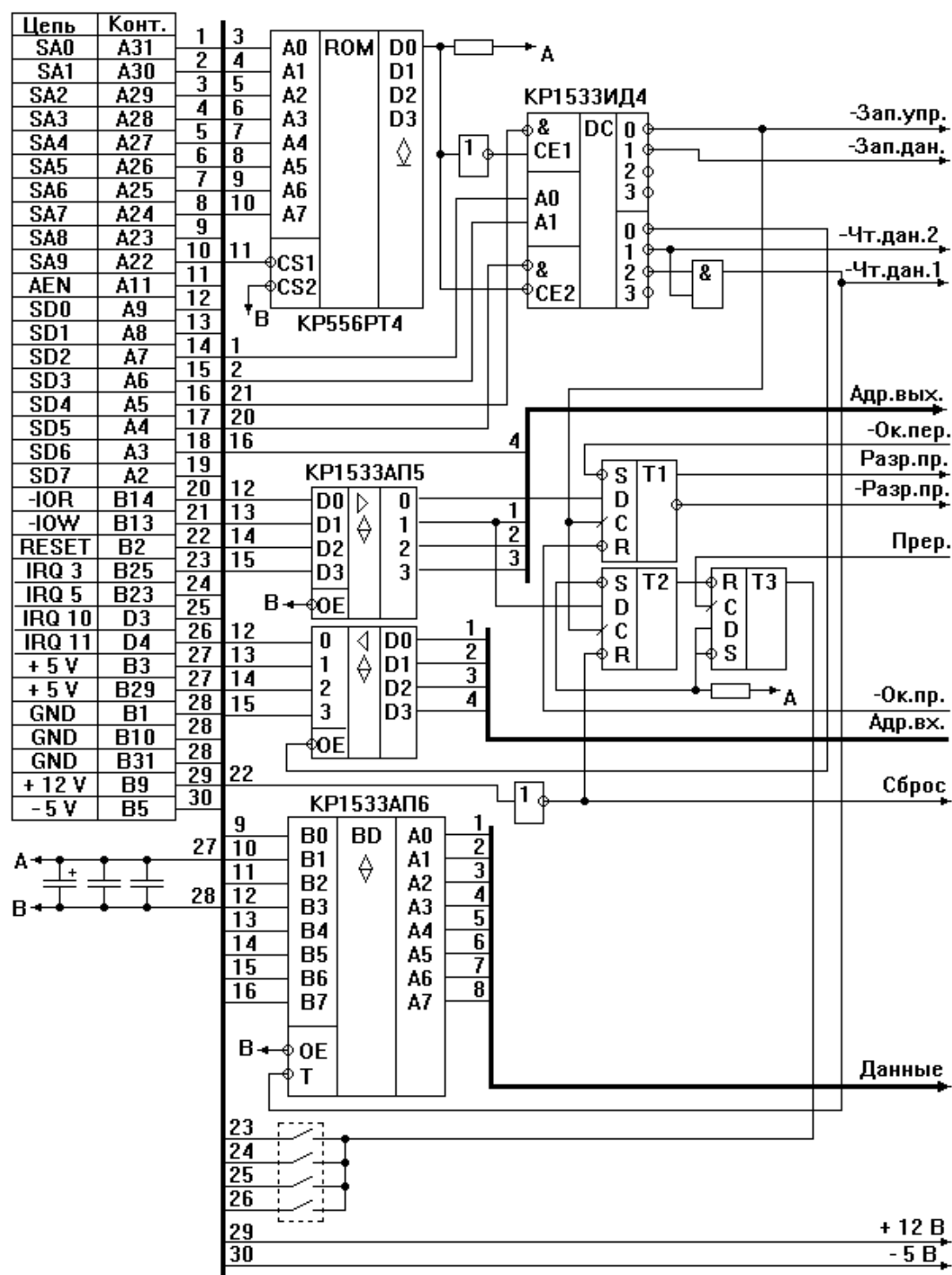


Рис. 4.8. Схема унифицированной интерфейсной части адаптеров рабочей станции и сервера

Здесь селектор адреса выполнен на ППЗУ KP556PT4, а выработка внутренних стробов обмена производится дешифратором KP1533ИД4. Для двунаправленного буферирования данных использована микросхема KP1533АП6, а для буферирования

управляющего слова — КР1533АП5. Выходной сигнал триггера Т1 (Разр.пр.) разрешает прием информации из сети. Триггер Т2 разрешает прерывание, а триггер Т3 вырабатывает магистральный сигнал прерывания, номер которого выбирается переключателями.

В адресном пространстве устройств ввода/вывода компьютера адаптер имеет три адреса (обмен производится байтами). Первый адрес служит для записи и чтения управляющего слова с форматом, показанным на рис. 4.9.

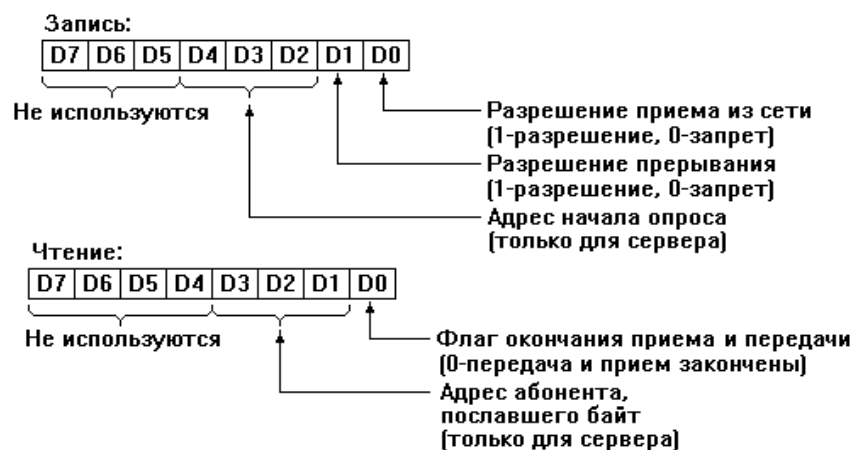


Рис. 4.9. Формат управляющего слова сети типа "звезда"

Отметим, что рабочая станция всегда считает, что она общается с абонентом, имеющим нулевой сетевой адрес. Поэтому она передает соответствующие нулевые биты при записи управляющего слова и получает соответствующие нулевые биты при чтении управляющего слова.

Для обмена данными используются два магистральных адреса. Записываются передаваемые данные (и одновременно выдаются в сеть) по адресу 2, а читаются принимаемые данные могут как по адресу 2, так и по адресу 3. Различаются эти два чтения следующим. При чтении по адресу два принятые по сети данные автоматически посылаются назад передавшему их абоненту (это делается для организации 100%-ного контроля правильности передачи). При чтении же принятых данных по адресу 3 они не посылаются обратно. Это позволяет гибко менять способ контроля правильности передачи (например, передавать данные пакетами с программно рассчитанной контрольной суммой) или вообще не применять никакого контроля (вероятность ошибок в оптоволоконном кабеле очень мала).

Схема операционной части адаптера рабочей станции (рис. 4.10) очень проста. Она включает в себя тактовый генератор на частоту 8 МГц, регистр сдвига на микросхеме КР1533ИР24, два счетчика для счета восьми тактовых импульсов при приеме и при передаче, а также схему выработки напряжения питания +24 В для оптического приемника МПР-3-1 (частота генератора — 1 кГц).

При передаче байта в сеть данные с интерфейсной части по сигналу -Зап.дан. записываются в регистр сдвига. Одновременно устанавливается триггер Т1, фиксируя заявку на начало передачи. С помощью триггера Т2 момент начала передачи привязывается к ближайшему тактовому импульсу. Выходной сигнал Т2 разрешает прохождение тактовых импульсов на регистр сдвига и дает работать счетчику (верхнему по рисунку), отсчитывающему восемь тактовых импульсов. Выход Q7 регистра сдвига — это выходные данные в последовательном коде, выдаваемые в сеть. По окончании передачи по сигналу Ок. пер. адаптер автоматически переходит в состояние разрешения

приема.

Если прием данных из сети разрешен (после окончания передачи или программно), то есть установлен сигнал Разр.пр., то данные с оптического приемника, сопровождаемые стробом, записываются в регистр сдвига. После восьмого принятого бита по сигналу с выхода нижнего по рисунку счетчика формируется сигнал окончания приема Ок. пр., сбрасывающий разрешение приема.

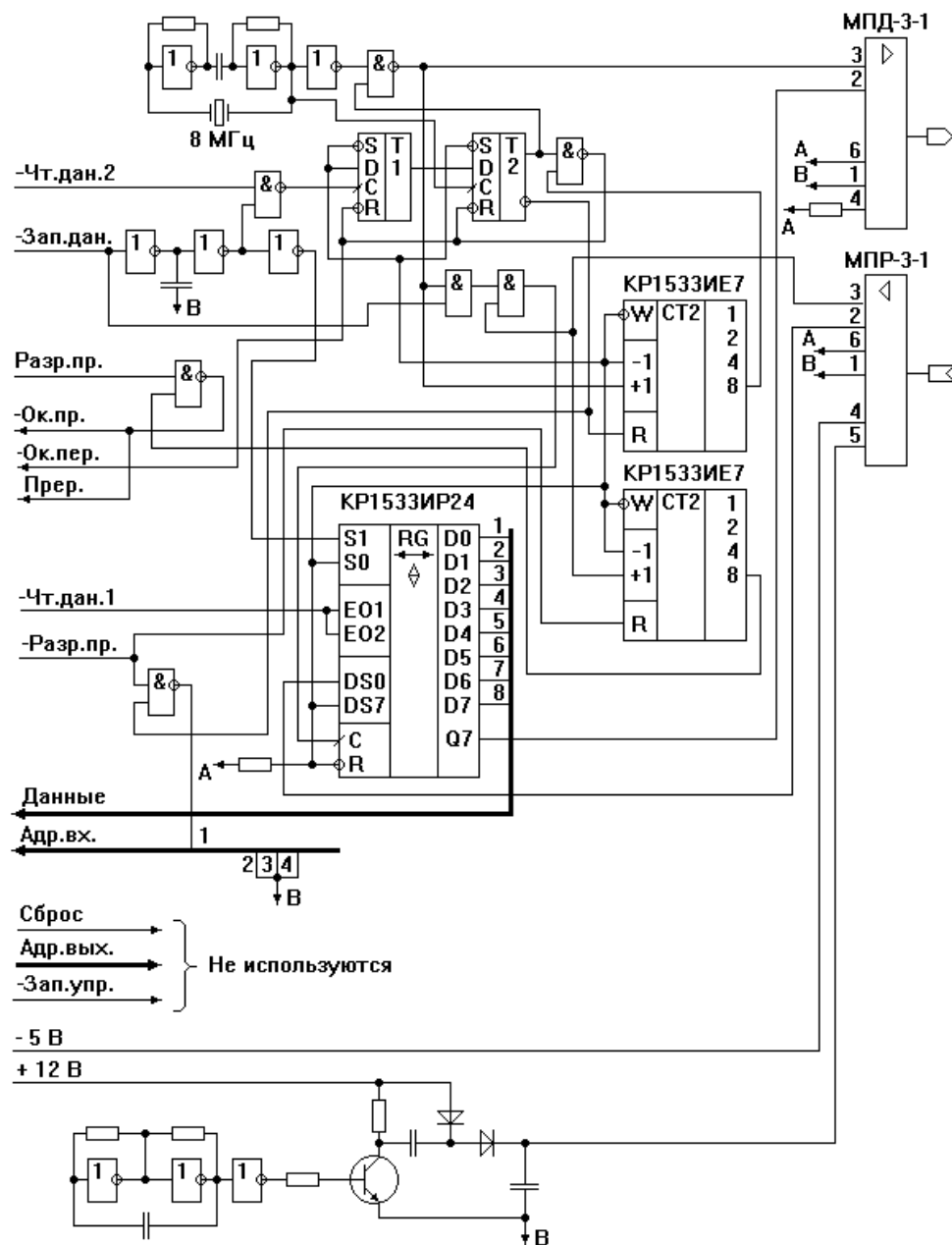


Рис. 4.10. Схема операционной части адаптера рабочей станции сети типа "звезда"

Если чтение принятого по сети байта идет из второго адреса адаптера, то по сигналу Чт.дан.2 автоматически запускается передача принятого байта обратно в сеть.

Сигналы с шины Адр.вых. адаптером рабочей станции не используются, а на шину Адр.вх. адаптер выдает нулевые сигналы.

Схема операционной части адаптера сервера (рис. 4.11) несколько сложнее. Помимо уже упоминавшихся узлов она включает в себя также схему организации опроса рабочих станций, подключенных к серверу. Последовательный перебор адресов рабочих станций с частотой 1 кГц осуществляется счетчиком КР1533ИЕ7, в который загружается код с шины Адр.вых., и выходные сигналы которого образуют шину Адр.вх. Работа счетчика разрешается, если разрешен прием. В этом случае адаптер последовательно присоединяет ко входным линиям RxD и RxC соответственно данные и строб всех рабочих станций.

Триггеры T3 и T4 служат для формирования огибающей принимаемого байта данных. Это необходимо для того, чтобы зафиксировать конец передачи неполного байта в случае, когда данная рабочая станция была подключена в момент передачи ей своего байта. То есть первый принятый байт в любом случае служит только для остановки опроса (перебрасывается триггер T2 и сбрасывается триггер T1). По окончании этого байта формируется сигнал прерывания Прер. Сигнал же окончания приема Ок.пр. формируется только тогда, когда после остановки опроса в регистр сдвига принимается полный байт. Триггер T5 запрещает работу формирователя огибающей после окончания первого байта.

Для работы с восемью рабочими станциями требуется восемь оптических приемников и восемь оптических передатчиков. Естественно, разместить их на плате адаптера сервера невозможно. Поэтому они были размещены в специальном выносном модуле, соединяющемся с платой адаптера сервера 11-проводным кабелем. С целью минимизации количества соединительных проводов в этот модуль были включены мультиплексоры и дешифратор (рис. 4.12).

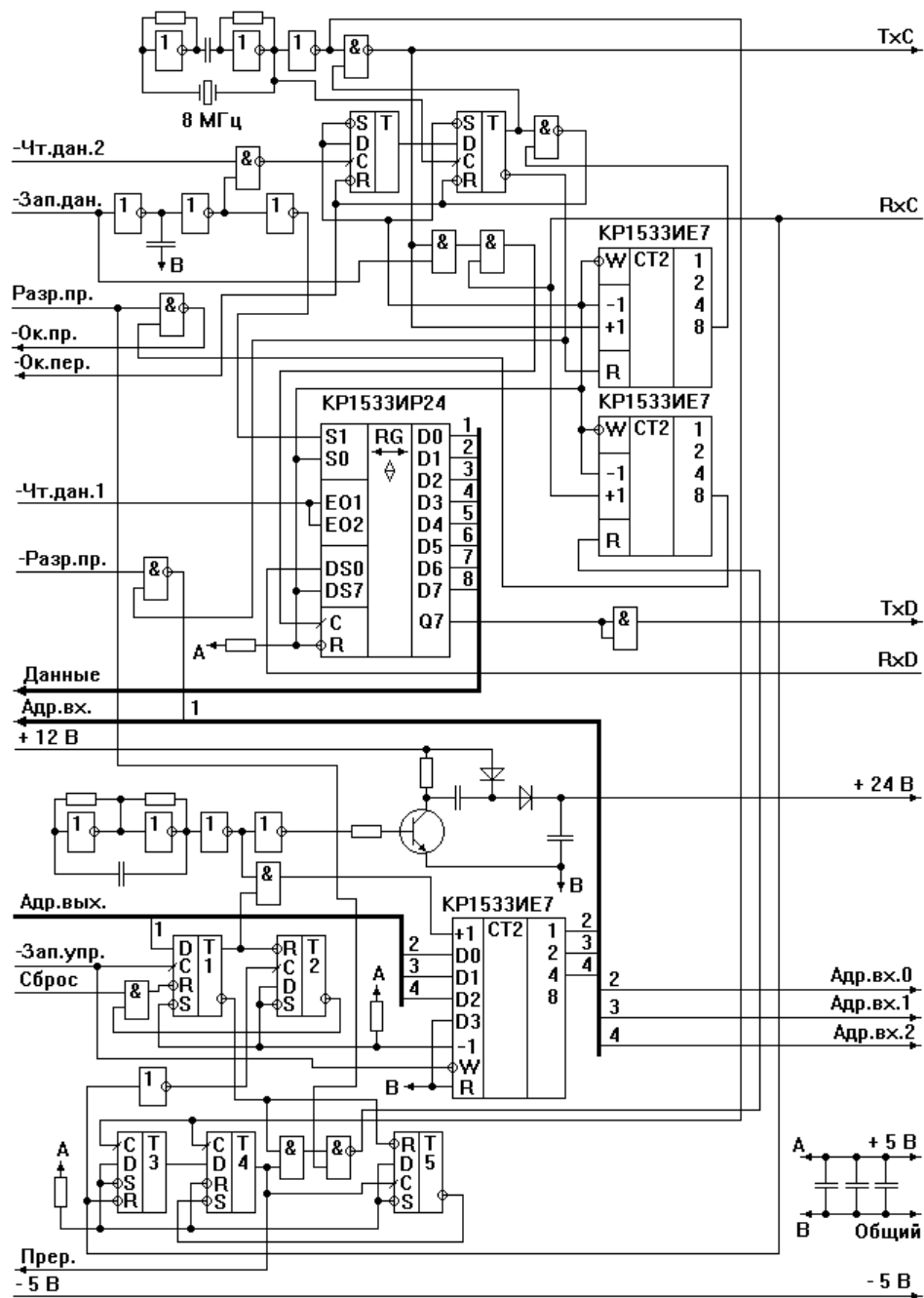


Рис. 4.11. Схема операционной части адаптера сервера сети типа "звезда"

Порядок действия компьютера сервера должен быть следующим.

1. Если надо передать данные рабочей станции, то сервер должен действовать точно так же, как рабочая станция, предварительно записав адрес рабочей станции в соответствующих битах управляющего слова, но не разрешая приема (опроса).
2. Если сервер только пассивно обслуживает запросы рабочих станций, то он должен разрешить прием (то есть разрешить опрос) и ждать, когда придет первый байт (выработается прерывание и установится флаг окончания приема).
3. После получения первого байта сервер должен послать ответный байт и далее провести сеанс обмена с данной рабочей станцией (ее номер он может прочитать в соответствующих битах управляющего слова).
4. После окончания сеанса связи с данной рабочей станцией сервер должен вновь разрешить опрос, который должен начинаться с номера этой же рабочей станции (чтобы никакая рабочая станция не имела преимуществ перед другими). То есть все рабочие станции, желающие обмениваться с сервером, будут обслуживаться по очереди (по кругу). Время доступа для них ограничено длительностью обслуживания заявок семи других рабочих станций.

Отметим, что при необходимости можно соединить две рабочие станции данной сети и без сервера, причем последовательность их обмена между собой в этом случае нисколько не изменится.

Возможный путь усовершенствования данной сети — это увеличение количества рабочих станций, подключаемых к одному серверу, а также введение аппаратных средств для подсчета контрольной суммы передаваемого и принимаемого пакета (это значительно увеличит допустимую скорость передачи данных). Правда, отсутствие буферного ОЗУ потребует мер по согласованию скоростей передачи и приема данных. Если же используется побайтный контроль передаваемой информации, то возвращаемый байт служит не только для контроля, но и для подтверждения приема предыдущего байта и готовности приема следующего байта.

4.3. Локальная сеть типа "кольцо"

Сеть, которую мы рассмотрим в этом разделе, имеет топологию типа "кольцо". То есть мы закончим таким образом обзор примеров технических решений сетей самых распространенных топологий.

Кольцевая топология имеет ряд преимуществ перед другими топологиями, но самое главное из них то, что она позволяет легко и естественно применять оптоволоконный кабель, который в ближайшем будущем по многим оценкам может вытеснить привычный электрический. Абоненты в кольцевой сети передают свою информацию только в одном направлении — к следующему по кольцу абоненту и получают информацию тоже только от одного абонента — от предыдущего в кольце. Такая однонаправленная передача, как уже отмечалось в первой главе, очень хорошо подходит для оптоволоконного кабеля.

Правда, в оптоволоконном кольце существует такая проблема, как поддержание целостности кольца при отключении питания абонента. Решить ее можно двумя путями: организовать питание оптических приемника и передатчика от автономного постоянно работающего источника питания или использовать специальные оптические коммутаторы, выпускаемые рядом фирм (например, переключатель ПК0-ПБ03-Т, производства харьковского ПО "Радиореле"). Второе решение многим кажется более привлекательным, так как не требует источника питания, но надо учитывать, что каждый оптический коммутатор ослабляет сигнал на 1-2 дБ, что при большом количестве абонентов может быть неприемлемым. В то же время автономное питание приемника и передатчика не

только не ослабляет оптический сигнал, но и ретранслирует его, и в результате расстояние между абонентами может быть увеличено до предельной величины для данных приемника и передатчика. Поэтому именно такой подход был выбран для описываемой сети.

Основные технические характеристики данной сети следующие.

- Скорость передачи — 8 Мбит/с.
- Топология сети — типа "кольцо".
- Среда передачи — оптоволоконный кабель.
- Максимальное количество абонентов сети — 255.
- Максимальная длина кольца — 60 километров (выбирается из ряда: 7,5 км, 15 км, 30 км, 60 км).
- Максимальное расстояние между соседними абонентами — 3 километра.
- Метод кодирования — RZ.
- Метод доступа: при больших нагрузках — маркерный, при малых — случайный, приоритетный.

Таким образом, данная сеть, можно сказать, занимает по многим параметрам промежуточное положение между стандартными сетями Ethernet и FDDI, а по ряду показателей (например, по допустимому размеру сети) и превосходит их. Скорость передачи в сети ограничена исключительно используемыми оптическими приемниками и передатчиками (МПР-3-1 и МПД-3-1) и в принципе может быть существенно увеличена.

Отметим, что в рассматриваемой сети абоненты не участвуют в передаче не своих пакетов (кадров) и маркеров. Когда данный абонент не хочет передавать своего пакета, его адаптер всего лишь пассивно ретранслирует приходящие ему по кольцу пакеты, передает их дальше без какой бы то ни было обработки. То есть пакеты и маркеры проходят по кольцу через абонентов без всякой задержки.

Характерная особенность данной сети — оригинальный метод доступа, который объединяет достоинства маркерного и случайного методов, но не имеет их недостатков. Как уже отмечалось, основной недостаток классического маркерного метода — это необходимость контролировать постоянное наличие маркера в сети и восстанавливать маркер в случае его потери. Для этого один из абонентов сети должен брать на себя функции некоего управляющего центра, что снижает надежность сети и усложняет протокол взаимодействия. С другой стороны, классический случайный доступ, хоть и является полностью децентрализованным, но имеет другой крупный недостаток: он не гарантирует величину времени доступа, так как не исключает повторных конфликтов. В результате он плохо работает при больших нагрузках сети. Именно поэтому в данной сети была сделана попытка совместить эти два метода и обеспечить как полную децентрализацию управления обменом в сети (маркер формируется каждым передающим абонентом после окончания им своей передачи), так и гарантированное время доступа к сети.

Рассмотрим подробнее сущность предлагаемого метода доступа. Ключевым понятием в нем выступает понятие временного окна. Под временным окном при этом понимается временной интервал t_0 , равный длительности прохождения сигнала по всему кольцу сети t_1 (точнее, величина этого интервала должна быть чуть больше t_1 , а именно: $t_0 > t_1 + t_{от}$, где $t_{от}$ — это время реакции компьютера на аппаратное прерывание и отработки соответствующей программы в ответ на него. При работе сети выделяется четыре типа временных окон:

1. Пакетное окно (длительность этого окна складывается из длительности передаваемого пакета и величины t_0).
2. Маркерное окно (длительностью t_0).

3.Окно маркерного захвата (длительностью t_o).

4.Окно случайного доступа (длительность этого окна в принципе не ограничена).

Каждый сетевой адаптер постоянно следит за состоянием сети и отсчитывает временные интервалы длительностью t_o после ее освобождения. Таким образом, каждый абонент в любой момент знает о том, в каком временном окне находится сеть.

Метод доступа иллюстрируется рис. 4.13.

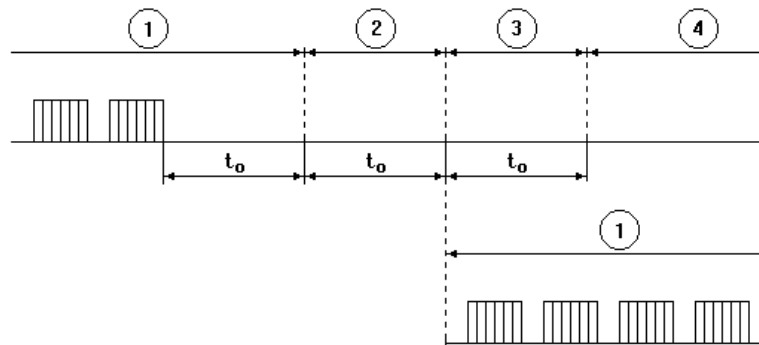


Рис. 4.13. Метод доступа к кольцевой сети (1 — пакетное окно, 2 — маркерное окно, 3 — окно маркерного захвата, 4 — окно случайного доступа)

Из рисунка видно, что при низкой загрузке сети (верхняя часть рисунка) сеть переходит в режим случайного доступа. В этом случае в течение длительного времени в сети может не быть никакой передачи. Если же нагрузка в сети высокая, то сразу за маркерным окном начинается пакетное окно, которое снова сменяется маркерным и т.д., то есть достигается максимальная загруженность сети с гарантированным временем доступа, определяемым длительностью передачи пакета и количеством абонентов в сети.

В зависимости от типа текущего временного окна выбирается тот или иной алгоритм действий абонента, желающего передавать.

1. *Пакетное окно.* Это означает, что сеть занята, и в данный момент происходит обмен между другими абонентами. В этом окне сетевое кольцо разомкнуто в двух точках: передающим абонентом и принимающим абонентом. Абонент, захотевший передавать в пределах данного окна, ждет в течение времени t_o после последнего переданного байта пакета и переходит к процедуре маркерного захвата.

2. *Маркерное окно.* Абонент, закончивший передачу, посылает маркер (специальное слово) и по окончании данного окна восстанавливает кольцо сети. Абонент, желающий передавать разрывает кольцо и в течении окна длительностью t_o ждет прихода слова из сети. Если принятое слово является маркером, то считается, что данный абонент получил право захватить сеть. В этом случае он ждет окончания маркерного окна и затем начинает захват сети. Если же за время t_o , т.е. во время маркерного окна, абонент не получил маркера, следовательно, маркер был захвачен абонентом находящимся ближе по кольцу к последнему передававшему абоненту или уже успел пройти по сети до разрыва кольца данным абонентом. В таком случае абонент замыкает кольцо и ждет освобождения сети (окончания пакетного окна) или наступления окна случайного захвата. Таким образом, к концу маркерного окна один из абонентов (захвативший маркер) получает право передавать, или же ни один из абонентов такого права не получил (ситуация малой загрузки сети).

3. *Окно маркерного захвата.* Абонент, получивший маркер, начинает захват сети. Он посылает стартовое слово своего пакета. В этом окне приход любого слова из сети вызывает переход всех адаптеров в состояние пакетного окна. То есть это означает, что

сеть была захвачена маркерным методом каким-то абонентом. В случае если в течение окна маркерного захвата за время t_0 не начался обмен по сети (например, маркер был потерян, так как не было желающих передавать), то сеть оказывается в окне случайного доступа, что фиксируется всеми абонентами.

4. *Окно случайного доступа.* Переход сети в окно случайного доступа свидетельствует о том, что либо в течение двух предыдущих окон не происходил обмен по сети (то есть мала загруженность сети), либо произошла нештатная ситуация — не получено подтверждение от принимающего абонента, потерян маркер, сформирован неверный заголовок пакета и т.д. В течение этого окна абонент, желающий осуществить передачу, разрывает кольцо и передает слово со своим сетевым адресом, а затем ждет прихода слова из сети. Если полученное им слово совпадает с отправленным, то абонент получает право начать передачу. Если же полученное слово не совпадает с переданным (то есть одновременно хотят передавать несколько абонентов, вероятность чего не слишком велика), то определяется приоритет передачи, например, абонент, код сетевого адреса которого больше, имеет больший приоритет. В этом случае, обнаружив более приоритетный запрос на передачу, данный абонент замыкает кольцо, и передает дальше в сеть полученное слово, а затем ждет освобождения сети (окончания пакетного окна) для следующей попытки захвата. Запросы менее приоритетных абонентов игнорируются.

Для большей надежности передачи данных, для исключения пропадания пакетов вследствие неготовности принимающего абонента к приему в сети применен следующий метод передачи. Абонент, захвативший сеть, посылает стартовое слово, в котором содержится адрес приемника и адрес передатчика, а затем ждет подтверждения готовности от приемника в течение времени t_0 . Приход ответа (слова специального формата) означает установление связи. Все это происходит в пределах пакетного окна. Отсутствие ответа означает, что передавать пакет не имеет смысла и следует повторить попытку еще раз. Таким образом снижается нагрузка на сеть за счет пакетов, не принимаемых адресатом, которые всегда присутствуют в сетях, использующих алгоритмы передачи без подтверждения или с подтверждением на уровне пакетов.

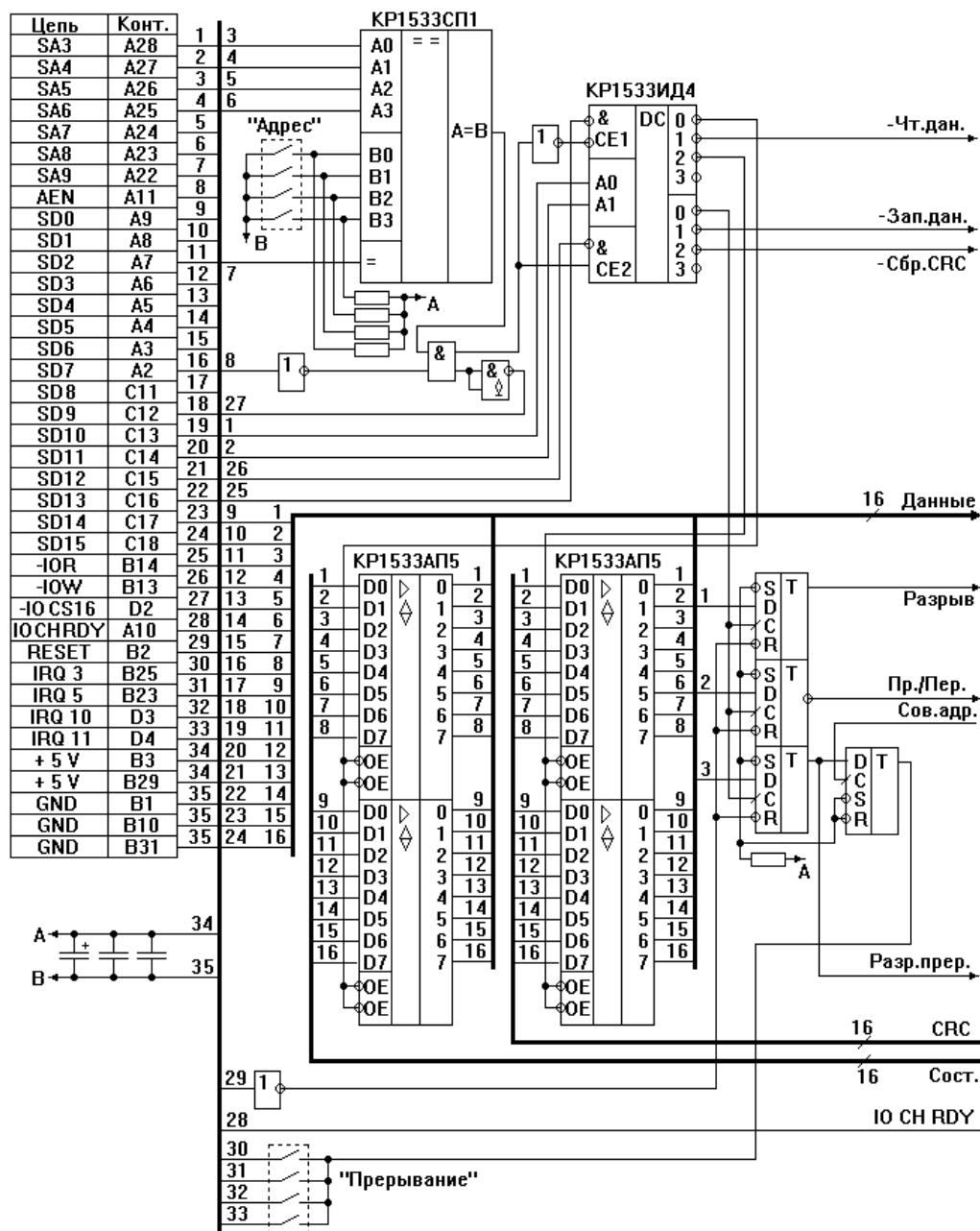


Рис. 4.14. Схема интерфейсной части адаптера сети типа "кольцо"

Одно из простейших возможных схемотехнических решений сетевого адаптера для сети, использующей описанный здесь метод доступа, представлено на рис. 4.14 (интерфейсная часть) и рис. 4.15 (операционная часть).

В адресном пространстве устройств ввода/вывода компьютера данный адаптер имеет три адреса. Один из них используется для записи 16-разрядных данных, передаваемых в сеть и чтения 16-разрядных данных, принятых из сети. Второй адрес предназначен для записи управляющего слова и чтения слова состояния (их форматы

представлены на рис. 4.16). Третий адрес применяется для чтения аппаратно вычисляемой циклической контрольной суммы. Конкретные значения адресов выбираются переключателями.

Адаптер использует и аппаратное прерывание в случае обращения к нему (к данному абоненту) по сети. Номер этого прерывания также выбирается с помощью переключателей.

Для упрощения аппаратуры адаптера максимально возможное число функций перенесено на программное обеспечение. Это, конечно, несколько снижает скорость компьютера, так как он отвлекается на контроль за обменом в сети, а также уменьшает скорость обмена по сети, так как быстродействие аппаратуры всегда выше, чем программ. Однако надо отметить, что производительность современных компьютеров такова, что все эти потери крайне незначительны. В то же время такая трудоемкая операция, как вычисление циклической контрольной суммы, реализовано аппаратно и не требует поэтому никаких программных затрат.

Для еще большего упрощения аппаратуры в схеме адаптера отсутствует буферное ОЗУ. Программно записываемые в адаптер данные сразу же передаются в сеть. Точно так же принимаемые из сети данные программно читаются компьютером. При этом для ускорения передачи данных можно применять строковые команды ввода и вывода данных (REP INS и REP OUTS). Для синхронизации скорости обмена по сети с быстродействием конкретного компьютера используется сигнал I/O CH RDY.

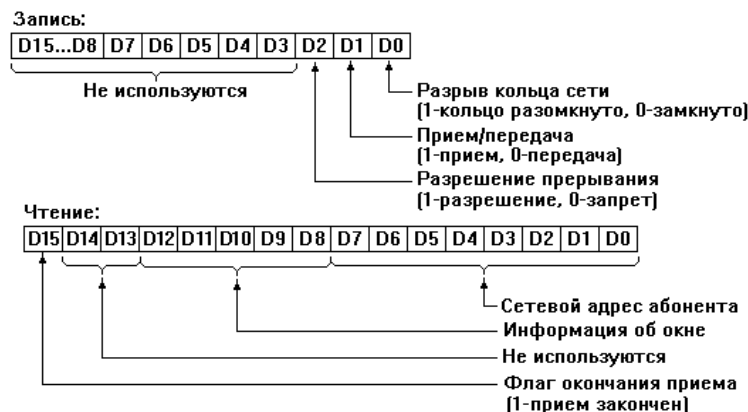


Рис. 4.16. Форматы управляющего слова и слова состояния

Может показаться, что такой подход существенно снижает скорость обмена, особенно при невысокой скорости компьютера. Однако надо учесть, что в большинстве случаев применения буферного ОЗУ процессы формирования в нем пакета и выдачи пакета в сеть (при передаче), а также процессы приема пакета из сети и чтения его компьютером (при приеме) разделены во времени, производятся последовательно. То есть интегрально буферное ОЗУ не только не ускоряет обмен, но даже замедляет его, хотя и позволяет в пределах времени передачи пакета достичь максимально возможной для данной сети скорости.

Передача данных ведется 16-разрядными словами. Запись данных в адаптер автоматически запускает преобразователь в последовательный код на двух 8-разрядных сдвиговых регистрах КР1533ИР9. При этом 16 передаваемых бит отсчитываются 4-разрядным счетчиком КР1533ИЕ7. Точно так же при поступлении из сети 16-разрядного слова в последовательном формате оно преобразуется в параллельный формат схемой на двух 8-разрядных регистрах сдвига КР1533ИР8 и счетчике КР1533ИЕ7. В конце приема слова из сети устанавливается флаг окончания приема, который читается компьютером в составе слова состояния адаптера (см. рис. 4.16). Сбрасывается этот флаг по сигналу чтения данных.

Аппаратно реализован в данной схеме адаптера контроль за номером текущего временного окна, что необходимо для описанного выше метода доступа. Возложение и этой функции на программные средства привело бы к неоправданным временным затратам. Узел из трех счетчиков КР1533ИЕ7 и мультиплексора КР1533КП2, тактируемый от тактового генератора схемы, следит за поступлением из сети стробов приема данных (RxC) и отсчитывает требуемые временные интервалы после их окончания. В этом же узле предусмотрена возможность выбора длины сети (точнее, времени задержки прохождения сигнала по всему кольцу сети) с помощью переключателей. Компьютер, читая пять старших разрядов счетчиков в составе слова состояния адаптера, получает полную информацию о текущем состоянии сети (при этом ему совершенно неважно, какая длина сети выбрана). Два старших читаемых разряда содержат информацию о номере окна: код 00 соответствует пакетному окну, код 01 — маркерному окну, код 10 — окну маркерного захвата, а код 11 — окну случайного доступа. Естественно, не исключена ситуация чтения компьютером состояния счетчиков в момент изменения кода на их выходах. Однако подобной ошибки при этом можно избежать довольно просто — путем повторного чтения и сравнения принятых кодов между собой. Скорость переключения последних разрядов счетчиков вполне позволяет это сделать.

Собственный сетевой адрес данного адаптера (8-разрядный) записан в микросхему ППЗУ КР556РТ17. Она работает в двух режимах, различающихся сигналом на адресном входе А8 (он же сигнал разрешения прерывания Разр.прер.). В случае разрешения прерывания (то есть компьютер занимается другими делами) ППЗУ работает как селектор адреса, вырабатывая положительный сигнал на выходе D0 при совпадении сетевого адреса на входах А0 ... А7 с собственным сетевым адресом данного адаптера. Сравнение производится только после прихода самого первого слова в сеансе обмена. Если адрес совпал, то формируется сигнал совпадения адреса Сов.адр., вызывающий аппаратное прерывание. Отметим, что сетевой адрес FF отведен под режим широкого вещания, и его распознают как свой все адаптеры. Когда же прерывание запрещено (то есть компьютер работает с сетью), ППЗУ просто постоянно выдает на своих выходах D0 ... D7 код собственного сетевого адреса данного адаптера, который может быть прочитан компьютером в составе слова состояния (см. рис. 4.16).

В таблице 4.5 приведен пример прошивки ППЗУ для распознавания сетевого адреса А5.

Адрес	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
000 ... 0FF	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5	A5
100	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
110	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
120	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
130	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
140	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
150	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
160	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
170	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
180	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
190	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1A0	00	00	00	00	00	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1B0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1C0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1D0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1E0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
1F0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	01

Табл. 4.5. Прошивка ППЗУ для сетевого адреса А5

Вычисление циклической контрольной суммы производится как при приеме, так и при передаче с помощью узла на двух регистрах сдвига КР1533ИР8, трех элементах "Исключающее ИЛИ" и мультиплексоре КР1533КП2, который подает на вход вычислителя передаваемые данные со стробом (при передаче) или принимаемые данные со стробом (при приеме). Управление мультиплексором производится сигналом из управляющего слова адаптера (см. рис. 4.16). Перед началом вычисления контрольной суммы регистры программно сбрасываются. Подсчитанная контрольная сумма читается компьютером и включается в передаваемый пакет (в случае передачи пакета) или сравнивается с принятой контрольной суммой (в случае приема пакета).

Отметим, что полностью программное управление обменом позволяет реализовать в сети самые различные протоколы обмена от самых простых до самых сложных. При этом минимальная длина пакета может составлять два байта, а максимальная практически неограниченна (хотя для сохранения приемлемой величины гарантированного времени доступа нецелесообразно использовать пакеты длиной более 16 — 32 Кбайт).

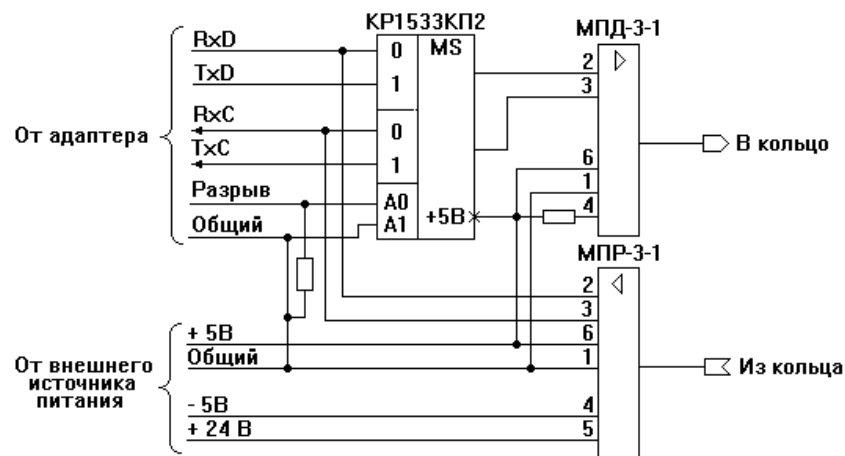


Рис. 4.17. Схема коммутатора кольца

Помимо собственно адаптера в сетевую аппаратуру абонента данной сети входит также специальный блок, выполненный в отдельном конструктиве. Его схема показана на рис. 4.17. Необходимость применения данного блока становится понятной, если вспомнить о том, что при отключении питания компьютера сетевое кольцо должно сохранять свою целостность. Это достигается за счет того, что оптические приемник и передатчик питаются за счет отдельного внешнего источника питания, постоянно включенного в сеть. Размыкание и замыкание сетевого кольца осуществляется микросхемой мультиплексора KP1533KP2, которая также питается от внешнего источника. При замкнутом кольце на входы оптического передатчика просто передаются сигналы с выходов оптического приемника. (Отметим, что при этом производится ретрансляция уровней оптических сигналов). При разомкнутом кольце на входы оптического передатчика подаются выходные сигналы с адаптера (TxC и TxD). В случае отключения питания компьютера или отсоединения адаптера от коммутатора за счет специально включенного резистора обеспечивается замкнутость кольца (поддерживается нулевой уровень на входе управления мультиплексора).

А теперь несколько слов о возможностях повышения характеристик рассмотренной здесь сети.

Прежде всего о повышении скорости обмена. Использованные оптические приемники и передатчики рассчитаны на скорость обмена 8 Мбит/с, хотя они уверенно работают и на 10 Мбит/с. Переход на более высокие скорости обмена (до 100 Мбит/с и выше) требует применения других приемников и передатчиков, а также специальных кодов, не требующих значительного повышения полосы пропускания по сравнению с простейшим кодом NRZ (напомним, что коды RZ и Манчестер-II нуждаются во вдвое большей полосе пропускания).

В качестве такого довольно удобного кода можно предложить трехуровневый код, который, как и RZ позволяет в паузах между передачами легко контролировать целостность линии связи, но требует такую же полосу пропускания, как и код NRZ (рис. 4.18). Как понятно из рисунка, при передаче последовательности логических единиц уровень сигнала изменяется от максимального до среднего с частотой следования битов. Точно так же при передаче последовательности логических нулей выходной сигнал меняется от минимального уровня до среднего с частотой следования битов. При этом первой единице в передаваемой последовательности соответствует высокий уровень выходного сигнала, а первому нулю — соответственно низкий.

Нетрудно заметить, что предлагаемый код является самосинхронизирующимся, так как в нем на каждой границе между битами присутствует перепад уровня сигнала. Но самосинхронизация не потребовала введения никаких дополнительных перепадов уровня в середине бита, как в кодах RZ и Манчестер-II. С точки зрения требуемой полосы пропускания предлагаемый код также превосходит код 4B/5B, которому нужна полоса в 1,25 раза шире по сравнению с RZ.

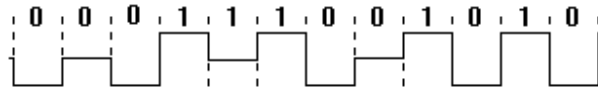


Рис. 4.18. Предлагаемый высокоскоростной трехуровневый код

На рисунках 4.19 и 4.20 показаны простейшие примеры схем шифратора (рис. 4.19) и дешифратора (рис. 4.20) для предложенного кода. Для преобразования электрического сигнала в оптический и обратного преобразования оптического сигнала в электрический можно использовать быстродействующие аналоговые оптические приемники и передатчики, которые в настоящее время выпускаются многими фирмами, как отечественными, так и зарубежными.

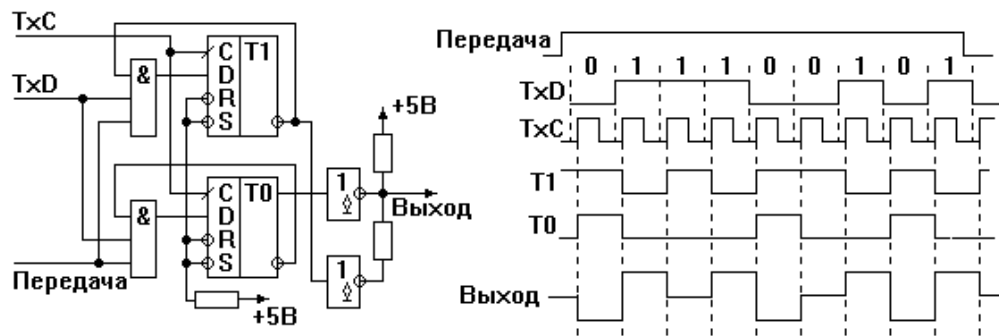


Рис. 4.19. Пример схемы шифратора предлагаемого кода

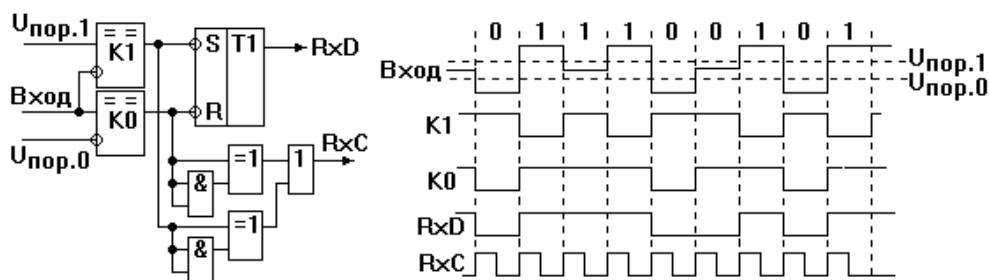


Рис. 4.20. Пример схемы дешифратора предлагаемого кода

При использовании любых многоуровневых кодов приходится решать задачу подстройки порогов срабатывания компараторов, различающих возможные уровни входных сигналов. Ведь при прохождении по линии связи сигнал ослабляется, затухает, и степень затухания зависит от длины линии связи. При двухуровневом сигнале все гораздо проще: там нужно различать только два уровня и в большинстве случаев можно обойтись без всякой подстройки. В случае же трехуровневых кодов, особенно в оптоволоконных

сетях, где не может быть положительных и отрицательных уровней сигнала, подстройка не только желательна, но часто и необходима.

В принципе, подстройку порогов срабатывания можно производить только один раз — после сборки конфигурации сети или ее изменения. Дальше уже уровень приходящих сигналов изменяться не будет. Поэтому подстройку можно выполнять и вручную, например, с помощью переменного резистора. Но это, конечно, не единственное возможное решение.

На рис. 4.21 приведена схема программной подстройки порогов срабатывания для предложенного трехуровневого кода. Подстройка производится после сборки выбранной конфигурации сети при отсутствии в сети передачи. При этом сигнал имеет средний уровень, с которым и сравнивается напряжение с выхода ЦАП. Входной сигнал ЦАП задается программным путем. Программно же анализируется выходной сигнал компаратора. То есть благодаря наличию в схеме компараторов можно обойтись без применения АЦП. Линейно наращивая код на входе ЦАП и, соответственно, напряжение на входе компаратора, можно измерить средний уровень сигнала и в результате установить требуемые пороги срабатывания компараторов.

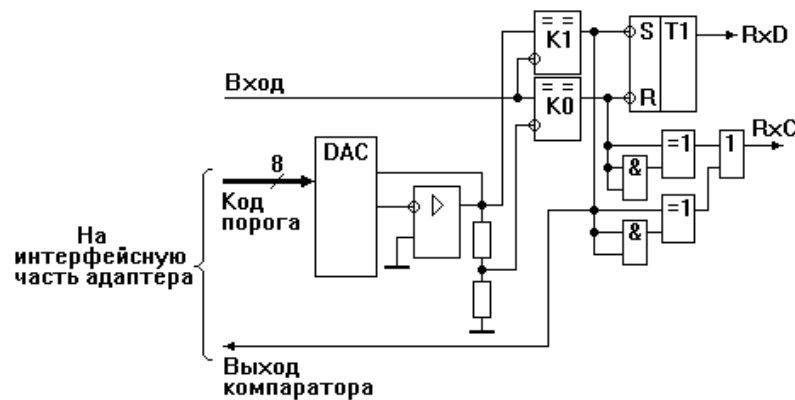


Рис. 4.21. Программная подстройка порогов срабатывания компараторов

Существенно расширить возможности рассматриваемой сети можно при использовании сетевых концентраторов и переходе на звездно-кольцевую топологию. (рис. 4.22). При этом концентраторы можно использовать двух типов: активные и пассивные.

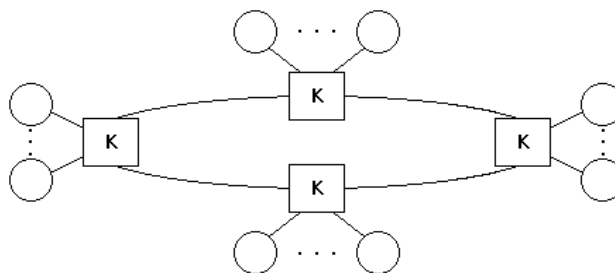


Рис. 4.22. Звездно-кольцевая топология (К—концентратор)

Пассивные концентраторы всего лишь меняют топологию сети, так как все абоненты, подключенные к ним, по сути оказываются включенными в общее кольцо и работают как обычные абоненты кольца.

Активные же концентраторы сами следят за состоянием кольца, а также

подключенных к ним абонентов и при необходимости включают в кольцо одного из них. При этом в сети может быть до 255 концентраторов, к каждому из которых подключается, к примеру, 8 абонентов. Общее количество абонентов возрастает в 8 раз, но, правда, увеличивается время доступа к сети. Отметим, что одновременно в кольцо будут включены те же 255 абонентов.

ПРИЛОЖЕНИЕ

СИГНАЛЫ, АДРЕСА И АППАРАТНЫЕ ПЕРЕРЫВАНИЯ ISA

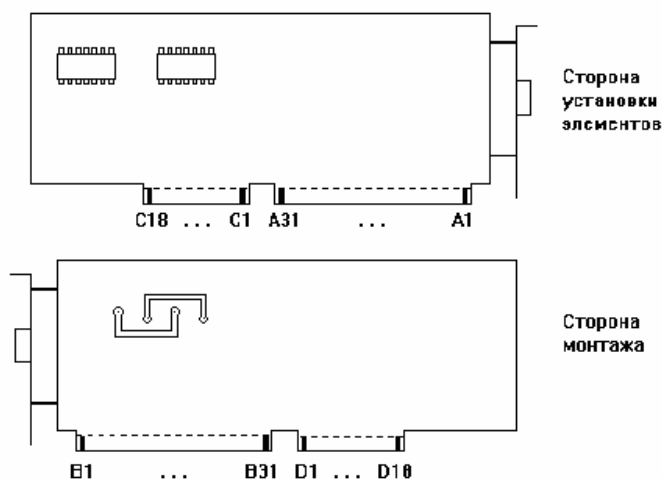


Рис. П.1. Нумерация контактов разъема ISA

Магистраль ISA имеет следующие сигналы:

SA0...SA19 — фиксируемые адресные разряды (они действительны в течение всего цикла обмена).

LA17...LA23 — нефиксируемые адресные разряды. Используются для адресации памяти и выработки сигнала -MEM CS 16. Действительны только в начале цикла обмена.

BALE — сигнал стробирования адресных разрядов.

-SBHE — сигнал типа цикла передачи данных (8-ми или 16-ти разрядный). Активен при передаче старшего байта.

SD0...SD15 — разряды данных. По линиям SD0...SD7 передается младший байт, по линиям SD8...SD15 — старший байт.

-SMEMR, -MEMR — стробы чтения данных из памяти.. Сигнал -SMEMR вырабатывается только при обращении к адресам, не превышающим FFFFF (в пределах 1 Мбайта), сигнал -MEMR — при обращении ко всем адресам.

-SMEMW, -MEMW — стробы записи данных в память. Сигнал -SMEMW вырабатывается только при обращении к адресам, не превышающим FFFFF (в пределах 1 Мбайта), сигнал -MEMW — при обращении ко всем адресам.

-IOR — строб чтения данных из устройств ввода/вывода.

-IOW — строб записи данных в устройства ввода/вывода.

-MEM CS16 — сигнал выставляется памятью для сообщения задатчику о том, что она имеет 16-разрядную организацию.

-I/O CS16 — сигнал выставляется устройством ввода/вывода для сообщения задатчику о том, что оно имеет 16-разрядную организацию.

I/O CH RDY — сигнал снимается (делается низким) исполнителем (устройством ввода/вывода или памятью) по переднему фронту сигналов -IOR и -IOW в случае, если он не успевает выполнить требуемую операцию в темпе задатчика.

-I/O CH CK — сигнал вырабатывается любым исполнителем (устройством ввода/вывода или памятью) для информирования задатчика о фатальной ошибке,

например, об ошибке четности при доступе к памяти.

-OWS — сигнал выставляется исполнителем для информирования задатчика о необходимости проведения цикла обмена без вставки такта ожидания

-REFRESH — сигнал регенерации, выставляется контроллером регенерации для информирования всех устройств на магистрали о выполнении циклов регенерации динамического ОЗУ компьютера.

RESET DRV — сигнал сброса в начальное состояние всех устройств на магистрали. Вырабатывается центральным процессором при включении или сбое питания, а также при нажатии на кнопку RESET компьютера.

SYSCLK — сигнал системного тактового генератора. В большинстве компьютеров его частота равна 8 МГц независимо от тактовой частоты процессора.

OSC — не синхронизированный с SYSCLK сигнал кварцевого генератора с частотой 14,31818 МГц.

IRQ — сигналы запроса радиальных прерываний. Запросом является положительный переход на соответствующей линии IRQ.

Контакт	Цепь	I/O		Контакт	Цепь	I/O
A1	-I/O CH CK	I		B1	GND	-
A2	SD7	I/O		B2	RESET DRV	O
A3	SD6	I/O		B3	+5 B	-
A4	SD5	I/O		B4	IRQ9 (IRQ2)	I
A5	SD4	I/O		B5	-5 B	-
A6	SD3	I/O		B6	DRQ2	I
A7	SD2	I/O		B7	-12 B	-
A8	SD1	I/O		B8	OWS	I
A9	SD0	I/O		B9	+12 B	-
A10	I/O CH RDY	I		B10	GND	-
A11	AEN	O		B11	-SMEMW	O
A12	SA19	I/O		B12	-SMEMR	O
A13	SA18	I/O		B13	-IOW	I/O
A14	SA17	I/O		B14	-IOR	I/O
A15	SA16	I/O		B15	-DACK3	O
A16	SA15	I/O		B16	DRQ3	I
A17	SA14	I/O		B17	-DACK1	O
A18	SA13	I/O		B18	DRQ1	I
A19	SA12	I/O		B19	-REFRESH	I/O
A20	SA11	I/O		B20	SYSCLK	O
A21	SA10	I/O		B21	IRQ7	I
A22	SA9	I/O		B22	IRQ6	I
A23	SA8	I/O		B23	IRQ5	I
A24	SA7	I/O		B24	IRQ4	I
A25	SA6	I/O		B25	IRQ3	I
A26	SA5	I/O		B26	-DACK2	O
A27	SA4	I/O		B27	T/C	O
A28	SA3	I/O		B28	BALE	O
A29	SA2	I/O		B29	+5 B	-
A30	SA1	I/O		B30	OSC	O
A31	SA0	I/O		B31	GND	-

Контакт	Цепь	I/O		Контакт	Цепь	I/O
C1	-SBHE	I/O		D1	-MEM CS16	I
C2	LA23	I/O		D2	-I/O CS16	I
C3	LA22	I/O		D3	IRQ10	I
C4	LA21	I/O		D4	IRQ11	I
C5	LA20	I/O		D5	IRQ12	I
C6	LA19	I/O		D6	IRQ15	I
C7	LA18	I/O		D7	IRQ14	I
C8	LA17	I/O		D8	-DACK0	O
C9	-MEMR	I/O		D9	DRQ0	I
C10	-MEMW	I/O		D10	-DACK5	O
C11	SD8	I/O		D11	DRQ5	I
C12	SD9	I/O		D12	-DACK6	O
C13	SD10	I/O		D13	DRQ6	I
C14	SD11	I/O		D14	-DACK7	O
C15	SD12	I/O		D15	DRQ7	I
C16	SD13	I/O		D16	+5 B	-
C17	SD14	I/O		D17	-MASTER	I
C18	SD15	I/O		D18	GND	-

Табл. П.1. Назначение контактов разъема ISA (I — входной сигнал, O — выходной сигнал, I/O — двунаправленный сигнал)

DRQ — сигналы запросов прямого доступа к памяти (ПДП). Запросом является положительный переход на линии DRQ.

-DACK — сигналы подтверждения предоставления прямого доступа. Вырабатываются в ответ на соответствующий сигнал DRQ в случае, если прямой доступ предоставлен данному каналу.

AEN — используется в режиме ПДП для сообщения всем платам расширения, что производится цикл ПДП.

T/C — устанавливается в режиме ПДП тогда, когда по текущему каналу ПДП закончен счет циклов пересылок данных.

-MASTER — используется платой расширения, желающей стать задатчиком магистрали.

Адреса	Назначение
000...01F	Контроллер ПДП 1
020...03F	Контроллер прерываний 1
040...05F	Программируемый таймер
060...06F	Контроллер клавиатуры
070...07F	Часы реального времени
080...09F	Регистр страницы ПДП
0A0...0BF	Контроллер прерываний 2
0C0...0DF	Контроллер ПДП 2
0F0...0FF	Математический сопроцессор
170...177	Накопитель на жестком диске (второй)
1F0...1F7	Накопитель на жестком диске (первый)
200...207	Игровой порт (джойстик)
278...27F	Параллельный порт LPT2
2C0...2DF	Адаптер EGA 2
2F8...2FF	Последовательный порт COM2
300...31F	Прототипные платы
320...32F	Накопитель на жестком диске XT
360...36F	Резервные адреса
370...377	Накопитель на гибком диске (второй)
378...37F	Параллельный порт LPT1
380...38F	Контроллер бисинхронного обмена SDLC2
3A0...3AF	Контроллер бисинхронного обмена SDLC1
3B0...3DF	Адаптер VGA
3B0...3BF	Адаптер монохромного дисплея MDA и принтера
3C0...3CF	Адаптер EGA 1
3D0...3DF	Адаптер CGA
3F0...3F7	Накопитель на гибком диске (первый)
3F8...3FF	Последовательный порт COM1

Табл. П.2. Распределение адресов устройств ввода/вывода ISA (адреса даны в 16-ричном коде)

Номер прерывания IRQ	INT	Назначение
0	08h	Программируемый таймер
1	09h	Контроллер клавиатуры
2	0Ah	Каскадирование второго контроллера
8	70h	Часы реального времени (только AT)
9	71h	Программно переадресовано на IRQ2
10	72h	Резерв
11	73h	Резерв
12	74h	Резерв
13	75h	Математический сопроцессор
14	76h	Контроллер жесткого диска
15	77h	Резерв
3	0Bh	Последовательный порт COM2
4	0Ch	Последовательный порт COM1
5	0Dh	Параллельный порт LPT2
6	0Eh	Контроллер гибкого диска
7	0Fh	Параллельный порт LPT1

Табл. П.3. Назначение аппаратных прерываний ISA

ЛИТЕРАТУРА

1. Прангишвили И.В., Подлазов В.С., Стецюра Г.Г. Локальные микропроцессорные вычислительные сети. — М.: Наука, 1984. — 176 с.
2. Флинт Д. Локальные сети ЭВМ: Пер. с англ. — М.: Финансы и статистика, 1986. — 357 с.
3. Интерфейсы систем обработки данных: Справочник/ А.А. Мячев, В.Н. Степанов, В.К. Щербо; Под ред. А.А. Мячева. — М.: Радио и связь, 1989. — 416 с.
4. Овчинников В.В., Рыбкин И.И. Техническая база интерфейсов локальных вычислительных сетей. — М.: Радио и связь, 1989. — 272 с.
5. Дженнингс Ф. Практическая передача данных: Модемы, сети и протоколы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1989. — 272 с.
6. Блэк Ю. Сети ЭВМ: Протоколы, стандарты, интерфейсы: Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 506 с.
7. Чернега В.С., Василенко В.А., Бондарев В.Н. Расчет и проектирование технических средств обмена и передачи информации. — М.: Высш. шк., 1990. — 224 с.
8. Райс Л. Эксперименты с локальными сетями микроЭВМ: Пер. с англ. — М.: Мир, 1990. — 268 с.
9. Шевкопляс Б.В. Микропроцессорные структуры. Инженерные решения: Справочник. — М.: Радио и связь, 1990. — 512 с.
10. Организация локальных сетей на базе персональных компьютеров. — М.: "И.В.К. — СОФТ", 1991. — 190 с.
11. Технологии электронных коммуникаций. Том 23. Локальные сети NETWARE. — М.: "Эко—Трендз", "Электронные знания", 1992. — 156 с.
12. Фролов А.В., Фролов Г.В. Локальные сети персональных компьютеров. — М.: "ДИАЛОГ—МИФИ", 1993. — 176 с.
13. Веттиг Д. Novell NetWare: Пер. с нем. — Киев: Торгово-издательское бюро ВНУ, 1993. — 528 с.
14. Логические ИС КР1533, КР1554: Справочник/ И.И. Петровский, А.В. Прибыльский, А.А. Троян, В.С. Чувелев: В 2-х ч. — М.: "БИНОМ", 1993.
15. Лапшинский А.В. Локальные сети персональных компьютеров: В 2-х ч. — М.: МИФИ, 1994.
16. Нанс Б. Компьютерные сети: Пер. с англ. — М.: "БИНОМ", 1996. — 400 с.
17. Spurgeon Ch. Ethernet Configuration Guidelines. — Peer-to-Peer Communications, Inc., 1996. — 178 p.
18. Gigabit Ethernet. — Gigabit Ethernet Alliance, 1996. — 17 p.
19. Новиков Ю.В., Калашников О.А., Гуляев С.Э. Разработка устройств сопряжения для персональных компьютеров типа IBM PC. Под общ. ред. Ю.В. Новикова. — М.: ЭКОМ, 1997. — 224 с.
20. Новиков Ю.В., Карпенко Д.Г. Оптоволоконная локальная сеть персональных компьютеров типа "звезда"/Информационные технологии и системы. Hardware Software Security. Тенденции и перспективы. Сборник статей/Сост. Мельников Д.Я. — М., Международная академия информатизации, 1997, с. 24—33.

СЛОВАРЬ ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ

- 10BASE2** — стандарт сегмента сети Ethernet на тонком коаксиальном кабеле.
- 10BASE5** — стандарт сегмента сети Ethernet на толстом коаксиальном кабеле.
- 10BASE-T** — стандарт сегмента сети Ethernet на витой паре.
- 10BASE-FL** — стандарт сегмента сети Ethernet на оптоволоконном кабеле.
- 100BASE-T4** — стандарт сегмента сети Fast Ethernet на счетверенной витой паре.
- 100BASE-TX** — стандарт сегмента сети Fast Ethernet на сдвоенной витой паре.
- 100BASE-FX** — стандарт сегмента сети Fast Ethernet на оптоволоконном кабеле.
- 100VG-AnyLAN** — локальная сеть в соответствии со стандартом IEEE 802.12 со скоростью передачи 100 Мбит/с, централизованным управлением обменом, топологией типа "звезда", средой передачи витой парой.
- 1000BASE-SX** — стандарт сегмента сети Gigabit Ethernet на оптоволоконном кабеле с длиной волны света 0,85 мкм.
- 1000BASE-LX** — стандарт сегмента сети Gigabit Ethernet на оптоволоконном кабеле с длиной волны света 1,3 мкм.
- 1000BASE-CX** — стандарт сегмента сети Gigabit Ethernet на экранированной витой паре.
- 1000BASE-T** — стандарт сегмента сети Gigabit Ethernet на неэкранированной витой паре.
- 4B/5B** — самосинхронизирующийся код для передачи данных, применяемый в сети FDDI, в котором 4 бита данных преобразуются в 5 бит, передаваемых в сеть.
- 5B6B** — самосинхронизирующийся код передачи данных, применяемый в сети 100VG-AnyLAN, в котором 5 бит данных преобразуются в 6 бит, передаваемых в сеть.
- 8B/10B** — код передачи данных, который будет использоваться в сети Gigabit Ethernet.
- ANSI (American National Standards Institute)** — Национальный институт стандартов США.
- Arcnet (Attached Resource Computer Net)** — локальная сеть, разработанная фирмой Datapoint Corporation (скорость передачи — 2,5 Мбит/с, метод доступа — маркерный).
- ATM (Asynchronous Transfer Mode)** — технология передачи информации, при которой по сети одновременно передаются данные, аудио- и видеосигналы, а также соответствующие технические средства одноименной сети, обеспечивающие обмен информацией на скорости до 622 Мбит/с.
- AUI** — тип разъема и кабеля для подключения сетевого адаптера Ethernet к трансиверу (MAU) "толстого" коаксиального кабеля.
- Auto-Negotiation** — протокол автодиалога для автоматического определения возможностей абонента в сети Fast Ethernet.
- Backbone network** — "стержневая" сеть, линия связи или аппаратура с высокой пропускной способностью, соединяющая отдельные части единой локальной сети.
- Bandwidth** — пропускная способность (вместимость) информационного канала или среды передачи, обычно измеряется в Мбит/с или МГц.
- BFOC/2.5** — стандарт оптоволоконного байонетного разъема.
- BNC (Bayonet Neill Concelnan)** — разъем байонетного типа, применяющийся, в частности, в сети Ethernet для соединения адаптера с "тонким" коаксиальным кабелем.
- Broadcast** — широковещательная передача, при которой пакет (сообщение) получают все абоненты сети независимо от их сетевого адреса.
- Cheapernet** — довольно распространенное название сети (или сегмента) Ethernet на "тонком" коаксиальном кабеле.
- Collision domain** — область (зона) конфликта, то есть часть сети (например, Ethernet), на которую распространяется ситуация конфликта (коллизии) передаваемых пакетов.
- CRC (Cyclic Redundancy Check)** — метод контроля правильности передачи с

использованием циклической контрольной суммы, а также сама эта циклическая сумма (обычно 16-разрядная).

Crosstalk — взаимное влияние кабелей и проводов друг на друга.

CSMA/CD (Carrier-Sense Multiple Access/Collision detection) — децентрализованный метод доступа к сети с контролем несущей (с контролем наличия передачи) и обнаружением конфликтов, применяемый, в частности, в сети Ethernet. Распространенное сокращение — МДКН/ОК.

DIX — объединение фирм DEC (Digital), Intel и Xerox, созданное для поддержки и стандартизации сети Ethernet.

ECMA (European Computer Manufacturers Assotiation) — Европейская Ассоциация производителей компьютеров, международная организация.

EIA/TIA 568 (Commercial Building Telecommunications Cabling Standard) — стандарт на кабели из витых пар для локальных сетей, определяющий их основные характеристики (затухания на различных частотах, отражения, количество витков на метр длины и т.д.).

Ethernet — наиболее распространенная в мире локальная сеть, предложенная фирмой Xerox (топология — шина, метод доступа CSMA/CD, скорость передачи — 10 Мбит/с). Удовлетворяет стандарту IEEE 802.3.

Fast Ethernet — высокоскоростная разновидность сети Ethernet, обеспечивающая скорость передачи 100 Мбит/с. Удовлетворяет доработанному стандарту IEEE 802.3 (стандарт утвержден в 1995 году).

FCS (Frame Check Sequence) — проверочная последовательность кадра, контрольная сумма (название принято в сети 100VG-AnyLAN).

FDDI (Fiber Distributed Data Interface) — кольцевая оптоволоконная высокоскоростная локальная сеть (метод доступа — маркерный, скорость передачи — 100 Мбит/с).

FLP (Fast Link Pulse) — сигналы, передаваемые в промежутках между пакетами в сети Fast Ethernet в режиме автодиалога.

FOIRL (Fiber Optic Inter-Repeater Link) — стандарт оптоволоконной связи между двумя репитерами сети Ethernet.

FOMAU (Fiber Optic MAU) — оптоволоконные трансиверы сети Ethernet.

Frame — кадр, пакет, единица передаваемой по сети информации.

Full duplex — режим полнодуплексной передачи, при котором передача может идти по линии связи в две стороны одновременно.

Gigabit Ethernet — разрабатываемая сверхвысокоскоростная версия сети Ethernet, обеспечивающая скорость передачи 1 Гбит/с.

Half duplex — режим полудуплексной передачи, при котором передача может идти по линии связи в две стороны, но не одновременно.

I-connector — соединитель двух кусков "тонкого" коаксиального кабеля, оснащенных разъемами BNC на концах.

IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) — Институт инженеров по электронике и радиотехнике (ИИЭР), организация, занимающаяся, в частности, стандартизацией локальных сетей.

IEEE 802.3 — стандарт IEEE, которому удовлетворяет сеть Ethernet (топология "шина", метод доступа CSMA/CD, среда передачи — коаксиальный кабель, скорость передачи 10 Мбит/с и т.д.). Доработанный стандарт соответствует сети Fast Ethernet.

IEEE 802.4 — стандарт IEEE, который определяет широкополосную маркерную шину со скоростью передачи 10 Мбит/с, максимальной длиной 1,5 км с числом абонентов до 64.

IEEE 802.5 — стандарт IEEE, которому удовлетворяет сеть IBM Token-Ring (топология "кольцо", маркерный доступ, среда передачи — витая пара, скорость передачи 4 Мбит/с и т.д.).

IEEE 802.3z — стандарт IEEE, которому удовлетворяет сеть Gigabit Ethernet (его принятие ожидается в 1998 году).

IEEE 802.12 — стандарт IEEE, которому удовлетворяет сеть 100VG-AnyLAN (скорость передачи 100 Мбит/с, топология — "звезда", централизованное управление доступом и т.д.).

ISA (Industrial System Architecture) — наиболее распространенная в настоящее время системная магистраль персональных компьютеров типа IBM PC. Имеет 16 разрядов данных.

LAN (Local Area Network) — локальная (вычислительная) сеть, ЛВС.

LLC (Logical Link Control) — верхний подуровень второго уровня модели OSI (уровня управления линией передачи), отвечающий за управление логическими связями.

MAC (Media Access Control) — нижний подуровень второго уровня модели OSI (уровня управления линией передачи), отвечающий за управление доступом к среде передачи.

Manchester-II — самосинхронизирующийся двухуровневый код передачи данных, применяющийся, в частности, в сети Ethernet.

MAU (Medium Attachment Unit) — трансивер сети Ethernet на "толстом" коаксиальном кабеле, устанавливаемый непосредственно на кабеле.

Mbps (Mb/s, Mbits per second) — мегабит в секунду (Мбит/с), единица измерения скорости передачи и пропускной способности среды передачи.

MMF (Multimode Fiber optic) — мультимодовый оптоволоконный кабель.

MSAU или MAU (Multistation Access Unit) — концентраторы сети IBM Token-Ring.

NE2000 — популярный тип адаптера сети Ethernet (фирма Novell), ставший одним из фактических стандартов.

NetBIOS (Network Basic Input/Output System) — сетевое программное обеспечение нижнего уровня, разработанное первоначально фирмой IBM и ставшее впоследствии фактическим стандартом.

NIC (Network Interface Card) — сетевой адаптер (контроллер), сетевая карта.

NLP (Normal Link Pulse) — сигналы, передаваемые в сегментах 10BASE-T между пакетами для контроля целостности линии связи.

NVP (Nominal Velocity of Propagation) — скорость распространения сигнала в кабеле, выражается в долях от скорости света, например, $NVP=0,7C$.

NRZ (Non-Return to Zero) — простейший несамосинхронизирующийся код передачи данных, применяемый, например, в интерфейсе RS-232C.

OSI (Open System Interchange) — модель взаимодействия открытых систем (ВОС), которая выделяет семь уровней в сетевых функциях от самого нижнего, физического, до самого верхнего, уровня приложений.

PCI (Peripheral Component Interconnect) — быстродействующая 32- или 64-разрядная магистраль, применяющаяся в персональных компьютерах типа IBM PC.

Plenum — тип кабеля в тефлоновой оболочке, более устойчивый к воздействиям окружающей Среды, чем обычный кабель (non-plenum); при горении не выделяет токсичных газов.

PMD (Physical Mtdium Dependent) — нижний подуровень первого (физического) уровня модели OSI, зависящий от типа среды передачи.

PMI (Physical Mtdium Independent) — верхний подуровень первого (физического) уровня модели OSI, независящий от типа среды передачи.

RG-11 — распространенный тип "толстого" коаксиального кабеля сети Ethernet с волновым сопротивлением 50 Ом.

RG-58 A/U — распространенный тип "тонкого" коаксиального кабеля сети Ethernet с волновым сопротивлением 50 Ом.

RG-62 A/U — распространенный тип коаксиального кабеля для сети Arcnet с волновым сопротивлением 93 Ом.

RJ-45 — тип разъема для присоединения кабеля на основе витых пар.

RZ (Return to Zero) — самосинхронизирующийся трехуровневый код передачи данных.

Simplex — режим симплексной передачи, при котором передача может идти только в одном направлении: от передатчика к приемнику.

SNA (System Network Architecture) — архитектура сетевых систем, предложенная фирмой IBM и ориентированная на объединение компьютеров самых разных типов.

SNMP (Simple Network Management Protocol) — протокол обмена для удаленной управляющей станции репитера в сети Ethernet, служащей для контроля за нагрузкой сети и за интенсивностью ошибок в сети, а также для автоматического отключения неисправных сегментов.

STP (Shielded Twisted-Pair cable) — кабель на основе экранированных витых пар.

T-connector — Т-образный соединитель, служащий для подключения двух кусков "тонкого" коаксиального кабеля к сетевому адаптеру.

Terminator — терминатор, согласующее устройство, выполняющее электрическое согласование кабеля на обоих его концах. Представляет собой резистор с сопротивлением, равным волновому сопротивлению применяемого кабеля. Присоединяется к кабелю с помощью разъема.

Token-Ring — кольцевая локальная сеть фирмы IBM с маркерным методом доступа и скоростью передачи 4 Мбит/с.

TPFDDI — версия сети FDDI на электрическом кабеле (витой паре) со скоростью передачи данных 100 Мбит/с.

UTP (Unshielded Twisted-Pair cable) — кабель на основе неэкранированных витых пар.

WAN (Wide Area Network) — глобальная (вычислительная) сеть, ГВС.

Абонент сети (узел) — устройство, подключенное к сети.

Адаптер сетевой — электронная плата (карта) для сопряжения компьютера со средой передачи информации.

Витая пара — среда передачи информации из двух перекрученных между собой электрических проводов, характеризующаяся наибольшей простотой монтажа и низкой стоимостью.

Время доступа — временной интервал между возникновением заявки на передачу данного абонента и получением права на передачу.

Датаграмма, дейтаграмма — способ передачи пакетов без подтверждения получения в произвольном порядке; правильный порядок восстанавливается принимающим абонентом.

Децентрализованное управление обменом — метод управления обменом в сети, при котором нет выделенного центра управления, и все абоненты равноправны (хотя и могут иметь разные приоритеты по захвату сети).

Захват сети — получение абонентом сети права на передачу пакета.

Звезда (star) — вид топологии локальной сети, в котором к одному центральному абоненту (концентратору) подключаются несколько периферийных абонентов; при этом все управление сетью и (или) передачу всей информации в ней осуществляет центральный абонент.

Клиент — абонент, не отдающий своего ресурса в сеть, но имеющий доступ к ресурсам сети. Иногда клиенты называются также рабочими станциями в противоположность серверу.

Коаксиальный кабель — среда передачи информации, электрический кабель, состоящий из центрального проводника и металлической оплетки, разделенных диэлектриком.

Кольцо (ring) — вид топологии локальной сети, в котором все абоненты последовательно передают информацию друг другу по цепочке, замкнутой в кольцо.

Концентратор (hub) — устройство, служащее для объединения нескольких сегментов

единой сети и не преобразующее передаваемую информацию.

Комбинированный маршрутизатор (brouter) — устройство (компьютер), являющееся комбинацией моста и маршрутизатора.

Коммутатор, коммутирующий концентратор (switching hub, switch) — коммутатор, передающий на другие сегменты только те пакеты, которые адресованы им, с целью снижения нагрузки на сеть.

Конфликт, коллизия (collision) — ситуация, при которой в сеть передаются несколько пакетов, что вызывает искажение информации.

Локальная сеть — компьютеры или другие устройства, соединенные линиями связи для передачи информации между ними.

Маркер — уникальная комбинация битов или пакет специального вида, использующийся для процедуры захвата сети.

Маршрутизатор (router) — устройство (компьютер), служащее для определения маршрута, по которому наиболее целесообразно пересылать пакет.

Метод доступа — способ определения, какой из абонентов сети может захватить сеть и начать передачу своего пакета.

Мост (bridge) — устройство (компьютер), служащее для объединения в единую сеть нескольких сетей разных типов (например, Ethernet и Arcnet), а также для снижения нагрузки в сети.

Опволоконный кабель — среда передачи информации, представляющая собой стеклянное или пластиковое волокно в оболочке, по которому распространяется световой сигнал.

Пакет — единица информации, передаваемой по сети. Могут быть короткими (порядка десятков байт и даже единиц байт), а также длинными (порядка нескольких килобайт). Включают в себя данные (необязательно), адреса и управляющие коды.

Повторитель, репитер (repeater) — устройство для восстановления и усиления сигналов в сети, служащее для увеличения ее длины.

Протокол — набор правил, алгоритм обмена информацией между абонентами сети.

Рабочая станция — другое название абонента сети, клиента сети (в противоположность серверу) или специального компьютера, ориентированного на работу в сети.

Сеанс — логическое соединение между абонентами сети для обмена информацией; включает в себя передачу нескольких пакетов.

Сервер — абонент сети, отдающий в сеть свой ресурс и имеющий или не имеющий доступа к ресурсам сети. Также сервером называют специализированный компьютер, предназначенный для работы в сети (имеет быстродействующие диски большого объема, быстрый процессор, большую память).

Сетевой адаптер (он же контроллер, интерфейс, сетевая карта) — электронная плата, сопрягающая аппаратуру абонента сети и линии связи сети.

Среда передачи информации — электрический кабель (коаксиальный, витая пара), волоконно-оптический кабель, радиоканал, инфракрасный канал, то есть то, что используется в данной сети для связи абонентов; характеризуется стоимостью, удобством подключения, пропускной способностью (то есть предельной скоростью передачи), предельной длиной линии связи (затуханием сигнала с расстоянием на данной частоте), помехоустойчивостью, секретностью передаваемых данных (возможностью подслушивания), требуемой сложностью адаптеров абонентов, а также рядом специфических параметров, менее важных для пользователей сети.

Топология — метод соединения, структура связей абонентов сети. Основные топологии — это "звезда", "шина" и "кольцо", реже встречаются топологии "цепочка" и "дерево"; топологии различаются требуемой длиной соединительного кабеля, удобством соединения, возможностями подключения дополнительных абонентов, отказоустойчивостью, возможностями управления обменом.

Трансивер (TRANSmitter+reCEIVER) — приемопередатчик сети, служащий для усиления сигналов или для преобразования физической природы сигналов (например, электрических сигналов в световые и наоборот).

Централизованное управление обменом — метод управления обменом в сети, при котором один компьютер или одно специальное устройство управляет всем обменом в сети.

Шина (bus) — вид топологии локальной сети, в котором все абоненты параллельно подключены к линейному отрезку кабеля, согласованного на концах.

Шлюз (gateway) — устройство (компьютер), служащее для объединения сетей с совершенно различными протоколами обмена.