

# Направляющие среды электросвязи: Системы передачи информации

краткий курс лекций



# Цели лекции:

---

- Выявление общих закономерностей;
- Знакомство с основными видами систем передачи сообщений, услугами и службами электросвязи;
- Знакомство с основными понятиями и терминами.



# Основные термины

---

- **Система электросвязи** – совокупность канала электросвязи, передатчика и приемника сообщений, характеризующаяся определенным способом преобразования передаваемых сообщений в сигналы и восстановления сообщений по принятым сигналам.
- **Канал электросвязи** – совокупность технических устройств (преобразователей), обеспечивающих передачу первичных электрических сигналов на расстояние.
- **Аналоговые системы передачи (АСП)** – системы электросвязи, в которых в результате прямого преобразования получаются непрерывные (аналоговые) сигналы.
- **Системы передачи дискретных сигналов (сообщений)** – системы электросвязи, в которых в результате условного преобразования получаются дискретные (цифровые) сигналы.
- **Цифровые системы передачи (ЦСП)** – многоканальные системы передачи с временным или кодовым разделением каналов для передачи цифровых потоков информации.



# Основные термины

---

- **Линия связи** – инженерное сооружение, включающее в себя систему передачи, содержащую среду распространения сигналов (направляющую систему) и комплекс электронного оборудования, обеспечивающий прохождение сигналов с заданной достоверностью (отношением сигнал/шум).
- **Линейные сигналы** – сигналы, распространяющиеся по линии связи.
- **Корректирующий (самокорректирующий или помехозащищенный) код** – код, позволяющий обнаруживать (исправлять) ошибки, возникающие при его передаче.
- **Равнодоступный (простой) код** – код, любая кодовая комбинация которого имеет во всей совокупности его кодовых комбинаций комбинации, отличающиеся от первой лишь одним разрядом (имеет минимально возможную помехозащищенность).
- **Цифровой код** – математическая структура (закон) построения дискретных сигналов, однозначно соответствующая передаваемым сообщениям, алфавитом кодовых комбинаций которых служат цифры.



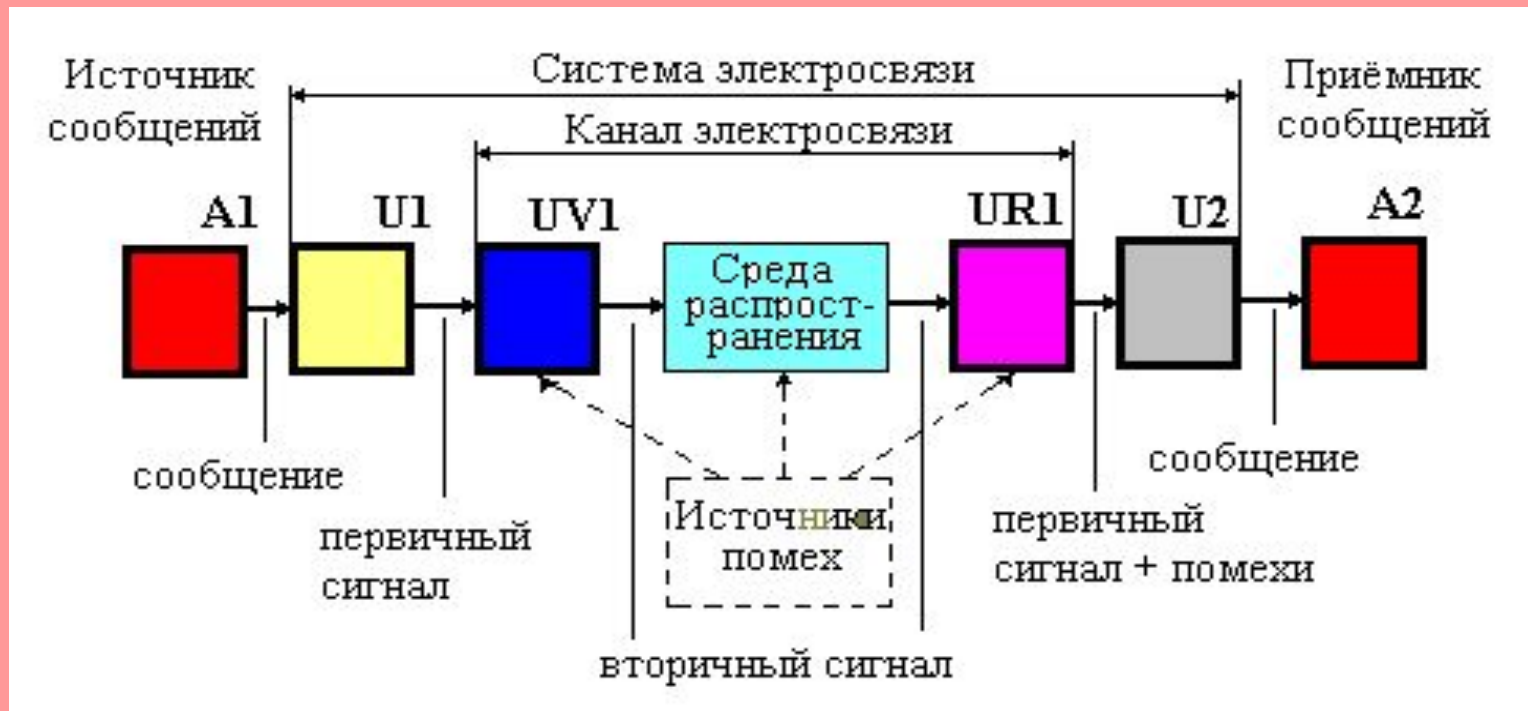
# Системы электросвязи

---

- Для передачи сообщений на расстояние они должны быть преобразованы в электрические сигналы. Аппаратно это реализуется с помощью различных по устройству и принципу действия **преобразующих устройств**. Преобразующие устройства могут выполнять как **прямое** (непосредственное), так и **условное преобразование** сообщений в сигналы.
- Прямое или условное преобразование производится с одной и той же целью – **согласования параметров источника сообщений с каналом связи**, обеспечивающее максимально возможные помехоустойчивость, скорость и качество передачи в заданных условиях.
- **Система электросвязи** – совокупность канала электросвязи, передатчика и приемника сообщений, характеризующаяся определенным способом преобразования передаваемых сообщений в сигналы и восстановления сообщений по принятым сигналам.

# Структура систем электросвязи

- Поскольку функциональное назначение всех систем связи одно и то же: **передача сообщений**, существуют и общие закономерности их построения.



# Структура системы электросвязи

Система электросвязи, изображенная на предыдущем слайде, связывает *источник сообщений*  $A1$  с *приемником сообщений* (получателем)  $A2$  и состоит из трех основных частей:

- преобразователя сообщения в сигнал – *передатчика*  $U1$ ;
- *канала электросвязи*, состоящего из преобразователя, преобразующего сигнал в вид, пригодный для передачи по среде распространения,  $UV1$ , среды распространения – направляющей системы и преобразователя, осуществляющего обратное преобразование в первичный сигнал,  $UR1$ ;
- преобразователя сигнала в сообщение – *приемника*  $U2$ .

Сигналы, получаемые на выходе передатчика и подаваемые на вход приемника, называются *первичными*. Первичные сигналы, как правило, получают в результате **преобразования** неэлектрических величин, отображающих передаваемое сообщение в электрические сигналы.



# Основные определения

---

- Направляющая система и подключенное к ней оконечное оборудование ( $UV1$  и  $UR1$ ) образуют **линию связи**. Поэтому сигналы, передаваемые по **линии связи**, называют также **линейными сигналами**. На приемном конце линии связи линейный сигнал снова преобразуют в первичный сигнал, а затем в сообщение.
- Совокупность технических устройств (преобразователей), обеспечивающих передачу первичных электрических сигналов на расстояние, называется каналом электросвязи.
- Совокупность канала электросвязи, передатчика и приемника сообщений, характеризующаяся определенным способом преобразования передаваемых сообщений в сигналы и восстановления сообщений по принятым сигналам, называется системой электросвязи.
- Системы электросвязи, в которых в результате **прямого преобразования** получаются непрерывные (аналоговые) сигналы, называются непрерывными или **аналоговыми системами**. Системы телефонной, факсимильной, видеотелефонной связи, звукового и телевизионного вещания относятся к непрерывным.
- Условное преобразование – отличительный признак **систем передачи дискретных сигналов**. Состав оборудования и схема построения этих систем во многом определяется характером и видом передаваемых сообщений.

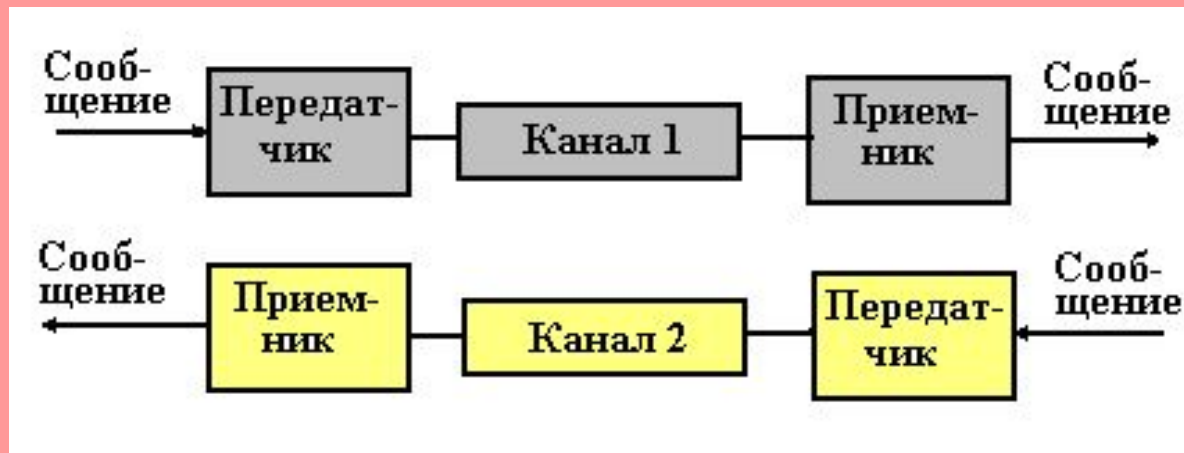


# Виды систем электросвязи

- Передача сообщений и сигналов возможна при использовании различных **направляющих систем**. Например, акустические сигналы могут распространяться по "звуковым трубам" – так были устроены первые корабельные переговорные системы, световые сигналы могут распространяться в открытом пространстве и т. п. Соответственно каналы и системы связи, в которых сигналы электросвязи распространяются вдоль непрерывной направляющей системы, называются **проводными**, а каналы и системы, в которых сигналы передаются в открытом пространстве – **беспроводными**, причем, если для передачи сигналов используются радиоволны, то **радиоканалами** и **радиосистемами**. В зависимости от типа направляющей среды проводной системе присваивается дополнительное название, например, кабельная, волноводная, волоконно-оптическая и т.п. Радиосистеме, в зависимости от принципа работы радиолинии связи, также присваивается дополнительное название, например, радиорелейная, спутниковая, тропосферная, ионосферная и т.п.

# Схемы связи

- Телефонные, телеграфные, видеотелефонные системы и системы передачи данных в большинстве своём обеспечивают одновременную передачу сообщений между абонентами в две стороны, т. е. позволяют вести переговоры. При таком виде обмена информацией приходится одновременно использовать два канала связи: *прямой и обратный*.





# Схемы связи

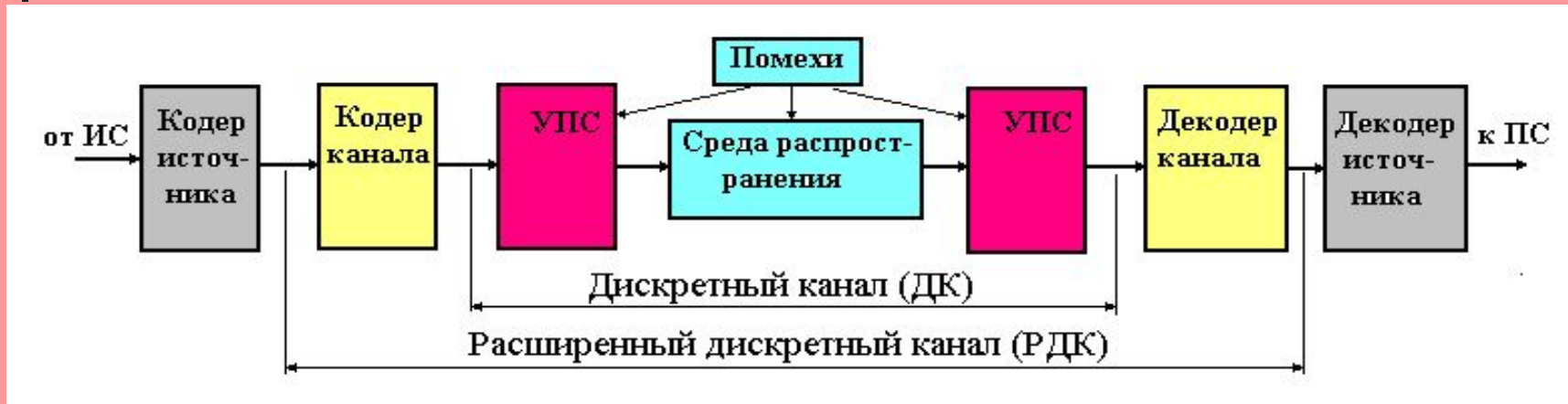
---

- Структура такой **дуплексной** (полнодуплексной) системы, образована двумя односторонне направленными **симплексными** каналами связи, каждый из которых обеспечивает передачу сообщений только в одном направлении. Иногда используют **полудуплексную** схему связи, в этом случае передача сообщений осуществляется по одной линии связи с разделением направлений передачи по времени, т. е. поочередно. И в том, и в другом случае возможна передача сообщений, условно говоря, из точки "А" в точку "Б" или наоборот из "Б" в "А", поэтому **схема связи** в этом случае будет называться "точка-точка".
- Системы звукового и телевизионного вещания, а также системы передачи газет обеспечивают одностороннюю передачу сообщений, предназначенных одновременно для большого числа абонентов. Каждый из абонентов пользуется "своей" системой связи, состоящей из передатчика, канала связи и приёмника. При этом передатчик является общим элементом одновременно для многих этих систем связи. Число таких систем соответствует числу подключенных приёмников. Такой режим работы системы связи (схема связи) называется **широковещательным** или **циркулярным**, а схема связи в этом случае будет называться "точка-многоточка".

# Системы передачи дискретных сообщений

- При условном преобразовании информационные параметры сообщения подвергаются **кодированию**. Результатом кодирования является дискретное сообщение, которое передается получателю по **каналу передачи дискретных сообщений** (каналу ПДС). При условном преобразовании телефонных или иных аналоговых сигналов в канал связи передаются кодовые комбинации, содержащие информацию об **цифровых** отсчетах (значениях) квантованного аналогового сигнала в заданные моменты времени. Поэтому такие сигналы принято называть **цифровыми сигналами данных (ЦСД)**, каналы ПДС – **цифровыми каналами**, а системы передачи на их основе **цифровыми системами передачи (ЦСП)**.
- Канал связи от входа УПС передатчика до выхода УПС приёмника носит название **дискретного канала** связи или **линейного цифрового тракта**. Канал связи от входа кодера до выхода декодера канала называется **расширенным дискретным каналом (РДК)**.

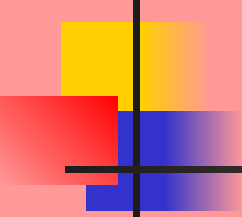
# Цифровые системы передачи (ЦСП)



- Первичный сигнал от источника сообщения (ИС) через соответствующий передатчик поступает на *первичное кодирование* в кодер источника, где обычно кодируется простым *равнозначным* (безыбыточным) двоичным кодом и сжимается с целью устранения информационной избыточности первичного сигнала. Далее кодер канала производит *помехозащищённое кодирование* с добавлением в исходный двоичный код *проверочных символов* и снова возникает *избыточность кода*, передаваемого по каналу связи.

# Цифровые системы передачи (ЦСП)

- Устройство преобразования сигналов (УПС) производит **согласование свойств** помехозащищённой двоичной кодовой последовательности со средой распространения, преобразуя двоичный код в **дискретный сигнал** (*сигнально-кодovou конструкцию* или *линейный код*), пригодный для его передачи по данной среде распространения (*направляющей системе*). Иногда, для увеличения помехозащищённости, в УПС одновременно производится дополнительное (*внешнее*) кодирование поступающего (*внутреннего*) помехозащищённого кода.
- УПС приёмника производит обратное преобразование, восстанавливая двоичный код, передаваемый кодером канала. Декодер канала восстанавливает двоичный код кодера источника сообщений и устраняет ошибки, возникающие от действия помех в среде распространения и УПС передающей и приёмной стороны. Устранение ошибок позволяет значительно увеличить помехозащищённость канала, поэтому часто кодер и декодер канала называют также **устройством защиты от ошибок (УЗО)** или **защитным кодеком**. Декодер источника восстанавливает переданное сообщение и передает его получателю сообщений (ПС).



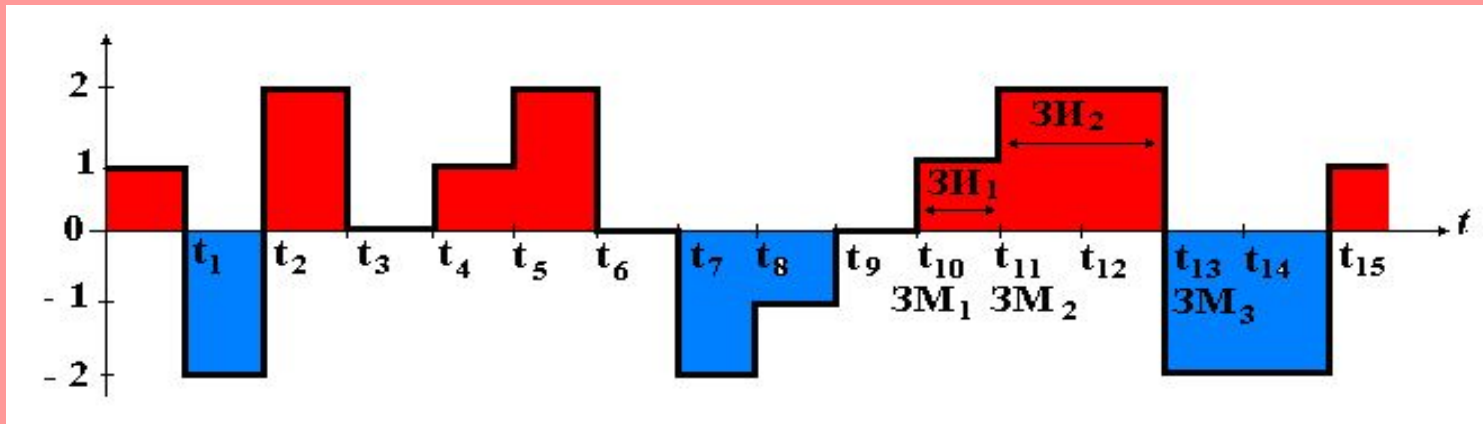
# Цифровые сигналы систем передачи (ЦСП)

---

- Результат процесса кодирования – **дискретный кодированный сигнал** – сигнал, построенный из элементарных дискретных сигналов (посылок) по определённому математическому закону – коду (**линейный код или сигнально-кодовая конструкция**).
- Каждому символу линейного кода соответствует **элементарный дискретный сигнал**, обладающий определённым селективным физическим признаком (амплитудой, частотой, длительностью и т. п.). Число селективных признаков дискретных сигналов (импульсных признаков сигнала) соответствует числу букв алфавита линейного кода дискретного канала связи.
- Кодирование в устройстве преобразования сигналов – это преобразование сообщений в комбинации из элементарных дискретных сигналов в соответствии с заданным кодом, т. е. физический процесс придания абстрактным кодовым комбинациям вполне реальных **физических признаков сигнала**.
- Дискретный кодированный цифровой сигнал приобретает свойства обнаружения, а иногда и исправления ошибок, возникающих в процессе передачи и приёма сообщений. Применение специальных кодов обеспечивает секретность передачи. Кроме того, посредством кодирования сигналов, осуществляется **согласование параметров** системы передачи и источника информации.

# Цифровые сигналы систем передачи (ЦСП)

- В соответствии с этой структурной схемой в УПС приёмной стороны принимается сигнал в виде **единичных элементов** (ЕЭ) дискретного кодированного сигнала, определяется их вид, а затем на выходе формируется двоичная кодовая комбинация, соответствующая переданному символу.
- Границы между ЕЭ (моменты изменения полярности, амплитуды, частоты или фазы) называются **значащими моментами** (ЗМ). Интервал времени между двумя соседними ЗМ называется **значащим интервалом времени** (ЗИ).
- **Количество ЕЭ, передаваемых за единицу времени, называется скоростью манипуляции** (модуляции) и измеряется в **Бодах** (единица названа в честь изобретателя многократной системы телеграфирования Ж. Бодо).





# Методы приема цифровых сигналов

- Такой метод приёма дискретных сигналов в теории передачи дискретных сообщений получил название **поэлементного**. Принятые ЕЭ сигнала сравниваются с соответствующими эталонами, и, затем, принимается решение о соответствии их той или иной кодовой комбинации. Если передается **двоичный** сигнал, то и **эталон** только два ("0" и "1"). Для двоичного линейного сигнала скорость манипуляции в Бодах (линейная скорость) совпадает со скоростью передачи сообщения (информационной скоростью), измеряемой в битах за секунду. Если передается более сложный (троичный и т. п.) сигнал, скорость манипуляции уменьшается по сравнению со скоростью передачи сообщения.
- Последовательность дискретных сигналов также можно обрабатывать в **целом**, сравнивая всю последовательность со всеми эталонами, но в этом случае число эталонов будет равно числу всех возможных кодовых комбинаций и резко возрастет. **Приём в целом** обеспечивает значительно более высокую верность передачи, но очень сложен в практической реализации и поэтому применяется редко.



# Синхронизация

---

- При приеме цифровых сигналов необходима **синхронизация** приемника и передатчика – **установление и поддержание определенных фазовых соотношений между сигналами передатчика и приемника.**
- Так, при приеме необходимо отделить один ЕЭ от другого – требуется **поэлементная (тактовая) синхронизация.** В большинстве случаев сигнал поэлементной синхронизации (тактовой частоты) **выделяется** из принимаемой дискретной импульсной последовательности и поэтому не может точно соответствовать тактовой частоте передающей стороны. Возникающие фазовые дрожания выделенных из входного сигнала тактовых импульсов синхронизации (джиттинг или джиттер) или незначительное медленное отклонение частот импульсов синхронизации приёмника и передатчика (вандер) могут приводить к ошибкам приёмника.
- Необходимо также отличать одну кодовую комбинацию (слово) от другой – требуется **групповая (цикловая) синхронизация.**

# Асинхронные системы передачи

- Простейшим методом, позволяющим отделить одну группу ЕЭ от другой, является введение в каждую кодовую комбинацию **специальных (служебных) символов** в её начале и конце: **стартового** и **стопового**. Передаваемая таким образом последовательность называется **стартстопной**, а такой способ передачи – **асинхронным**, поскольку передача любой кодовой комбинации может быть начата в любой произвольный момент времени. Потеря синхронизации при асинхронном способе передачи вызывает, как правило, только потерю текущей кодовой комбинации.



# Синхронные системы передачи

- **Синхронный** способ передачи применяется в скоростных каналах и использует синхронизирующий тактовый сигнал, передаваемый по отдельному каналу или совмещенный с передаваемыми данными.
- При синхронном способе передачи передаются более длинные кодовые последовательности, что способствует повышению пропускной способности системы передачи. Передаваемые кодовые комбинации следуют друг за другом непрерывно, а служебные сигналы синхронизации, отделяющие одну кодовую комбинацию от другой, отсутствуют. Для обеспечения их правильного приема приходится вводить в непрерывно передаваемую последовательность символов **специальные (служебные) сигналы синхронизации**, использовать только равномерные коды, а иногда и применять дополнительные сигналы управления и взаимодействия между передатчиком и приёмником. **Потеря синхронизации при синхронном способе передачи вызывает относительно длительную полную неработоспособность ЦСП.**



# Контрольные вопросы

---

- Дайте определение термину "система передачи сообщений".
- Что такое прямое (непосредственное) и условное преобразование сообщений в сигналы? Как они реализуются?
- С какой целью производится прямое или условное преобразование первичных сигналов?
- Какие сигналы в системах электросвязи называются первичными, а какие вторичными?
- Дайте определение термину "направляющая система".
- В чем состоит различие терминов "линия связи", "канал электросвязи" и "система электросвязи"?
- Изобразите структурные схемы аналоговой и дискретной системы электросвязи.
- Чем модуляция отличается от манипуляции?
- Дайте определение термину "расширенный дискретный канал".
- Для каких сигналов скорость манипуляции совпадает со скоростью передачи информации?

# Информационное обеспечение

## лекции

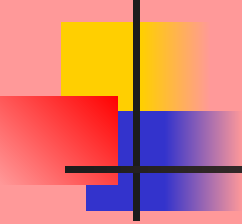
---

### Список литературы

- Телекоммуникационные системы и сети: Учебное пособие. В 3 томах. Том 1 - Современные технологии / Б. И. Крук, В. Н. Попантонопуло, В. П. Шувалов; под ред. профессора В. П. Шувалова. – Изд. 3-е, испр. и доп. – М.: Горячая линия-Телеком, 2003. – 647 с.: ил.
- Телекоммуникационные системы и сети. Том 2. Радиосвязь, радиовещание, телевидение. Учебное пособие. В. П. Шувалов.– М.: Радио и связь, 2003.
- Быков С.Ф., Журавлев В.И. Шалимов И.А. Цифровая телефония: Учеб. пособие для вузов. — М.: Радио и связь, 2003. — 144 с.: ил.
- Гаранин М.В. и др. Системы и сети передачи информации: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.:ил.
- Додд Аннабел З. Мир телекоммуникаций. Обзор технологий и отрасли. Пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп—Бизнес», 2002. – 400 с.: ил.

# Информационное обеспечение

## лекции



---

### Список литературы

- Шехтман Л.И. Системы телекоммуникаций: проблемы и перспективы. (Опыт системного исследования) – М.: Радио и Связь, 1998
- Любимов А.Е. Тезисы доклада на годовой конференции АДЭ "Стратегия конвергенции в инфотелекоммуникациях"
- "Bellcore's fiber measurement audit of existing cable plant for use with high bandwidth systems", J. Peters, A. Dori, and F. Kapron, Proceedings of NFOEC 1997.
- "PMD assessment of installed fiber plant for 40 gbit/s transmission", P. Noutsios and S. Poirier, Proceedings of NFOEC 2001.
- Олифер В.Г., Олифер Н.А. «Компьютерные сети 3-е издание (2007г.)»

Конец фильма

**Спасибо за внимание!**