

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
НТУ «ХПИ»

Кафедра Информационно-измерительных технологий и систем

**Конспект лекций по курсу**  
**«Интерфейсы средств измерений»**

Лектор – Балев Владимир Николаевич, к.т.н.,  
доцент кафедры «Информационно-измерительных технологий и систем»

Харьков - февраль- май 2008

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гук М.Ю. **Аппаратные средства IBM PC . Энциклопедия.** 3-е издание. – СПб.: Питер, 2006.- 1072 с.
2. А.А. Лапин **Интерфейсы.** Выбор и реализация Москва: Техносфера, 2005.- 168с.
3. Агуров П.В. **Последовательные интерфейсы ПК. Практика программирования.** – СПб.: БХВ- Петербург, 2004. – 496 с.
4. Ан Пей. **Сопряжение ПК с внешними устройствами:** Пер. с англ.- М.: ДМК Пресс, 2001. -320 с.
5. Гук М.**Аппаратные интерфейсы ПК. Энциклопедия.** — СПб.: Питер, 2002. — 528 с.: ил
6. Гук М. **Интерфейсы ПК:справочник** - — СПб.: Питер Ком, 1999. — 416 с.: ил
7. Кулаков Ю.А., Луцкий Г.М. **Компьютерные сети** – К.: Юниор, 1998.- 384с.
8. **Разработка устройств сопряжения для персонального компьютера типа IBM PC.** Под общей редакцией Ю.В. Новикова. Практ. Пособие – М.: ЭКОМ., 1997 – 224с.
9. Шевкопляс Б.В. **Микропроцессорные структуры. Инженерные решения.** М.: Радио и связь, 1986.
- 10.Науман Г. **Стандартные интерфейсы для измерительной техники.** М.: Мир, 1982. – 304 с.

## Структура распределенной АСУ ТП

Элементами типовой структуры распределенных АСУ ТП являются:

- Станции – функционально и конструктивно законченные, эксплуатационно автономные составные части распределенной системы, подключенные к локальной сети;
- Периферийное оборудование – средства получения информации (датчики, преобразователи), исполнительные устройства, усилители, электрокоммутирующая аппаратура и т.п.

Важнейшую роль играет способность составных частей взаимодействовать друг с другом; с этой целью они, в первую очередь, должны обмениваться информацией между собой.

**Взаимодействие (обмен данными) между элементами происходит через разделяющую их границу. Эти границы часто обозначают термином ИНТЕРФЕЙС.**

ИНТЕРФЕЙС – граница, через которую осуществляется взаимодействие между элементами (составными частями) системы. (общее определение)

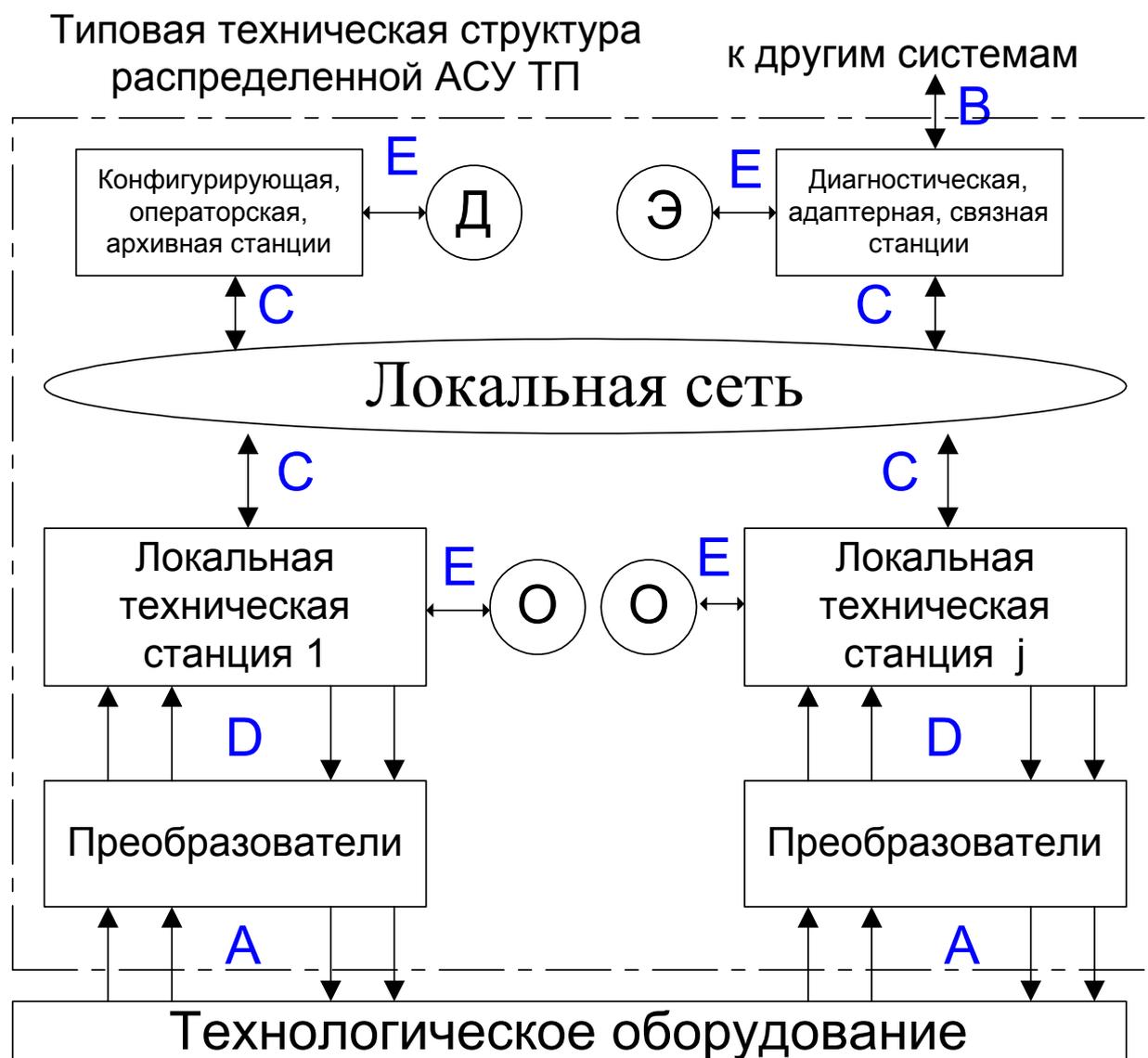


Рисунок Типовая техническая структура распределенной АСУ ТП.

**В более узком смысле интерфейс** определяют как правила информационного обмена между составными частями через разделяющую их границу.

В типовой распределенной АСУТП. Можно выделить такие границы (интерфейсы):

**А** - интерфейс АСУТП с технологическим оборудованием (технологический интерфейс);

**В** - интерфейс АСУТП с другими системами (смежными АСУТП и/или с системами вышестоящего эшелона);

**С** – интерфейс станций локального и координирующего эшелона с локальной сетью передачи данных (сетевой интерфейс);

**Д** - интерфейс локальных технологических станций с периферийным оборудованием (интерфейс ввода\вывода);

**Е** – интерфейс станций локального и координирующего эшелона с оперативным персоналом (операторами-технологами О, диспетчерами Д, эксплуатационным персоналом Э)(операторский интерфейс, иногда его называют интерфейсом "человек-машина").

Интерфейсы **А, В** определяют границы системы (распределенной АСУТП) с ее окружением, интерфейсы **С, Д, Е** – границы между составными частями системы.

## **Средства измерительной техники.**

ДСТУ 2681-94 "Метрология. Термины и определения" определяет средство измерительной техники - как техническое средство, которое применяется во время измерения и имеет нормированные метрологические характеристики.

К СИТ относятся: средства измерений (СИ) и измерительные устройства (ИУ). СИ средство измерительной техники, которое реализует процедуру измерения. К СИ относятся: кодовые средства измерений (АЦП), регистрирующие СИ, измерительные приборы, измерительные каналы и измерительные системы.

Измерительный прибор - средство измерения, в котором создается визуальный сигнал измерительной информации.

Измерительно-информационная система - совокупность средств измерительной техники, средства контроля, диагностирования и других технических средств, объединенных для создания сигналов измерительной и других видов информации.

Измерительное устройство - средство измерительной техники, в котором выполняется только одна из составных частей процедуры измерений (измерительная операция). К ним относятся: меры, компараторы, измерительные и масштабные преобразователи.

Первичный измерительный преобразователь (сенсор) - измерительный преобразователь, который первым взаимодействует с объектом измерения.

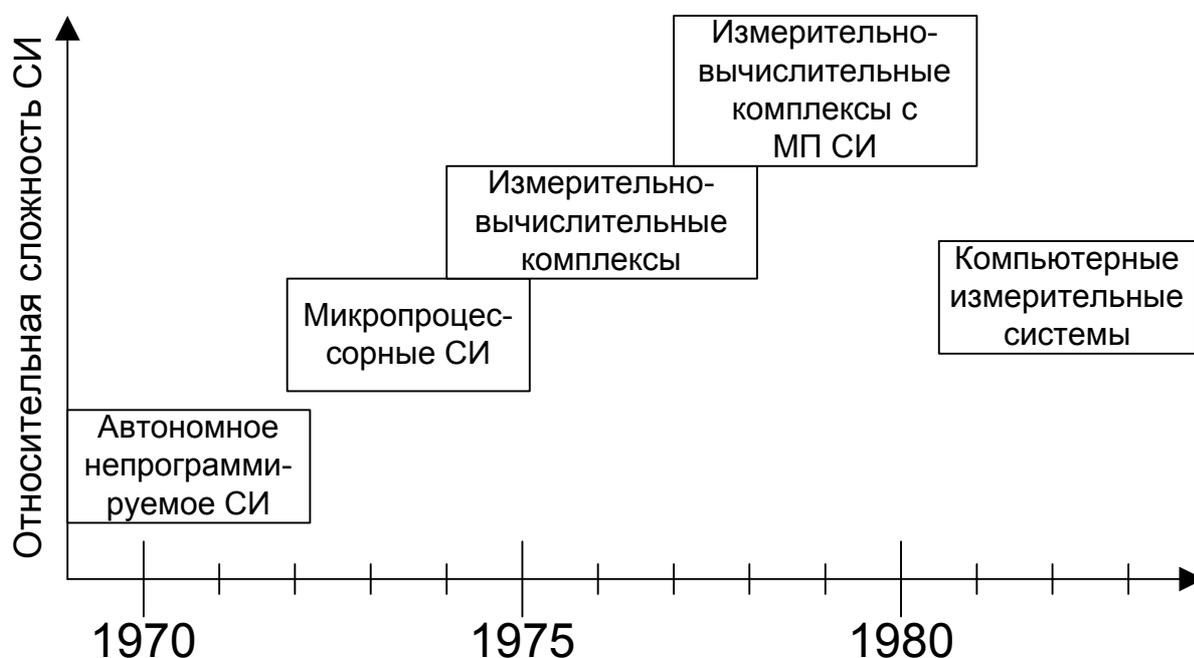
## **Микропроцессоры в измерительной технике**

Успехи интегральной технологии привели в начале 70-х годов к созданию

перепрограммируемых однокристалльных микросхем. Микропроцессор обязан своим появлением стремлению сконструировать универсальную БИС, способную выполнять много функций, и программно перестраиваться с одной функции на другую. С первых лет своего существования, микропроцессоры, как универсальные логические схемы получили наибольшее распространение в измерительных, вычислительных и управляющих устройствах.

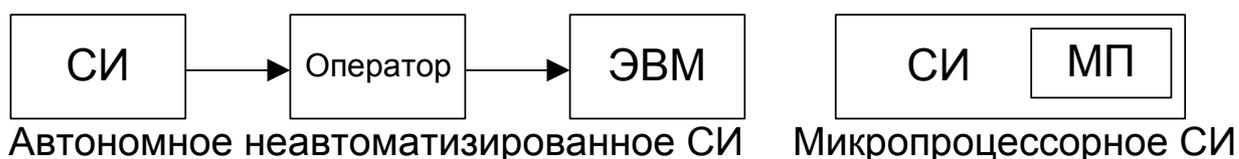
## Эволюция средств измерительной техники

Растущие требования к СИ, с одной стороны, и расширяющиеся возможности измерительной и вычислительной техники, с другой стороны, создают постоянно действующую тенденцию повышения уровня автоматизации приборов с целью придания им большей гибкости, расширения их функциональных возможностей, сопряжения их с другими средствами в автоматизированных системах самого различного назначения.

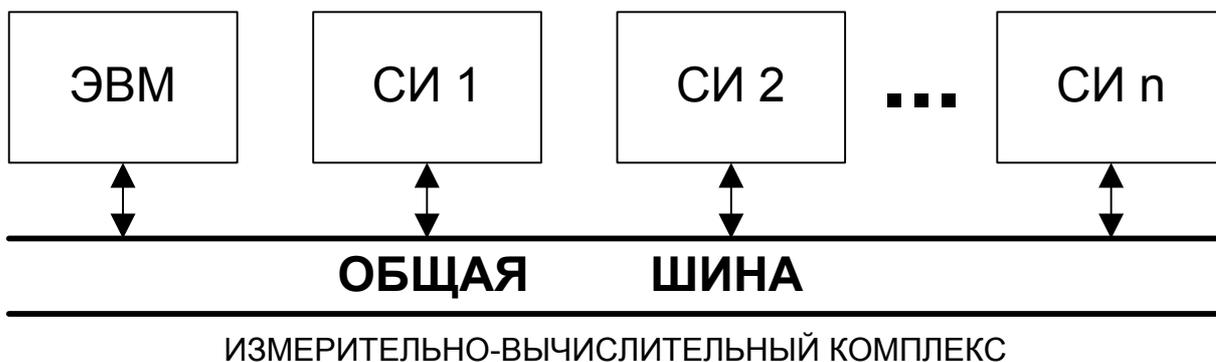


В 60-е годы в СИ начали встраивать устройства переключения диапазонов, индикаторы полярности, цифровые индикаторы. Эти усовершенствования делали СИ более удобными в эксплуатации, но они оставались непрограммируемыми. Появление микропроцессоров сделало закономерным переход к машинным методам управления измерительными приборами и обработки измерительной информации.

Микропроцессоры, обладая гибкими логическими возможностями, позволяют автоматизировать практически все сервисные операции при измерениях. Но функциональные возможности СИ - число решаемых измерительных задач изменилось незначительно.



Функциональные ограничения на СИ были сняты стандартизацией приборного интерфейса - устройств для сопряжения СИ с ЭВМ и между собой.



ИВК, при соответствующей аппаратной и программной поддержке, способны выполнять практически неограниченное число измерительных и управляющих функций. Идея ИВК доведена до совершенства включением в свой состав микропроцессорных СИ. Возможность управления на модульном и общесистемном уровнях делает ИВК исключительно гибким. Но достигаются такие возможности ростом сложности СИ, избыточности аппаратных средств и стоимости ИВК.

Исключение избыточных узлов СИ, дает возможность разместить оставшиеся



измерительные и управляющие устройства на одной или нескольких платах и конструктивно объединить с МикроЭВМ. Эта интеграция позволяет создать компьютерные измерительные системы (КИС), обладающие практически такими же возможностями, как и ИВК, но при значительно меньших затратах. Роль приборного интерфейса в КИС выполняет собственная общая шина МикроЭВМ.

Таким образом, эволюция СИ идет по пути интеграции измерительных и вычислительных средств и функций.

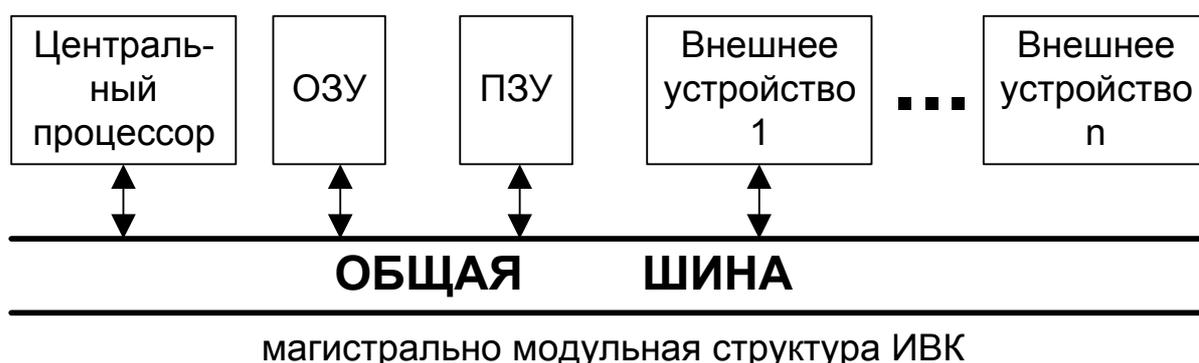
## Измерительно-вычислительные комплексы

Любая автоматизированная система включает в себя следующие подсистемы: сбора и преобразования измерительной информации, обработки и хранения измерительной информации, управления объектом измерений. При этом все подсистемы должны быть определенным образом соединены между собой, и согласованно работать по заданной логике. Как осуществить связь подсистем между собой и ЭВМ с подсистемами? Ответ на это вопрос одновременно искали специалисты по вычислительной технике, для которых все измерительные блоки - это периферия, и

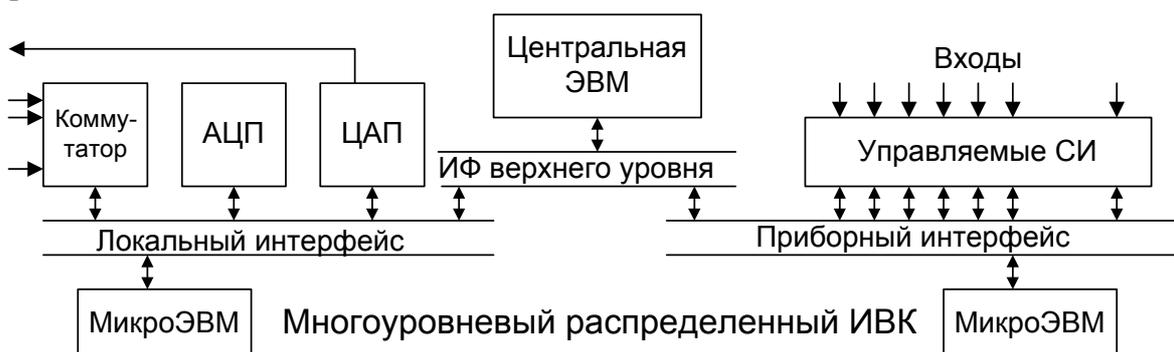
приборостроители, для которых ЭВМ - это контроллер. Преимущественное распространение получил магистрально-модульный принцип организации измерительных, вычислительных и управляющих узлов автоматизированных систем.

Основными общесистемными требованиями к ИВК являются **способность к развитию** и **"открытость"**. Способность к развитию - это возможность наращивания комплекса новыми модулями или замены одних модулей на другие для расширения функций ИВК или их изменения. "Открытость" - свободное взаимодействие ИВК с другими системами аналогичного назначения, выход в сеть или некую иерархическую систему, что расширяет сферу приложения ИВК.

Магистрально-модульное построение ИВК (Магистраль - шина, модуль - узлы системы) в наилучшей степени отвечает эти двум требованиям.



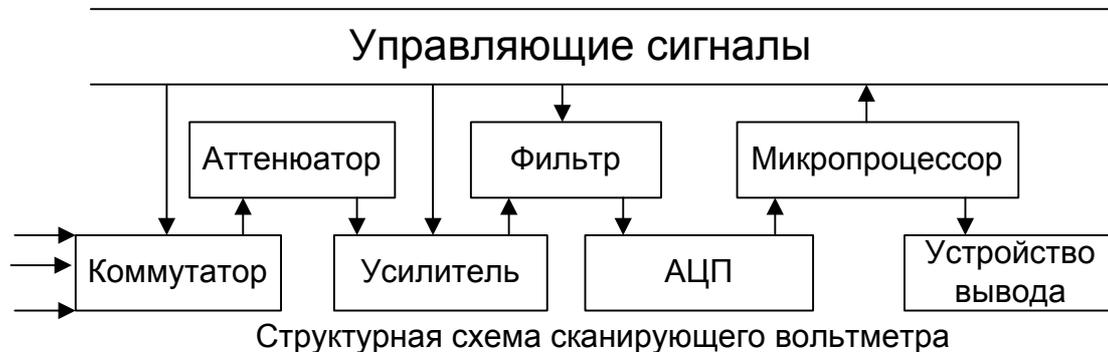
Большие возможности мощных ЭВМ и сравнительно низкие потребности первых этапов автоматизации измерений и управления привели к идее одновременного использования одной ЭВМ для разных целей, решения разных задач. Подобные централизованные системы нашли широкое применение в АСУ. С появлением микропроцессорной техники акценты сместились в пользу так называемого распределенного управления, характеризующегося выполнением функции обработки данных и управления непосредственно в местах получения информации. Появились ИВК с распределенными вычислительными и управляющими ресурсами, а также многоуровневые ИВК.



На каждом уровне иерархии ИВК и для пространственно распределенных частей ИВК используются самостоятельные вычислительные и управляющие средства (МикроЭВМ, контроллеры, микропроцессоры). Встраивание автономных СИ в ИВК повышает измерительный потенциал в направлении расширения его функциональных возможностей. СИ могут объединяться на приборном интерфейсе даже если они конструктивно несовместимы.

## Микропроцессорные средства измерений

Первые микропроцессорные СИ имели микропроцессор, жестко запрограммированный на выполнение определенных измерительных функций. Микропроцессор придает измерительному прибору некоторую гибкость, наделяет математическими способностями, необходимыми для обработки данных.



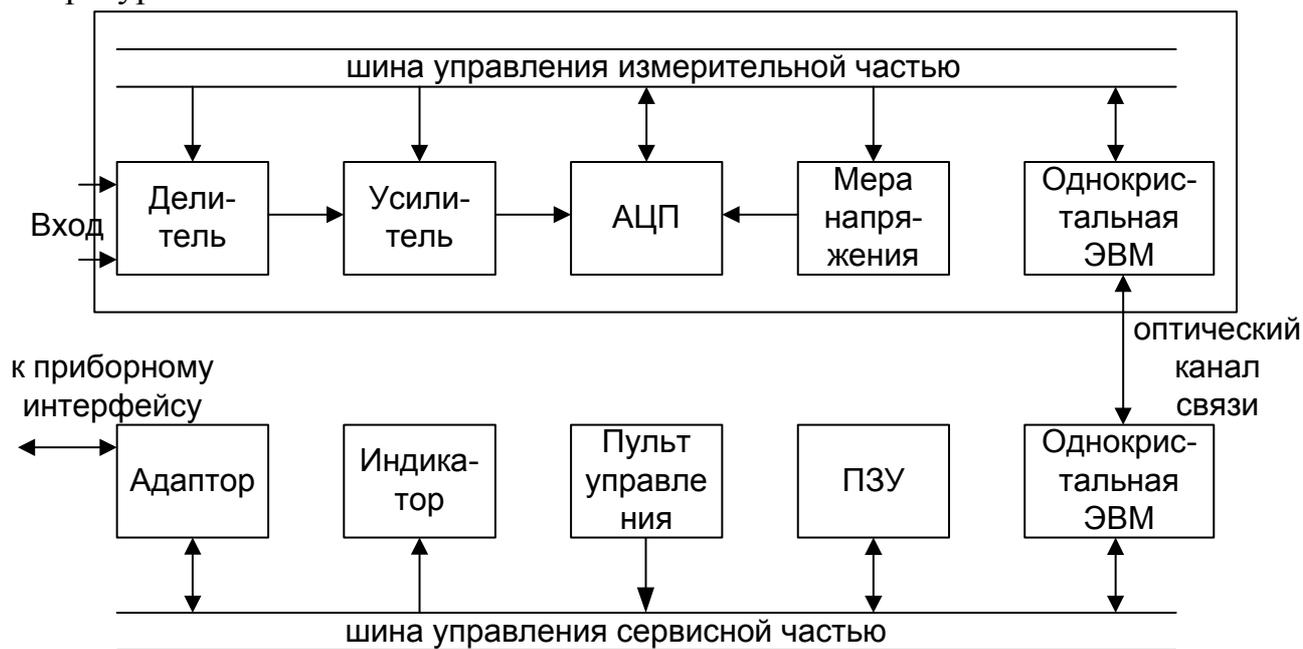
Вольтметр содержит ряд типичных аналоговых узлов: делитель, усилитель, фильтр. Микропроцессор управляет функциональными узлами, обрабатывает измерительную информацию и представляет результаты измерений для отображения в нужной форме.

Дальнейшая эволюция микропроцессорных СИ характеризуется переходом ряда функций из аппаратной среды в программную. Появление 16 и 32-разрядных микропроцессоров приравняло их по вычислительной мощности к МикроЭВМ и позволило поручить им значительно большее число функций по сравнению с ранними микропроцессорными СИ. К этим функциям, в частности, относятся: задание сигнального тракта, функциональные преобразования данных, учет дрейфов, подавление помех, самопроверка, адаптация к меняющимся условиям, формирование испытательных сигналов. При необходимости, микропроцессор выполняет интерфейсные функции для сопряжения с другими устройствами. Перепрограммирование микропроцессорных устройств на новые функции позволяет повысить гибкость их применения.

Устройства ввода-вывода (например, клавиатура и дисплей) и графопостроитель обычно конструктивно не объединены с прибором, если прибор является многофункциональным и имеет развитое программное обеспечение. Для сравнительно простых микропроцессорных СИ все функциональные узлы размещаются, конструктивно, в одном блоке включая дисплей на ЖКИ или ЭЛТ с малым экраном и кнопочное управление "защитными" программами измерений.

Программное обеспечение МПСИ, несмотря на некоторую специфику, содержит в себе все характерные признаки программного обеспечения ЭВМ. Некоторые разработчики измерительной техники предпочитают идти не по пути расширения функций встроенного микропроцессора, а встраивать в СИ несколько микропроцессоров и жестко программировать каждый из них на свою группу функций. Программное обеспечение мультипроцессорных СИ легче поддается структурированию (разбиению на модули), организации точек ветвления (перехода от модуля к модулю) и, в конечном счете, оказывается значительно проще ПО однопроцессорных систем с мультипрограммным режимом работы и надежнее. Важным фактором является то, что

стоимость разработки ПО обходится в несколько раз дороже стоимости разработки аппаратуры.



Упрощенная схема двухпроцессорного мультиметра 8860A фирмы FLUKE

На рисунке изображена упрощенная блок-схема двухпроцессорного мультиметра 8860A (фирмы FLUKE). Верхняя ЭВМ управляет измерительным каналом и самопроверкой, а нижняя - индикацией, заданием функций, характерных для органов лицевой панели. Связь между МикроЭВМ осуществляется с помощью оптического канала, измерительная часть прибора экранирована в целях помехозащищенности и обеспечения высокой точности. Каждая МикроЭВМ имеет свою память, поэтому отсутствуют прерывания характерные для мультипрограммного режима работы. На лицевой панели имеется 17 кнопок, вызывающих программы из ПЗУ. Выход мультиметра на приборный интерфейс позволяет включить прибор в ИВК и управлять ИМ от внешнего контроллера.

Мультипроцессорные СИ являются следствием принципа распределенного интеллекта, распространенного на внутрприборный уровень, уровень функциональных узлов.

Пока пользователь работает с мультиметром в рамках "защиты" (встроенной) в ПЗУ программы и управляет прибором кнопками на лицевой панели, он работает с типичным микропроцессорным СИ. Подключение дополнительной клавиатуры позволяет превратить прибор в МикроЭВМ общего применения. Появляется возможность создавать программы, записывать их в ПЗУ, увеличивая число измерительных функций и повышая гибкость применения прибора. Мультиметр с клавиатурой приобретает основные черты компьютерных измерительных систем.

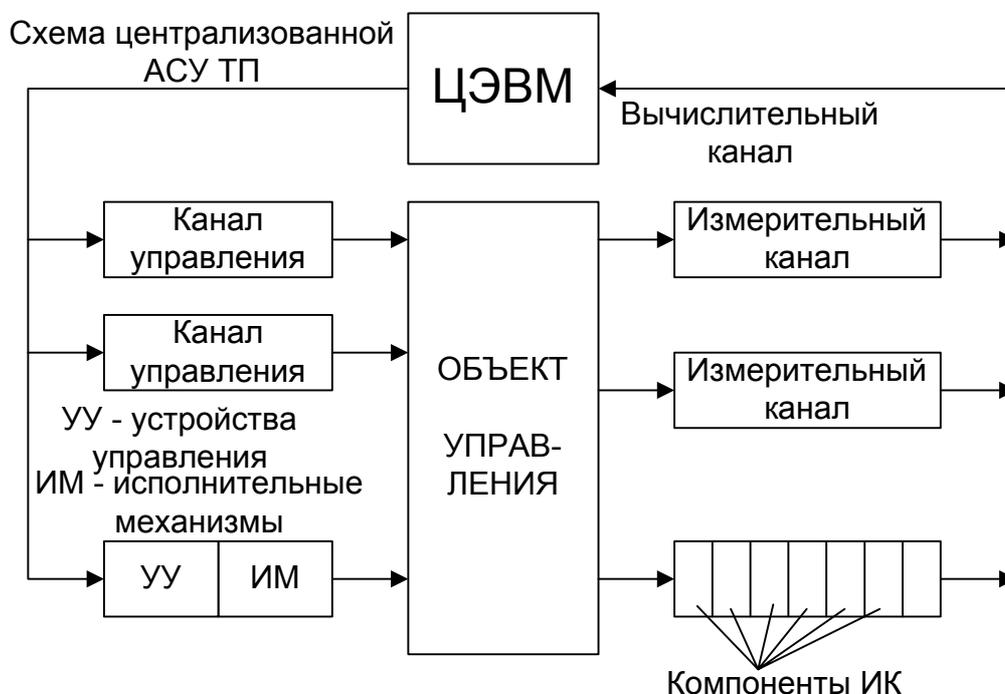
## Измерительные системы в АСУ ТП

Типовая структура АСУ ТП включает в себя устройства для выполнения следующих основных функций:

- Измерение (измерительный канал, состоящий из измерительных компонентов) ПИП-

## ВИП-НУ-ЛС-К-АЦП.

- Обработка измерительной информации (вычислительный канал, состоящий из вычислительных компонентов (программы + вычислительные средства). Выработка управляющих воздействий.
- Воздействие на объект управления (управляющий канал).
- Представление информации в нужной форме.



В "домикропроцессорный" период технические средства и архитектура АСУ ТП развивалась в соответствии с концепцией центров коллективного пользования. Сигналы от множества датчиков поступали через коммутаторы и АЦП на одну большую ЭВМ. Все контуры управления (ИК+УК+ВК) проходят через единственную ЭВМ. Проектирование и эксплуатация АСУ ТП с применением одной большой ЭВМ характеризуется дороговизной и сложностью аппаратных и программных средств. С ростом числа измеряемых и управляемых параметров растет сложность программного обеспечения, уменьшается надежность системы в целом.

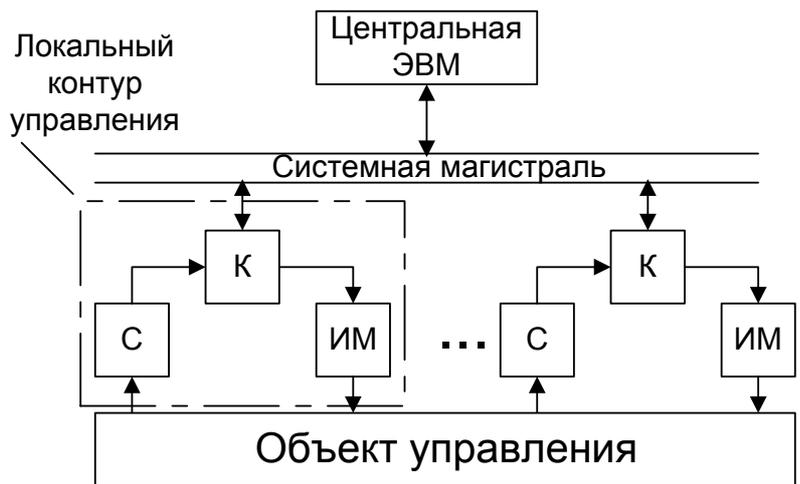
В настоящее время общепринятым считается применение одного микропроцессора или одной МикроЭВМ для управления несложным объектом и применение распределенных вычислительных средств для управления сложным промышленным объектом.

Распределенные системы имеют следующие преимущества:

- ниже стоимость аппаратных и программных средств, ремонта и обслуживания
- выше помехоустойчивость
- выше гибкость
- выше устойчивость функционирования.

Требования локализации контуров управления вблизи объекта и упрощение сетей связи может быть выполнено только в мультипроцессорных системах.

Распределенное управление можно продемонстрировать следующей схемой.



Структура распределенной системы управления

К - контроллер = АЦП+МП+ЦАП, С - сенсор

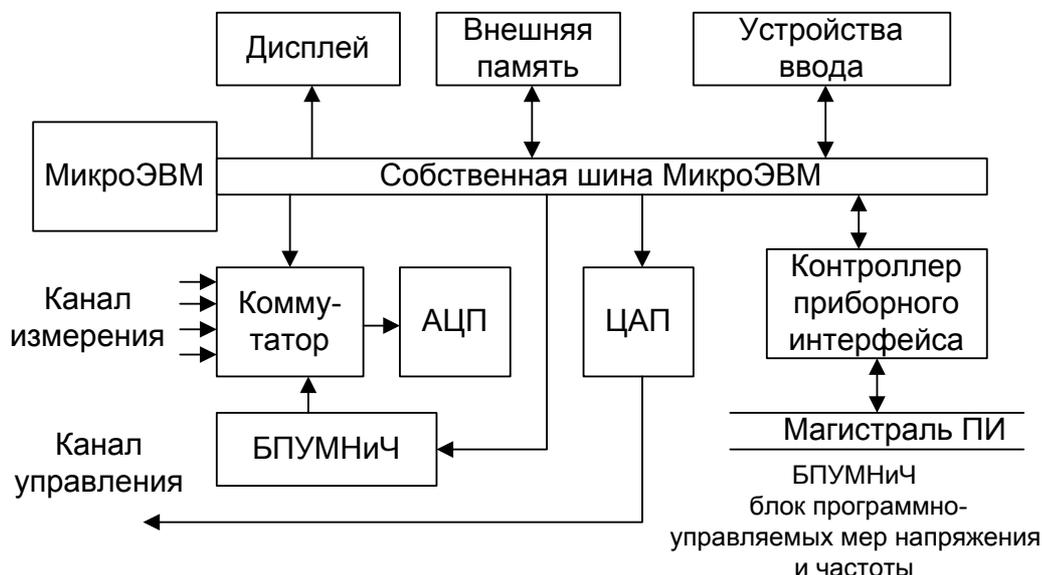
ИМ - исполнительный механизм

Если при декомпозиции функций АСУТП процесс управления удастся разбить на полностью самостоятельные модули, то необходимости в центральной ЭВМ нет. Обычно это не удается, тогда центральная ЭВМ осуществляет координацию взаимодействий локальных контуров, а при необходимости берет на себя функции вышедшего из строя контроллера или перераспределяет его функции по другим контроллерам.

## Компьютерно - измерительные системы (КИС)

Первый шаг к комплексированию СИ МикроЭВМ был сделан в 80-х годах. Разработка ряда сменных плат, встраиваемых в МикроЭВМ, наделила последние функциями вольтметра, частотомера, генератора тестовых сигналов, осциллографа и других измерительных приборов, поставила на службу измерений мощные ресурсы вычислительной техники при минимальных аппаратурных затратах.

### Структурная схема КИС



КИС объединяет измерительные, вычислительные и управляющие средства на собственной шине микроЭВМ.

Универсальная КИС, рассчитанная на решение широкого круга задач, далеко не всегда оказывается оптимальной для конкретной группы задач. Был разработан широкий спектр одноплатных измерительных устройств, каждое из которых совместно с МикроЭВМ образует проблемно-ориентированную КИС.

Система MIDAX (США) - семейство КИС, предназначенных для сбора аналоговых и дискретных данных, управления технологическими процессами и регистрации производственной информации. Базовый комплект системы содержит стандартный набор модулей КИС: АЦП, МикроЭВМ, ЦАП, перепрограммируемое ПЗУ, контроллер прерываний, устройство связи с пользователем, и ряд других модулей, охватывающих широкие возможности по сбору (64 аналоговых входа), обработке данных и управлению (до 44 каналов). Система открыта для наращивания ее дополнительными аппаратными и программными средствами, имеет выходы на центральную ЭВМ и стандартизованную шину.

Система МикроДАТ - унифицированный ряд микропроцессорных программируемых контроллеров диспетчеризации, автоматики и телемеханики, предназначенных для работы как в локальных АСУ ТП, так и в АСУ ТП с иерархической структурой.

Системными концепциями МикроДАТ являются: магистрально-модульный принцип построения аппаратных и программных средств распределенный характер системы сбора, обработки данных и управления, схемная и конструктивная унификация, стандартизация интерфейсов и протоколов обмена.

Особенностью МикроДАТ является децентрализация управления и применение интерфейса, который обеспечивает взаимодействие децентрализованных локальных подсистем, функционирующих автономно и в реальном масштабе времени.

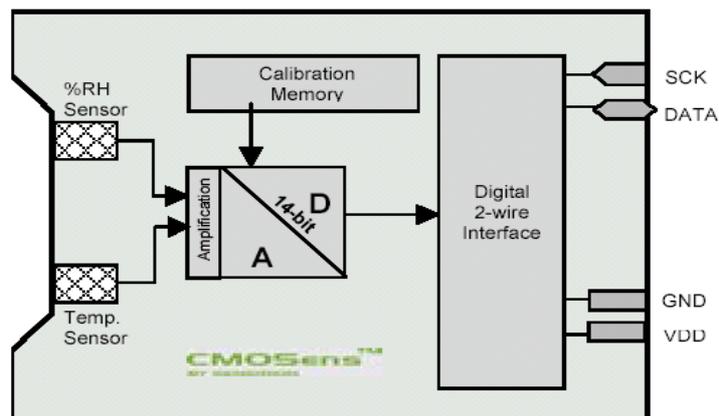
## **Измерительные преобразователи физических величин (сенсоры)**

В 1978 г. фирма INTEL разработала устройство 8022, представляющее собой совмещение МикроЭВМ и АЦП в одном кристалле. Затем наряду с подобными устройствами, демонстрирующими возможности интегральной технологии, промышленность начала выпускать интегральные измерительные преобразователи, т.е. ИП совмещенные со средствами вторичной обработки в одной интегральной микросхеме. В литературе встречается название таких сенсоров: "SMART"-разумные, "INTELLIGENT" -разумный, мысленный.

Первым шагом в этом направлении явились сравнительно простые электронные схемы, совмещенные с чувствительными элементами, которые производили усиление, линейризацию, температурную компенсацию, преобразование аналогового сигнала в частоту колебаний.

Совмещение ИП с микропроцессорами явилось естественным результатом дальнейшего развития техники интегральных измерительных преобразователей. Повысилась их точность, помехоустойчивость, появилась возможность обмена информацией между измерительными преобразователями и цифровой системой управления.

В качестве примера SMART сенсора рассмотрим измеритель температуры и

**Schematic Diagram**

относительной влажности SHT1x/SHT7x фирмы Sensirion, имеющий цифровой выход, не требующий использования дополнительных компонентов. По данным измерений можно рассчитать точку росы. Обмен данными с микропроцессорной системой обеспечивается по двухпроводному интерфейсу.

К недостаткам микропроцессорных сенсоров можно отнести их меньшую

надежность по сравнению с аналоговыми сенсорами. Если аналоговый сенсор восстанавливается после превышения установленных норм его работы, то микропроцессорные сенсоры значительно чаще выходят из строя. Кроме того, помехи сбивают работу микропроцессоров, в то время как аналоговый сенсор под воздействием помех сохраняет работоспособность с возможным некоторым ухудшением характеристик.

## **Перспективы развития средств измерительной техники.**

Характерной особенностью современных СИТ является все более широкое применение микропроцессоров. Дальнейшее развитие ИВК, измерительных систем в АСУТП, КИС идет по пути децентрализации управления измерениями и обработка данных на нескольких периферийных микропроцессорах. Центральная ЭВМ устанавливает связь с периферийными микропроцессорами только на время передачи ему управляющей информации и приема от него предварительно обработанной информации.

Основные информационные потоки (измерительная и управляющая информация) замыкаются внутри локальных контуров и подсистем. При этом значительно снижаются требования к пропускной способности системной магистрали, т.е. быстродействующие интерфейсы, требующие применения сигналов сравнительно большой мощности, заменяются более простыми и менее мощными параллельными и последовательными интерфейсами, что снижает уровень помех на магистрали, уменьшает потребляемую мощность и упрощает конструкцию интерфейсных блоков. Также уменьшается объем программного обеспечения центральной ЭВМ, упрощается ее структура и облегчается ее модификация.

Основными типами периферийных микропроцессоров являются 8, 16 разрядные однокристалльные микроЭВМ средней мощности с встроенными ОЗУ и ПЗУ и средствами ввода-вывода аналоговой и цифровой информации. Например, микроконтроллеры KM1816BE51, AT89C51, AVR и PIC процессоры, а также DSP процессоры.

**Взаимодействуя между собой по каналам связи микропроцессорные СИТ образуют локальные информационно-измерительные сети.**

## Локальные измерительные сети

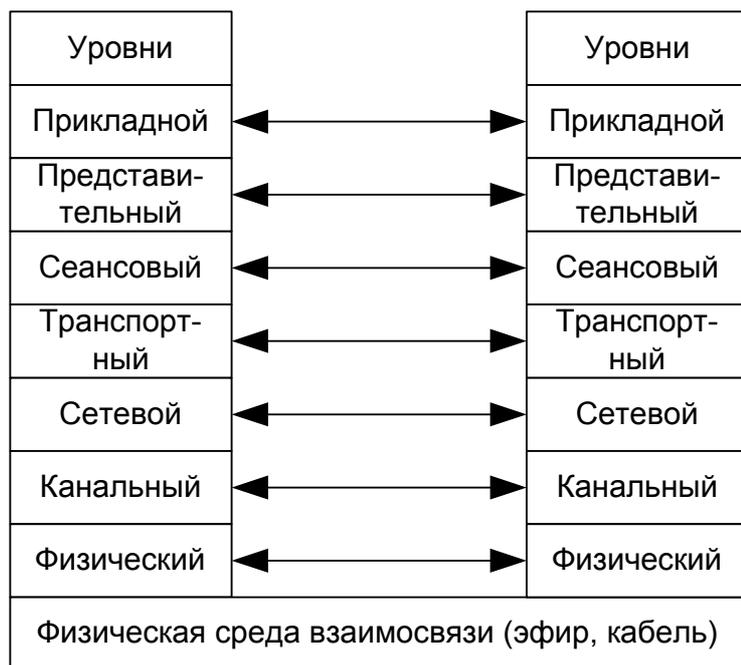
### Эталонная модель архитектуры сети.

Для того чтобы взаимодействовать, люди используют общий язык. Если невозможно разговаривать друг с другом непосредственно, применяются вспомогательные средства для передачи сообщений. Одним из таких средств является система почтовой связи. В ее составе можно выделить определенные функциональные уровни, например, уровень сбора и доставки писем из почтовых ящиков на ближайшие почтовые узлы связи и в обратном направлении, уровень сортировки писем в транзитных узлах, и т. д. Принятые в почтовой связи всевозможные стандарты на размеры конвертов, порядок оформления адресов и др. позволяют отправлять и получать корреспонденцию практически из любой точки Земного шара.

Похожая картина имеет место и в области электронных коммуникаций, где рынок компьютеров, коммуникационного оборудования информационных систем и сетей необычайно широк и разношерстен. По этой причине создание современных информационных систем стало невозможным без использования общих подходов при их разработке, без унификации характеристик и параметров их составных компонент.

Теоретическую основу современных информационных сетей определяет Базовая

#### Эталонная модель взаимодействия объектов



эталонная модель взаимодействия открытых систем (OSI — *Open Systems Interconnection*) Международной организации стандартов (ISO — *International Standards Organization*). Она описана стандартом **ISO 7498** который был принят в 1983г.. Модель является международным стандартом для передачи данных. Согласно эталонной модели взаимодействия OSI выделяются семь уровней, образующих область взаимодействия открытых систем международный стандарт. Она задает четкое распределение функций между уровнями взаимодействия объектов. Границы

между уровнями выбраны таким образом, чтобы перестройка одного уровня не повлекла за собой перестройку другого уровня. В Украине используется национальный стандарт **ДСТУ 2230-93** "Системы обработки информации. Взаимосвязь открытых систем. Базовая эталонная модель. Термины и определения".

Эталонная модель содержит семь основных уровней взаимодействия объектов.

**Прикладной уровень** - обеспечивает выполнение прикладных процессов пользователей и определяет смысловое содержание информации, которой обмениваются системы в процессе их взаимодействия (Интерфейс с прикладными процессами).

**Представительный уровень** - определяет единый для всех систем синтаксис передаваемой информации. Он позволяет общаться системам между собой независимо от их внутреннего языка (Согласование представления и интерпретация передаваемых данных).

**Сеансовый уровень** - организует сеансы связи между прикладными процессами, расположенными в различных системах. На данном уровне создаются порты для приема и передачи сообщений, и организуется соединение - логические каналы между процессами (Поддержка диалога между удаленными процессами; обеспечение соединения и разъединения этих процессов; реализация обмена данными между ними).

**Транспортный уровень** - обеспечивает установление, поддержание и разъединение сквозных транспортных каналов между объектами с помощью логических каналов (Обеспечение сквозного обмена данными между системами).

**На сетевом уровне** - производится ретрансляция данных по различным каналам данных. Уровень управляет работой множества каналов связи, прокладывая через эти каналы маршрут следования блоков информации (Маршрутизация; сегментирование и объединение блоков данных; управление потоками данных; обнаружение ошибок и сообщение о них).

**На канальном уровне** - осуществляется управление передачей данных с помощью физического уровня. Уровень обеспечивает установление и разъединение логических каналов, производит идентификацию объектов, формирование порядка обслуживания очереди блоков информации, обнаружение и исправление ошибок возникающих на физическом уровне (Управление каналом передачи данных; формирование кадров: управление доступом к среде передачи; передача данных по каналу; обнаружение ошибок в канале и их коррекция).

**Физический уровень** - осуществляет взаимодействие электронных или механических устройств, с помощью которых происходит передача электрических сигналов с заданным напряжением, током, частотными характеристиками, либо световых сигналов (если используется оптический кабель). Производится контроль состояния каналов связи с целью обнаружения конфликтных ситуаций, которые возникают когда два или более объектов пытаются передать свою информацию по общему каналу связи (Физический интерфейс с каналом передачи данных; битовые протоколы модуляции и линейного кодирования).

Основная идея этой модели заключается в том, что каждому уровню отводится конкретная роль. Благодаря этому общая задача передачи данных расщепляется на отдельные конкретные задачи. Функции уровня, в зависимости от его номера, могут выполняться программными, аппаратными либо программно-аппаратными средствами. Как правило, реализация функций высших уровней носит программный характер, функции канального и сетевого уровней могут быть исполнены как программными, так и аппаратными средствами. Физический уровень обычно выполняется в аппаратном виде.

Каждый уровень определяется группой стандартов, которые включают в себя две спецификации: *протокол* и обеспечиваемый для вышестоящего уровня *сервис*. **Под протоколом** подразумевается набор правил и форматов, определяющих взаимодействие объектов одного уровня модели.

Наиболее близким к пользователю является прикладной уровень. Его главная задача — предоставить уже переработанную (принятую) информацию. С этим обычно справляется системное и пользовательское прикладное программное обеспечение, например, терминальная программа. При передаче информации между различными вычислительными системами должно применяться одинаковое кодовое представление используемых алфавитно-цифровых знаков. Другими словами, прикладные программы взаимодействующих пользователей должны работать с одинаковыми кодовыми таблицами. Количество представленных в коде знаков зависит от числа битов, используемых в коде, то есть от основания кода.

Функции интерфейсов современных СИ относятся к наиболее "далеким" от пользователя уровням — физическому и каналному.

## **Топология (конфигурация) локальных сетей.**

Как следует из названия - "*локальная*" значит не выходящая за ограниченные пределы, сеть, рассредоточенная на сравнительно небольшой территории, в радиусе нескольких километров. В основном локальная сеть формируется в пределах одного предприятия, организации. По сравнению с централизованными системами, локальные сети обеспечивают более высокую живучесть, что является часто решающим фактором при построении различных систем управления.

Структурно локальную сеть можно представить в виде множества систем, объединенных высокоскоростными каналами связи. Подключение систем к передающей среде осуществляется с помощью *сетевых адаптеров*, основным назначением которых является обеспечение взаимодействия систем в рамках локальной сети.

**Адаптеры выполняют два вида функций:**

- **функции по согласованию с передающей средой** - согласование уровней сигналов, скоростей обмена, преобразование последовательных каналов в параллельные
- **кодирование информации и организация доступа к передающей среде.**

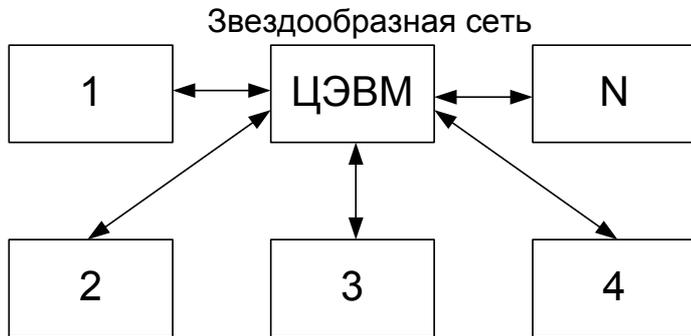
Конструктивно адаптер может быть реализован в виде отдельного устройства и встраиваемой печатной платы.

Наличие высокоскоростных каналов передачи данных до недавнего времени и являлось основной отличительной особенностью локальных сетей. Первоначально скорость передачи в локальных сетях составляла от 1 до 16 Мбит/с, что было значительно больше скорости передачи в глобальных сетях. Например, в широко распространенной сети Ethernet информация может передаваться со скоростью до 10 Мбит/с. Современные локальные сети обеспечивают скорость передачи свыше 100 Мбит/с. К таким сетям относятся сети 100VG-AnyLan, Fast Ethernet, FDDI со скоростью передачи 100 Мбит/с. Высокая скорость передачи в локальных сетях достигается за счет максимального упрощения процедуры выбора маршрута, коммутации и промежуточного хранения информации в узлах сети.

По конфигурации различают: **звездообразные, шинные, кольцевые и древовидные** (многоуровневая звезда) топологии локальных сетей.

## Звездообразная (радиальная) локальная сеть

**Звездообразная сеть** характеризуется наличием центрального узла коммутации, к которому или через который посылаются все сообщения. В качестве центрального узла

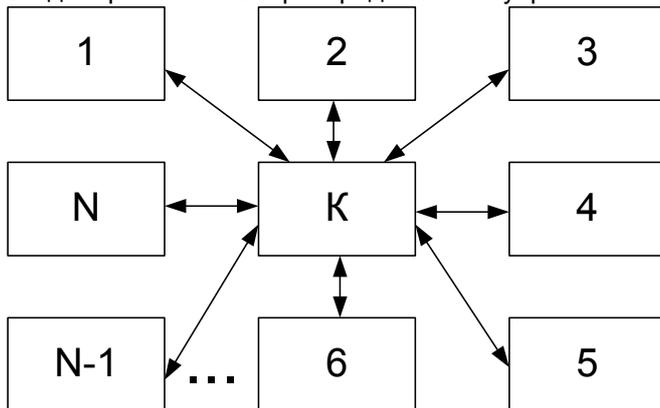


коммутации используется специальный компьютер - сетевой сервер с функциями коммутации и управления работой всей локальной сети. В этом случае локальная сеть во многом подобна системам централизованных ИВК и АСУ и может базироваться на их программных и аппаратных средствах, что и явилось одной из причин широкого использования

звездообразной топологии при разработке первых локальных сетей. На сетевой сервер могут быть возложены функции по согласованию скоростей обмена и преобразования протоколов обмена, что позволяет в рамках одной сети объединять разнотипные абонентские системы.

**Недостатком** такой сети является значительные аппаратные затраты на поддержание высоких скоростей коммутации при большом числе подключенных систем.

Звездообразная сеть с распределенным управлением



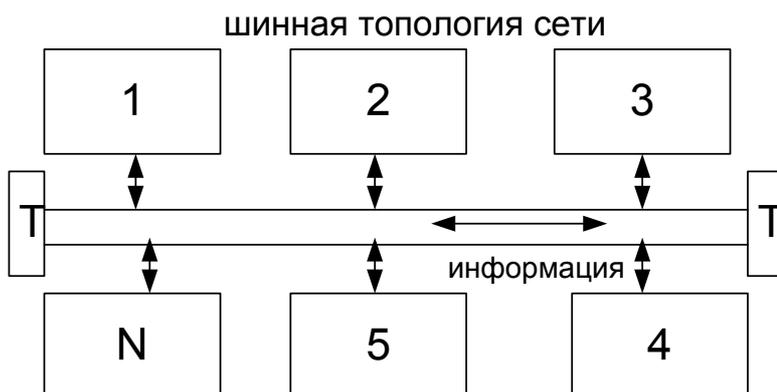
Высокая функциональная нагрузка центрального узла определяет его высокую сложность и уменьшает его надежность.

В большинстве современных звездообразных сетей функции коммутации систем и управление сетью разделены между коммутатором и сетевым сервером. Сервер подключается к коммутатору как система с максимальным приоритетом. Структура центрального узла существенно упрощается, что позволяет достичь

достаточно высокой скорости передачи данных.

## Шинная топология сети

В сетях с **шинной топологией** все системы с помощью сетевых адаптеров

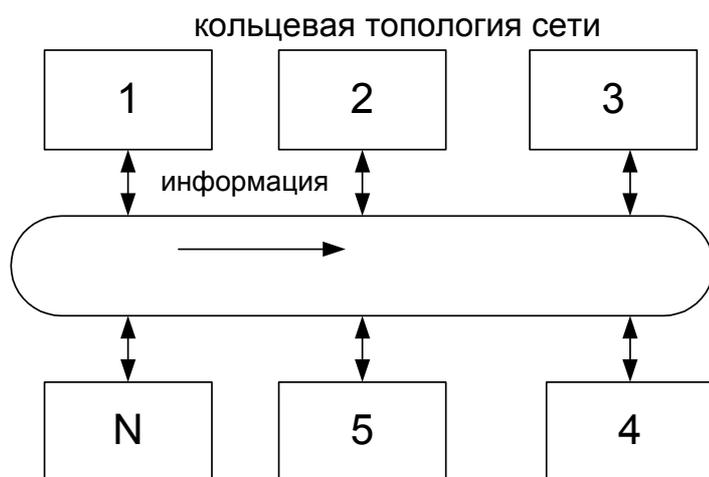


подключаются к общей магистрали (шине). В качестве передающей среды чаще всего используется коаксиальный кабель. Обязательным элементом такой передающей среды является, **терминатор**, представляющий собой согласующее сопротивление, с помощью которого устраняется эффект отраженной волны на концах коаксиального кабеля.

В процессе работы сети информация от передающей системы поступает на адаптеры всех систем, но воспринимается только адаптером той системы, которой она адресована. Использование системами общей передающей среды вызывает необходимость организации поочередного доступа к ней. Правило, с помощью которого организуется бесконфликтный доступ систем к передающей среде, получило название метода доступа.

## Кольцевая сеть

**Кольцевая** локальная сеть характеризуется наличием замкнутого однонаправленного канала связи, в виде кольца или петли. Информация передается



последовательно между адаптерами систем, до тех пор, пока не будет принята получателем и затем удалена из сети. Обычно за удаление информации из сети отвечает ее отправитель.

Управление работой кольцевой сети может осуществляться централизованно с помощью мониторинговой станции, либо децентрализованно за счет распределения функций управления между всеми системами. Последовательность передачи

информации системами регулируется с помощью метода доступа.

Существенным **недостатком кольцевых сетей** является выход ее из строя при разрыве кольца. Он устраняется использованием "двойного" кольца. Для этого в состав

Переключение с одного кольца на другое при обрыве одного сегмента

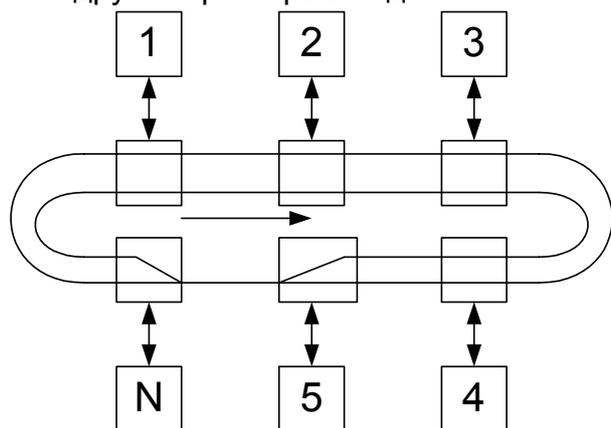
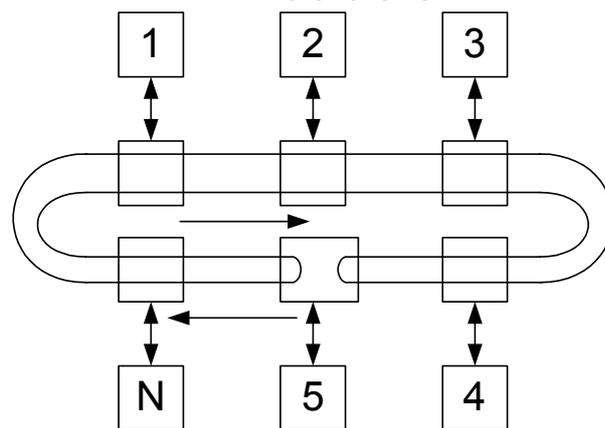


Схема соединений при отказе в 5 системе

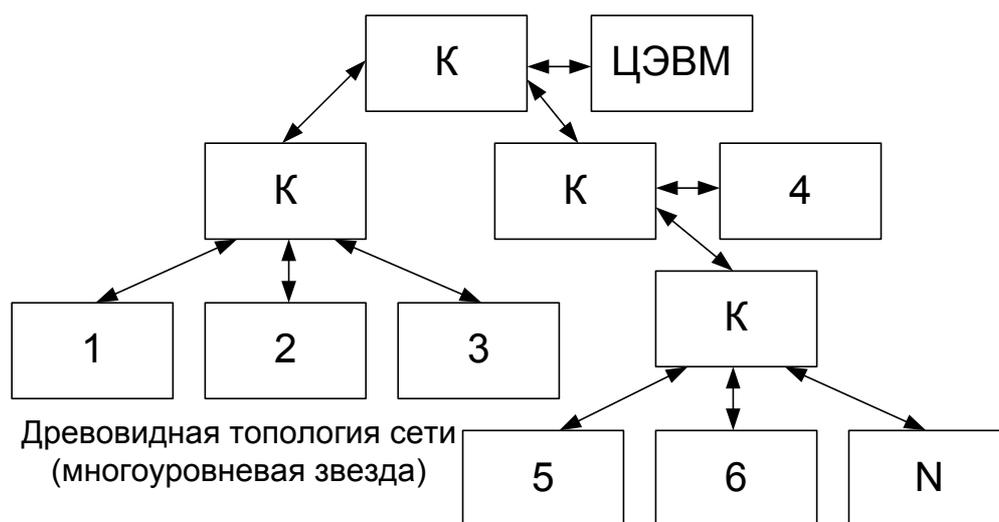


локальной сети включают дополнительные линии связи и устройства реконфигурации - специальные переключательные устройства, простые и надежные.

В случае необходимости может быть изолирована одна или несколько систем. При одновременном отказе двух или нескольких несмежных узлов исходная сеть разбивается на две или несколько независимых сетей.

Звездообразные, магистральные, кольцевые сетевые топологии более характерны для первых локальных сетей. Современные высокоскоростные локальные сети широко

используют **древовидную топологию**. В качестве узлов коммутации чаще всего выступают высокоскоростные коммутаторы (Хабы - HUB-концентратор).



По сравнению с шинными и кольцевыми сетями, древовидные сети обладают более высокой живучестью. Отключение или выход из строя одной линии или коммутатора, как правило, не оказывает существенного влияния на работоспособность оставшейся части локальной сети.

Древовидная топология наиболее полно соответствует структуре информационных потоков между абонентами сети.

Рассмотренные нами топологии сетей являются **базовыми**, на основании которых формируется конкретная структура реальных сетей, которая зачастую представляет собой объединение различных базовых топологий.

В некоторой литературе в качестве базовых предлагаются только звездообразная, шинная и кольцевая. Все остальные – древовидная, ромашковая (объединение колец) и смешанная, являются производными от трех основных.

**Достоинства и недостатки основных топологий.** **Шинная** топология характеризуется устойчивостью работы сети к возможным неисправностям отдельных узлов, гибкостью, экономичностью и хорошей приспособляемостью к большинству систем. Однако она имеет небольшую протяженность. **Звездообразная** топология значительно упрощает взаимодействие узлов сети, позволяя использовать более простые адаптеры. В этой топологии могут применяться различные типы кабеля. Однако целостность такой сети решающим образом зависит от работоспособности центрального узла. **Кольцевая** топология, как и шинная, не имеет центрального управляющего узла. Это повышает надежность таких сетей. Ретрансляция информации дает возможность использовать на разных участках разные типы кабеля, усиливает сигналы и обеспечивает большую протяженность сети.

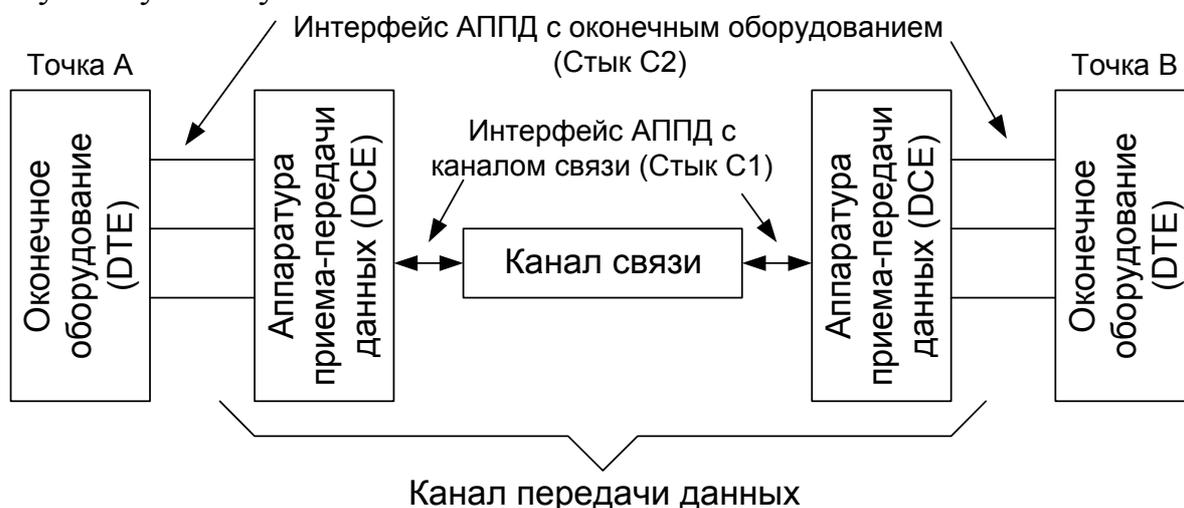
Если сеть поддерживает только одну операционную систему, имеет однородные состав узлов, то такая сеть называется **гомогенной**, или однородной. В противном случае сеть называется **гетерогенной**, или разнородной.

По методам передачи информации локальные сети делятся на сети с **маршрутизацией** и **селекцией информации**. **Маршрутизация** используется в звездообразных и древовидных сетях. Результатом маршрутизации является формирование виртуальных каналов между системами. **Селекция** представляет собой процесс выбора очередной системы, которой представляется возможность передачи информации.

## Каналы передачи данных

В микропроцессорных (цифровых) системах используется дискретная форма представления данных. По сравнению с аналоговым (непрерывным) сигналом дискретный сигнал в каждый момент времени принимает одно из фиксированных (устойчивых) состояний. По сравнению с передачей аналоговой информации передача данных предъявляет более жесткие требования к передающей среде, особенно по уровню помехозащищенности. Для обеспечения этих требований аналоговые каналы оснащаются специальной аппаратурой для передачи дискретных сигналов, в состав которой входят устройства преобразования сигналов и устройства защиты от ошибок.

Устройства защиты от ошибок служат для обнаружения ошибок при передаче данных. Устройства преобразования сигналов преобразуют сигналы данных, используемых в цифровых системах, к виду необходимому для передачи по используемому каналу связи.



Для согласования последовательности передаваемых бит с параметрами используемого аналогового или цифрового канала связи требуется выполнить их преобразование в аналоговый либо дискретный сигнал, соответственно. К этой же группе функций относятся процедуры, реализующие стык с физическим (аналоговым или цифровым) каналом связи. Такой стык часто называется *стыком, зависящим от среды* и он может соответствовать одному из гостированных канальных стыков **С1**. Примерами таких стыков С1 могут быть: С1-ТФ (ГОСТы 23504-79, 25007-81, 26557-85) - для каналов КТСОП (телефонные сети общего пользования), С1-ТЧ (ГОСТы 23475-79, 23504-79, 23578-79, 25007-81, 26557-85) - для выделенных каналов тональной частоты, С1-ТГ (ГОСТ 22937-78) — для телеграфных каналов связи, С1-ШП (ГОСТы 24174-80, 25007-81, 26557-85) - для первичных широкополосных каналов, С1-ФЛ (ГОСТы 24174-80, 26532-85) - для физических линий связи, С1-АК — для акустического сопряжения DCE с каналом связи и ряд других. Функция преобразования сигналов является главной функцией аппаратуры приема-передачи данных, поэтому ее часто называют *устройствами преобразования сигналов*.

Реализация интерфейса между DTE и DCE является третьей важнейшей функцией физического уровня. Такие интерфейсы определяются отечественными ГОСТами как преобразовательные стыки **С2** или *стыками, не зависящими от среды*.

Стандарты и рекомендации по интерфейсам DTE-DCE определяют общие характеристики (скорость и последовательность передачи), функциональные и процедурные характеристики (номенклатура, категория цепей интерфейса, правила их взаимодействия); электрические (величины напряжений, токов и сопротивлений) и механические характеристики (габариты, распределение контактов по цепям). На физическом уровне происходит диагностика определенного класса неисправностей, например таких, как обрыв провода, пропадание питания, потеря механического контакта и т. п.

В зависимости от скорости передачи различают: **низкоскоростные** до 200 бит/с **среднескоростные** до 9600 бит/с, **высокоскоростные** выше 19200 бит/с каналы передачи данных. На максимальную скорость передачи основное влияние оказывают частотные характеристики канала связи.

По возможности **изменения направления передачи** различают каналы: **симплексные** - обеспечивающие передачу информации только в одном направлении, **полудуплексные** - позволяющие передавать поочередно информацию в двух направлениях, **дуплексные** - передающие информацию одновременно в двух направлениях по отдельным линиям связи.

**Параллельная и последовательная передача.** Цифровые данные по проводе передаются путем изменения текущего напряжения (0 – нет напряжения, 1 - есть). Такое изменение можно выполнить и на одном проводнике, и сразу на нескольких. Параллельная передача характеризуется тем, что группа битов передается одновременно по нескольким проводникам, причем каждый бит – по отдельному проводнику. Например, все внутренние коммуникации компьютера используют параллельную передачу. Это быстрый способ передачи. Однако при больших расстояниях он становится экономически не выгодным не только из-за того, что требуется многожильный кабель, но и по причине взаимных помех этих проводников. При последовательной передаче группа битов передается поочередно, один за другим по одному проводнику. Такой режим медленнее, но экономически более выгоден при обмене информацией на большие расстояния.

Физическое соединение между передатчиком и приемником информации зачастую образуется путем последовательного соединения нескольких каналов связи в один составной канал связи. В зависимости от **режима использования составного канала** связи различают **коммутируемые** и **некоммутируемые** каналы.

**Некоммутируемым** - называется составной канал, который создается и существует на протяжении определенного интервала времени независимо от передачи информации. **Коммутируемый** канал создается на время передачи каждого из сообщений, а в остальное время отдельные составляющие его каналы связи, могут быть использованы для других целей.

В зависимости от **способа соединения** различают **двухточечное** и **многоточечное** подключение систем к каналу передачи данных. При многоточечном подключении к одному каналу подключается более двух подсистем.

При передаче дискретных сигналов между двумя устройствами возникает необходимость обеспечения синхронности их работы. При передаче достаточно большой последовательности одинаковых символов (нулей или единиц) их количество на передающей и приемной сторонах может быть разным, из-за разброса частотных

параметров генераторов этих устройств.

В зависимости от **способа синхронизации** различают каналы с **асинхронной** и **синхронной** передачей. Так при передаче информации на короткие расстояния часто используют дополнительный провод, по которому передаются синхросигналы, что, является экономически нецелесообразным при больших расстояниях. В этом случае синхронизирующие символы (сигналы) передаются по линиям передачи данных. *Асинхронная передача не исключает синхронизации, а лишь определяет одну из ее разновидностей.*

При **асинхронной** передаче информация передается в канал, как правило, небольшими блоками (по одному символу или слову) в произвольном темпе (с произвольными отрезками времени между посылками). Для разделения блоков передающими устройствами тактирующие импульсы не используются. Взамен каждый символ синхронизируется отдельно: передача каждого символа сопровождается сигналами "старт" и "стоп". Поэтому такой режим часто называют старт-стопным. При **синхронном** режиме информация передается большими блоками, и она не разделена старт-стопными битами. Эти блоки обрамляются специальными управляющими символами, которые несут дополнительную информацию о данных и обеспечивают функции обнаружения ошибок. Синхронная передача более быстрая и почти безошибочная.

## Управление потоком данных

В любой системе либо сети передачи данных возникают ситуации, когда поступающая в сеть нагрузка превышает возможности по ее обслуживанию. В этом случае, если не предпринимать никаких мер по ограничению поступающих данных (графика), размеры очередей на линиях сети будут неограниченно расти и в конце концов превысят размеры буферов соответствующих средств связи. Когда это происходит, единицы данных (сообщения, пакеты, кадры, блоки, байты, символы), поступающие в узлы, для которых нет свободного места в буфере, будут сброшены и позднее переданы повторно. В результате возникает эффект, когда при увеличении поступающей нагрузки реальная пропускная способность уменьшается, а задержки передачи становятся чрезвычайно большими.

Средством борьбы с такими ситуациями выступают методы управления потоком, суть которых заключается в ограничении поступающего трафика для предотвращения перегрузок. Схема управления потоком может понадобиться на участке передачи между двумя пользователями (транспортный уровень), между двумя узлами сети (сетевой уровень), между двумя соседними DCE, обменивающимися данными по логическому каналу (канальный уровень), а также между терминальным оборудованием и аппаратурой канала данных, взаимодействующих по одному из интерфейсов DTE—DCE (физический уровень).

На **канальном, сетевом и транспортном** уровне широко применяется класс методов управления потоком, названный *оконным управлением потоком*. Под окном понимается наибольшее число информационных единиц, которые могут оставаться неподтвержденными в данном направлении передачи.

В процессе передачи между передатчиком и приемником используется оконное управление, если установлена верхняя граница на число единиц данных, которые уже переданы передатчиком, но

на которые еще не получено подтверждение от приемника. Верхняя граница в виде целого положительного числа и является окном или размером окна. Приемник уведомляет передатчик о том, что к нему попала единица данных путем отправления специального сообщения к приемнику. Такое сообщение *называется подтверждением, разрешением или квитанцией*. Подтверждение может быть положительным — АСК (*ACKnowledgement*), сигнализирующим об успешном приеме соответствующей информационной единицы, и отрицательным — NAK (*Negative Acknowledgement*), свидетельствующим о неприеме ожидаемой порции данных. После получения квитанции передатчик может передать еще одну единицу данных приемнику. Число квитанций, находящихся в использовании, не должно превышать размер окна.

Квитанции либо содержатся в специальных управляющих пакетах, либо добавляются в обычные информационные пакеты. Управление потоком используется при передаче по одному виртуальному каналу, группе виртуальных каналов, управлению может подвергаться весь поток пакетов, возникающих в одном окне и адресованных другому узлу. Передатчиком и приемником могут быть два узла сети или терминал пользователя и входной узел сети связи. Единицами данных в окне могут быть сообщения, пакеты, кадры или символы.

Выделяют две стратегии: оконное управление от конца в конец и поузловое управление. Первая стратегия относится к управлению потоком между входным и выходными узлами сети для некоторого процесса передачи и часто реализуется в составе протоколов передачи файлов. Вторая стратегия относится к управлению потоком между каждой парой последовательных узлов.

На **физическом** уровне различают программный и аппаратный методы управления потоком. При программном методе включение и выключение передачи данных производится путем посылки по встречной информационной линии специальных служебных символов. При аппаратном управлении потоком для приостановки и последующего возобновления передачи используют специальные линии интерфейса

Большинство компьютеров (DTE) и модемов (DCE) поддерживают управление потоком. Однако если один из них не поддерживает такой механизм, то необходимо обеспечить работу последовательного порта на скорости, не большей, чем действительная скорость соединения. В данном случае управление потоком должно быть запрещено на соответствующих портах модема и компьютера.

DCE может принимать и передавать данные через последовательный порт на скорости, отличающейся от скорости канального порта DCE. Это возможно благодаря наличию двух буферов, по одному на каждое направление потока данных. Если последовательный порт работает на скорости, большей, чем скорость канального порта DCE, его буфер заполняется полностью. При использовании механизма управления потоком потерь данных при заполнении буфера не происходит.

### **Программный метод управления потоком.**

Программный метод управления потоком, или метод **XON/XOFF**, заключается в следующем:

- > передача знака **XOFF** (код DC3h ASCII) по линии TxD (103) для сообщения местному или удаленному DTE о необходимости прерывания потока информации;
- > передача знака **XON** (код DC1h ASCII) по линии RxD (104) для сообщения местному или удаленному DTE о необходимости восстановления потока информации.

Знак XOFF представляет собой символ CTRL-S, а XON — символ CTRL-Q. Если управление потоком разрешено по канальному интерфейсу DCE и по последовательному порту, и знак XOFF принят по каналу связи, то этот знак заставляет DCE приостановить передачу данных из своего буфера в канал связи.

Буфер DCE заполняется в процессе передачи данных местным DTE через последовательный порт. Если буфер заполнился, DCE передает знак XOFF через последовательный порт, который сообщает местному DTE-устройству о необходимости прервать передачу. Местное DTE возобновляет передачу данных только в том случае, если оно принимает знак XON от DCE или по каналу связи от удаленной системы (через местный DCE). Это заставляет местное DTE-устройство возобновить передачу данных.

Рассмотренный метод называется программным методом управления потоком (*Software Hand-Shaking*). Его преимущество заключается в возможности применения соединения между компьютером и модемом (DTE—DCE) с использованием небольшого числа проводников. Модемы (DCE) также поддерживают так называемое "аппаратное управление потоком", реализованное только средствами последовательного порта.

#### **Аппаратное управление потоком.**

DCE могут использовать два типа аппаратного управления потоком: однонаправленный и двунаправленный. Однонаправленное аппаратное управление потоком аналогично методу управления XON/XOFF. Вместо передачи знака XOFF местному терминалу DCE переводит в низкое логическое состояние уровень сигнала на линии CTS (106) ("Готов к передаче").

При изменении уровня сигнала CTS, DTE прекращает передачу данных по последовательному порту. Передача данных возобновляется, когда DCE переводит уровень сигнала на линии CTS в высокое логическое состояние, что для последовательного порта аналогично передаче сигнала XON.

DTE может запретить DCE передавать данные в его сторону. Это возможно только тогда, когда действует двунаправленное аппаратное управление потоком. При таком управлении потоком линия CTS используется точно также, как и при однонаправленном управлении. Кроме того, DCE останавливает передачу данных к DTE, если последний переводит в низкое состояние уровень сигнала на линии RTS (105) ("Запрос передачи"). DCE возобновляет передачу при переходе уровня сигнала на линии RTS в высокое логическое состояние. Для большинства применений эффективен однонаправленный метод управления потоком.

Аппаратное управление потоком носит также название *Hardware Hand-Shaking*.

## **Каналы связи локальных сетей**

В настоящее время для организации каналов связи применяют следующие физические среды: *эфир, коаксиальный кабель, волоконно-оптический кабель, витая пара проводников, плоские кабели.*

В **эфире** канал связи может быть образован на различных частотах без применения каких-либо проводников. В зависимости от применяемой частоты сигналов различают **радиоканал, инфракрасный, ультракоротковолновый и микроволновый каналы связи.**

**Радиоканал** образуется на определенной частоте, несущей радиосигналов. Информация передается с помощью амплитудной модуляции радиосигналов. Характеризуется небольшой скоростью передачи сигналов (20-150 Кбит/с), средней стоимостью, расстояние передачи в пределах радио видимости, *подвержен всем видам*

*радиопомех.*

**Инфракрасный канал** применяется для передачи информации в пределах прямой видимости. Можно осуществлять взаимодействие между системами на расстоянии до 3 км, скорость передачи 2-4 Мбит/с. Канал нечувствителен к электромагнитным наводкам излучаемым силовыми электрическими блоками, электросварочными аппаратами и другими агрегатами в условиях работы в производственных помещениях. *Недостаток - высокая стоимость аппаратуры.*

Инфракрасный канал привлекает к себе внимание, в основном, когда монтаж сетевой проводки либо невозможен, либо по определенным причинам нерационален. Основной недостаток ИК лучей – небольшой радиус действия, связанный с их "непроницающим" характером, что является достоинством в случае если требуется повышенная безопасность. По характеру испускаемого/принимаемого пучка инфракрасные устройства делятся на два типа: прямой видимости и диффузные. Первые для фокусировки используют линзы. Это позволяет им работать на относительно больших расстояниях 25 – 458 м. Однако для поддержания связи пара устройств должна располагаться почти идеально друг против друга. Как правило, такие приемопередатчики используются в качестве мостов или повторителей. Диффузные устройства излучают свет в широкой полусферической области. В небольшом замкнутом пространстве это делает их практически независимым к ориентации передатчика и приемника.

**Ультракоротковолновый канал** обеспечивает передачу информации на расстояние 0.7-1.5 км со скоростью 20-40 Мбит/с, может работать в условиях плохой видимости между системами. Передача осуществляется с помощью частотно-модулированных сигналов. Можно образовывать множество независимых каналов связи в диапазоне ультракоротковолновых частот. *Достоинством канала является возможность использования маломощной приемопередающей аппаратуры, повышенная помехоустойчивость к амплитудно-модулированным электромагнитным помехам. К недостаткам можно отнести неустойчивость канала при работе возле агрегатов излучающих помехи с широким частотным диапазоном.*

**Микроволновый канал** - основывается на эффекте излучения специальными лазерными средствами и использовании фотосчитывателей информации в месте приема. Канал работает устойчиво в зоне прямой видимости. Обеспечивает передачу информации на расстояние 15-20 км (с использованием ретрансляторов) со скоростью до 20 Гбит/с. *Отличается высокой стоимостью, но хорошо конкурирует с другими физическими средами по широкополосности и скорости передачи сигналов.*

В настоящее время с помощью эфира в качестве канала связи передается не более 15-20% общего объема информации, пересылаемой в локальных сетях.

Значительно шире применяются **коаксиальные кабели**, обладающие рядом достоинств с точки зрения разработчиков локальных сетей. Они обеспечивают надежное, устойчивое взаимодействие подсистем без больших затрат на изготовление и эксплуатацию их оборудования. Коаксиальный кабель хорошо приспособлен к передаче сигналов речи, данных и телевизионных изображений. Коаксиальный кабель состоит из внутреннего проводника и внешней экранирующей оплетки, благодаря которой практически не излучаются помехи. По технико-эксплуатационным показателям различают **широкополосные** и **узкополосные кабели**. Широкополосные кабели

обеспечивают скорость передачи сигналов 300-550 Мбит/с, с амплитудой 10-20 В. Узкополосные передают информацию со скоростью не более 50 Мбит/с. Широкополосный и узкополосный кабели имеют разную толщину, 0,4 дюйма и 0,2 дюйма соответственно, и их часто называют "толстый" и "тонкий"

Наиболее широко применяются кабели с волновым сопротивлением 50 Ом. Задержка распространения сигнала обычно лежит в пределах от 2 до 5 нс/м. Длина кабеля в основном определяется затуханием сигнала. Если затухание велико, то используются повторители сигналов, восстанавливающие их первоначальную форму. Работают 10-12 лет, имеют приемлемую стоимость. С коаксиальными кабелями в качестве канала связи применяются простые средства приема-передачи дискретных сигналов, реализуемые в микроэлектронном исполнении.

При использовании "тонкого" кабеля общая длина одного сегмента не должна превышать 185 метров, расстояние между двумя подключенными устройствами не менее 3 м, максимальное количество устройств на сегменте 30. В сети может быть до 4 репитеров, что позволяет получить максимальную протяженность сети 925 метров. Длина сегмента на "толстом" кабеле составляет 500 метров, к сегменту можно подключить до 100 устройств.

**Волоконно-оптические кабели** обеспечивают скорость передачи до 10 Гбит/с. Кабель состоит из кварцевой сердцевины диаметром 10-60 мкм, окруженной тонкой стеклянной пленкой со значительно меньшим коэффициентом преломления, что позволяет отражать световые волны внутрь стекловолокна, не выпуская их наружу. Они имеют меньшие затухания сигналов, чем коаксиальные кабели, имеют небольшие размеры, массу и хорошо защищены от различных помех. *К недостаткам относятся критичность кабелей к механическим воздействиям. Необходима прокладка кабеля в местах, где они недоступны для перемещений, ударов, вибрации и других воздействий, влияющих на изгиб или провис кабеля.* Срок эксплуатации составляет 5-7 лет при достаточно высокой стоимости.

Производится два основных типа кабеля – одномодовый и многомодовый. Наиболее распространенный диаметр сердцевины одномодового кабеля составляет 8,5 мкм, отражающей оболочки – 125 мкм. По такому кабелю в каждый отдельный момент может распространяться световая волна только одной частоты (одна мода). При использовании лазерный передатчиков расстояние между узлами достигает 50-100 км. Диаметр сердцевины многомодового кабеля – 50 или 62,5 мкм. По такому кабелю без существенного затухания могут распространяться световые волны нескольких частот (мод). Максимальное расстояние между узлами достигает 2 км. Поскольку для переноса информации используется световое излучение, а в качестве среды передачи – диэлектрический световод, то отсутствует необходимость в заземлении, обеспечивается полная гальваническая развязка оборудования. Кабель можно использовать в условиях повышенной опасности. При использовании светового сигнала отсутствует чувствительность к электромагнитным помехам природного и техногенного происхождения, а также отсутствует электромагнитное излучение от кабеля, что гарантирует конфиденциальность информации и невозможность несанкционированного доступа к ней.

Если не требуется высокая скорость передачи информации, применяют наиболее простой и дешевый вид физической среды - **витые пары** проводников. Это

изолированные медные проводники, свитые попарно с определенным количеством витков на единицу длины для уменьшения перекрестных наводок между проводниками. Они обеспечивают передачу информации на расстояние 1.5-2 км с максимальной скоростью 3-5 Мбит/с. Задержка распространения сигналов составляет 8-12 нс/м. Затухание сигналов более высокое чем в коаксиальных кабелях. Различают экранированную витую пару (STP) и неэкранированную витую пару (UTP).

Кабель может содержать четыре пары проводников или представлять собой жгуты из 25 или более пар проводов. Кабели различают по категориям, отличающимся частотными характеристиками. Неэкранированный кабель 3 категории (телефонный кабель) имеет полосу пропускания 15 МГц, кабель четвертой категории обеспечивает полосу 20 МГц, а кабель пятой 100МГц. Длина кабеля между активными устройствами для 3 категории не должна превышать 100м, кабель пятой категории обеспечивает связь на расстояние 150м.

Витые пары имеют более низкую помехоустойчивость, чем коаксиальные кабели и самую низкую стоимость.

**Плоские кабели** - совокупность проводников (до 32) объединенных общей экранирующей сеткой и изолированных друг от друга. По ним можно передавать информацию в параллельном коде по 8,16,32 бита. Применяются для передачи информации на небольшие расстояния (до 15м).

## Кодирование передаваемых символов

При двоичной форме представления информации каждый символ представляется в виде последовательности бит фиксированной длины. Количество информационных бит в каждом символе определяется используемым стандартным кодом и зависит от общего числа символов в коде. В общем случае количество символов, которое можно задать с помощью  $n$  бит определяется величиной  $2^n$ .

Основные характеристики распространенных знаковых кодов

Наименование	Область применения	Основание кода, бит	Количество кодируемых символов
BCD	Цифровая информация	4	16
BAUDOT (МТК-5)	Телеграфия	5	32
ASCII	Мини и микроЭВМ	7	128
EBCDI	Персональные компьютеры	8	256

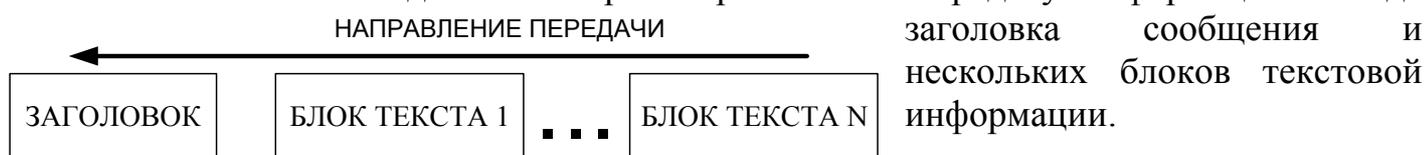
**Телеграфный код Бодо** является пятибитным, с его помощью можно представить только 32 символа, что является недостаточным для представления букв, цифр и служебных символов. С целью расширения кода Бодо введено два специальных символа, которые называются буквенным и цифровым регистрами. Буквенный регистр представляется комбинацией 11111 и указывает на то, что следующие за ним символы являются буквами. Цифровой регистр представляется комбинацией 11011 и указывает на переход к цифровым символам. Это позволяет использовать один и тот же символ для кодирования букв и цифр.

**Семиразрядный код** наряду с прописными и строчными алфавитными символами и цифрами позволяет закодировать ряд дополнительных символов, необходимых для управления передачей данных.

Наиболее распространенным среди семиразрядных кодов является Американский стандартный код для обмена информацией **ASCII** (American Standard Code for Information Interchange). Код содержит 32 управляющих символа подразделяющихся на 4 класса:

- символы управления устройствами - используются для управления вспомогательными устройствами.
- символы печати - используются для управления расположением информации на печатной странице или на экране дисплея.
- разделители информации - используются для логического разделения элементов данных с целью облегчения их обработки.
- символы связи - предназначены для управления передачей данных по каналам связи.

Символы связи кода ASCII ориентированы на передачу информации в виде



Заголовок является блоком, в котором вместо текста содержится адресная и управляющая информация, необходимая для сопровождения текстовых блоков. В качестве разделителей заголовка и текста используются управляющие символы: SOH - начало заголовка и STX - начало текста. При передаче сообщения состоящего из нескольких блоков, каждый из них, кроме последнего заканчивается символом ETV - конец блока передачи. В конце последнего блока помещается символ ETX - конец текста. перечисленные символы определяют структуру передаваемого сообщения.

Для целей управления передачей используются следующие символы:

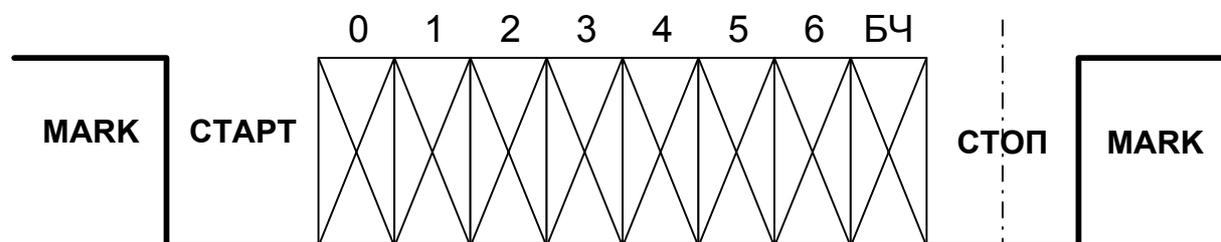
ENQ - запрос - используется для запроса ответа со стороны приемника информации.

ACK - подтверждение, передается приемником, в качестве положительного ответа на запрос передатчика.

NAK - отрицание, является отрицательным ответом передатчику со стороны приемника.

SYN - синхронизация - служит для установления или поддержания синхронизации в системах передачи данных.

В случае использования асинхронного метода передачи каждый символ кода ASCII дополняется специальными служебными символами.



СТРУКТУРА ПЕРЕДАВАЕМОГО СИМВОЛА ПРИ АСИНХРОННОЙ ПЕРЕДАЧЕ

Исходное состояние (отсутствие передачи данных) соответствует уровню логической единицы. Это состояние принято называть отмеченным (MARK). Начало передачи символа связано с появлением стартового бита START, соответствующего логическому нулю. Затем следует передача битов символа, начиная с младших разрядов. Бит четности используется для контроля правильности передачи данных и принимает такое значение, чтобы в передаваемом символе общее число единиц (или

нулей) всегда было четное или нечетное. В конце символа располагаются один или два стоповых бита. До прихода следующего стартового бита канал снова переходит в исходное состояние (MARK).

Структура передаваемых символов оказывает влияние на эффективную скорость передачи данных, под которой понимается число информационных (без служебных бит), передаваемых в секунду (бит/с). Общая скорость передачи измеряется в бодах и соответствует всему количеству битов (включая и служебные), передаваемые в секунду.

Для рассмотренного нами "старт-стопного" метода передачи отношение эффективной к общей скорости передачи составляет 7/11 или около 64%. Такой метод передачи является достаточно медленным.

В высокоскоростных каналах используется синхронный способ передачи информации. Взаимная синхронизация передающего и приемного устройств осуществляется с помощью преамбулы - специальной последовательности нулей и единиц (10101010...1011), предшествующей передаче блока данных. Чередование единиц и нулей рассматривается в качестве последовательности синхросигналов, две последние единицы говорят об ее окончании.

## Защита от ошибок

При передаче данных по канала связи существует вероятность появления ошибок. Процесс защиты от ошибок включает в себя обнаружение и исправление ошибок. Процесс обнаружения ошибок осуществляется путем анализа последовательности символов, которые приняты. Существуют два основных подхода к исправлению ошибок:

- первый метод базируется на использовании различных методов локализации и исправления ошибок в принимающем устройстве.
- во втором случае используются методы определения лишь факта появления ошибок, "исправление" которых осуществляется за счет повторной передачи сообщения.

Задача защиты от ошибок решается путем кодирования информации. В работах Шеннона показано, что при соответствующем кодировании информации количество ошибок может быть снижено до любого требуемого уровня.

Для этого используется избыточное кодирование, суть которого заключается в том, что исходная последовательность символов (информационная последовательность) в соответствии с некоторым правилом преобразуется в последовательность большей длины - кодовое слово. Например, при добавлении  $r$  проверочных символов к исходной последовательности из  $k$  символов, образуется кодовое слово длиной  $n=k+r$  символов.

Методы обнаружения ошибок состоят в выявлении искаженных (запрещенных) последовательностей символов. Избыточные символы не несут никакой информации и используются исключительно для обнаружения и исправления ошибок. Число добавочных символов, определяет относительную скорость передачи кодов  $R=k/n$ .

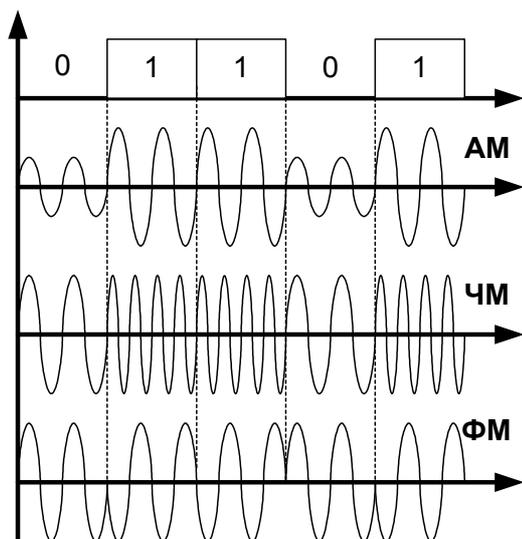
Устройство, осуществляющее кодирование информации называется кодер, декодирующее устройство - декодер.

В функции современных устройств защиты от ошибок входит организация согласно с определенным алгоритмом повторной передачи ошибочно принятых блоков данных.

## Модемы

Для передачи сигналов прямоугольной формы требуются достаточно широкополосные и высококачественные каналы передачи. Но, при передаче дискретной информации, нет необходимости в непосредственной передаче прямоугольных сигналов, достаточно преобразовать дискретный сигнал в аналоговый путем модуляции.

Суть метода модуляции заключается в том, что в передающем устройстве колебания несущей частоты модулируются двоичными сигналами передаваемой информации, а на приемной стороне происходит обратное преобразование (демодуляция), восстановление первоначальной формы двоичного сигнала.



ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ СИГНАЛОВ

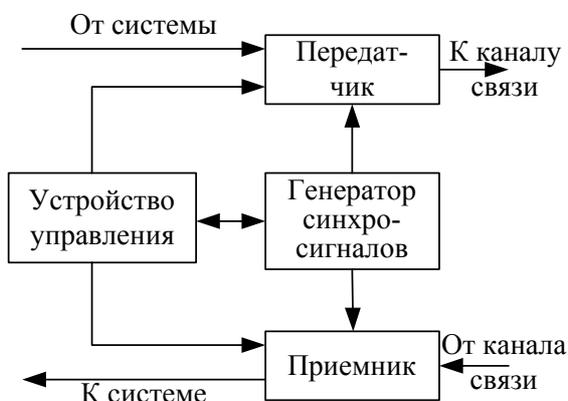
Такие преобразования осуществляют специальные устройства - модемы (МОдуляция - ДЕМОдуляция).

В зависимости от используемого вида модуляции различают модемы с амплитудной, частотной и фазовой модуляцией.

При АМ единичное и нулевое значения дискретных сигналов представляются синусоидальными сигналами несущей частоты с различными амплитудами. При ЧМ изменение дискретного сигнала приводит к изменению частоты колебания задающего генератора, единица и ноль представлены различной частотой колебаний. При ФМ изменение дискретного сигнала кодируется изменением фазы сигнала несущей частоты на 180

градусов.

В зависимости от типа канала передачи данных различают коммутируемые и некоммутируемые модемы. Коммутируемыми называются модемы, способные самостоятельно установить требуемое соединение. Если модем может работать только с одной специально выделенной для него линией связи или требует ручных операций по коммутации линии, то он называется некоммутируемым.



Упрощенная структура дуплексного модема

По режимам обмена информацией различают модемы с симплексной, полудуплексной и дуплексной передачей данных.

Модем поддерживающий дуплексный режим передачи состоит из четырех основных элементов: передатчика осуществляющего модуляцию сигналов и передачу их в канал связи, приемника - осуществляющего обратное преобразование сигналов поступающих по каналам связи, генератора синхросигналов, обеспечивающего синхронизацию работы всех

блоков модема, устройства управления, вырабатывающего необходимые управляющие сигналы.

По конструктивному исполнению различают внутренние и внешние модемы. Внутренние модемы (INTERNAL) представляют собой плату, которая вставляется внутрь компьютера или устройства и получает от него питание. При выключении устройства автоматически выключается и модем. Внешние модемы (EXTERNAL) представляют собой небольшое устройство, имеющее автономное электропитание. Как правило, он имеет световые индикаторы, показывающие его состояние. Они подключаются к последовательному асинхронному интерфейсу или устройству ввода-вывода. В IBM совместимых компьютерах - подключение осуществляется через COM - порты.

Современные модемы являются достаточно сложными коммуникационными устройствами. Модемы, построенные с использованием микропроцессоров "INTELLIGENT" производят не только модуляцию демодуляцию информации, но и выполняют функции контроля и коррекции ошибок, сжатие и шифрование данных. Важной способностью таких модемов является возможность самостоятельно изменять скорость при передаче. В этом случае постоянно анализируется уровень возникновения ошибок в линии связи, и если их много, модемы извещают друг друга о понижении скорости.

## Стандартизация модемов.

Модемы представляют собой достаточно обширный класс устройств. Большое количество фирм производителей в различных странах ведут разработку модемов. Стандартизация модемов дает возможность использовать модемы различных фирм в рамках одной системы.

Честь выпуска первого модема для ПК принадлежит компании Hayes Microcomputer Products, которая в 1979 году разработала устройство Micromodem II который стоил 380 долларов и работал со скоростью 110/300 бит/с. До этого на рынке существовали только специализированные устройства, которые объединяли "большие" ЭВМ. Первые модемы с "коммерческой" скоростью 2400 бит/с были представлены в 1981 году по цене 800-900 долларов. Современный модем может работать на скорости до 56 кбит/с.

Активную работу в области стандартизации модемов проводит *Международный союз электросвязи (ITU-T — International Telecommunications Union — Telecommunications)*. Индексы его стандартов, называемых рекомендациями начинаются с буквы V. Данные стандарты определяют практически все параметры модемной связи и могут быть разделены на 5 групп.

К первой группе относятся стандарты, определяющие общие рекомендации, такие как:

- Электрические характеристики цепей обмена информацией
- уровни мощности при передаче данных V.2
- кодирование символов и их соответствие значащим позициям сигналов
- ограничения на качество передаваемых сигналов V.50
- нормативы технического обслуживания телефонных каналов V.53
- рекомендация V.42 - определяющая аппаратную реализацию механизма защиты от ошибок и протокол сжатия информации V.42 bis. Данный протокол сжатия информации

носит название LEMPEL-ZIV и обеспечивает 50% сжатие текстовых файлов.

Принадлежность к остальным группам определяется используемой скоростью и способом передачи.

Ко второй группе относятся рекомендации для асинхронных модемов:

- Рекомендация V.21 определяет требования к модемам, работающим со скоростью передачи данных 200 (300) бит/с, и предназначенным для использования в общей коммутируемой телефонной сети. Данный тип модемов работает в дуплексном режиме по выделенному каналу.
- Рекомендация V.23 определяет требования к модемам работающим со скоростью передачи 600 - 1200 бит/с.

Третью группу составляют рекомендации для асинхронно-синхронных модемов:

- Рекомендация V.22 определяет требования к модемам, обеспечивающим скорость передачи данных до 1200 бит/с, использующим асинхронно-синхронный дуплексный режим работы. Данный режим работы означает, что между оконечным оборудованием данных и модемом данные передаются в асинхронном режиме, модем удаляет стартовые и стоповые биты и передает данные в канал связи в синхронном режиме.
- Рекомендация V.22bis определяет более высокую скорость передачи данных - 2400 бит/с.
- Рекомендация V.32 определяет требования к модемам работающим со скоростью 9600 бит/с.

К четвертой группе относятся рекомендации для синхронных модемов:

- Рекомендации V.26, V.26bis, V.26ter определяют скорость передачи данных 2400 бит/с, отличаясь друг от друга типом используемого канала.
- Рекомендации V.27, V.27bis, V.27ter предполагают скорость передачи данных 4800 бит/с.
- Рекомендация V.29 определяет модем предназначенный для передачи данных со скоростью 9600 бит/с.

Пятую группу составляют рекомендации определяющие требования к синхронным модемам, обеспечивающим передачу со скоростью 48,72,168 кбит/с.

Приставки "bis" и "ter" в названиях рекомендаций обозначают, соответственно, вторую и третью модификацию существующих протоколов или протокол, связанный с исходным протоколом. При этом исходный протокол, как правило, остается поддерживаемым.

В большей части рекомендации серии V взаимно дополняют друг друга. Фирмы производители, стремясь сделать модем более универсальным, реализуют одновременно несколько стандартов. При этом, необходимо, чтобы модем как минимум отвечал одной из наиболее распространенных рекомендаций V.21, V.22, или V.22bis. в техническом описании можно встретить ссылку на стандарт BELL 212A определяющий асинхронный режим передачи со скоростью 300 бит/с, синхронный - 1200 бит/с. Другой стандартный тип модемов "HAYES-compatible". В настоящее время существуют 4 модификации Хейес - модемов: HAYES SMARTMODEM 1200 (1200B, 2400, 2400B).