

# Полоса пропускания и пропускная способность

- 1.7 ПОЛОСА ПРОПУСКАНИЯ И ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ
- 1.8 БИТОВАЯ И БОДОВАЯ СКОРОСТЬ
- 1.9 СООТНОШЕНИЕ ПОЛОСЫ ПРОПУСКАНИЯ И ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

# Полоса пропускания и пропускная способность

- **Полоса пропускания** – непрерывный диапазон частот, для которого затухание не превышает некоторый заранее заданный предел. Полоса пропускания определяет диапазон частот синусоидального сигнала, при которых этот сигнал передается по линии связи без значительных искажений.
- Граничными считаются частоты, на которых мощность выходного сигнала уменьшается в два раза по отношению к входному, что соответствует затуханию в -3 дБ.

# Полоса пропускания и пропускная способность

- **Ширина полосы пропускания** влияет на максимально возможную скорость передачи информации по линиям связи.
- **Пропускная способность** линии характеризует максимально возможную скорость передачи данных, которая может быть достигнута на этой линии. Измеряется в бит/с.

Пропускная способность зависит от

- физической среды
- способа передачи данных

Говорить о пропускной способности линии нельзя без определенного протокола физического уровня.

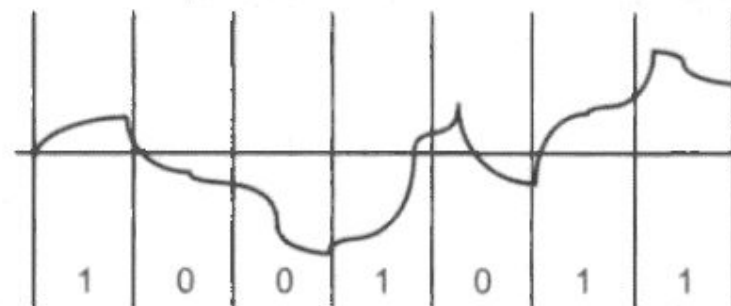
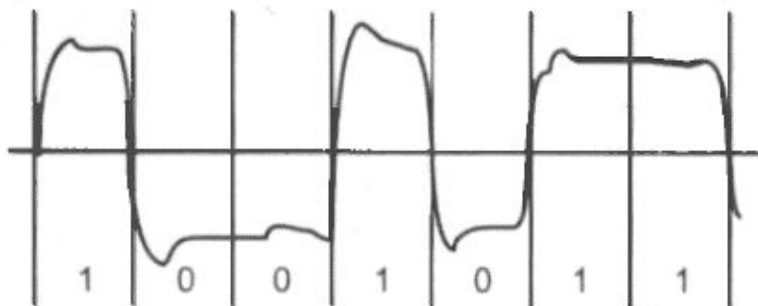
Пропускная способность линии связи зависит от

- затухания
- полосы пропускания,
- спектра передаваемых сигналов.

# Полоса пропускания и пропускная способность

- Если значимые гармоники сигнала (то есть те гармоники, амплитуды которых вносят основной вклад в результирующий сигнал) попадают в полосу пропускания линии, то такой сигнал будет хорошо передаваться данной линией связи, и приемник сможет правильно распознать информацию, отправленную по линии передатчиком.
- Если же значимые гармоники выходят за границы полосы пропускания линии связи, то сигнал начнет значительно искажаться, и приемник будет ошибаться при распознавании информации.

# Соответствие между полосой пропускания и спектром



# Битовая и бодовая скорость

**Физическое (линейное) кодирование** – выбор способа представления дискретной информации в виде сигналов, подаваемых в линию связи.

От способа физического кодирования зависит спектр сигнала и пропускная способность линия связи.

Для разных способов кодирования линия может обладать разной пропускной способностью. Например, витая пара категории 3 может передавать данные с пропускной способностью

- 10 Мбит/с при способе кодирования стандарта физ. уровня 10Base-T
- 33 Мбит/с при способе кодирования стандарта 100Base-T4.

# Битовая и бодовая скорость

В соответствии с основным постулатом теории информации любое **различимое непредсказуемое изменение принимаемого сигнала** несет в себе информацию.

**Синусоида**, у которой амплитуда, фаза и частота остаются неизменными, информации не несет, так как изменение сигнала хотя и происходит, но является абсолютно предсказуемым.

Не несут в себе информации **импульсы на тактовой шине** компьютера, так как их изменения тоже постоянны во времени.

**Импульсы на шине данных** предсказать заранее нельзя, это и делает их информационными, они переносят информацию между отдельными блоками или устройствами компьютера.

# Битовая и бодовая скорость

**Способы кодирования** используют изменение какого-либо параметра периодического сигнала:

- частоты, амплитуды, фазы синусоидального сигнала
- знака потенциала последовательности импульсов.



# Битовая и бодовая скорость

- **Несущий сигнал** – периодический сигнал, параметры которого подвергаются изменению.
- **Частота несущего сигнала** – частота синусоидального несущего сигнала.
- **Модуляция** – процесс изменения параметров несущего сигнала в соответствии с передаваемой информацией.
- Если можно различить только два состояния сигнала, то любое его изменение соответствует наименьшей единице информации – **биту**
- Если сигнал имеет более двух различимых состояний, то любое его изменение несет несколько битов информации.

# Битовая и бодовая скорость

- **Такт** – фиксированный интервал времени, через который происходит изменение параметров несущего сигнала. Приемник считает, что в начале каждого такта на его входе новая информация.
- Передача дискретной информации в сетях происходит **тактировано**.
- **Бод** – одно изменение информационного параметра несущего периодического сигнала в секунду.
- Если такт передачи информации равен 0,1 с, то сигнал изменяется со скоростью 10 бод.

# Битовая и бодовая скорость

- Информационная скорость измеряется в бит/с и может **не совпадать** с бодовой скоростью:
- Информационная скорость **выше бодовой** скорости – сигнал имеет более двух различных состояний.
  - Пусть 8 различных состояний, тогда одно изменение несет 3 бита информации. Если бодовая скорость 2400 бод/с, то битовая – 7200 бит/с
- Информационная скорость **равна бодовой** скорости – сигнал имеет два состояния, одно изменение – один бит информации.
- Информационная скорость **ниже бодовой** скорости – каждый бит кодируется несколькими изменениями информационного сигнала (для надежности передачи).
  - Например, единичное значение – импульс положительной полярности, нулевое значение – импульс отрицательной полярности. Сигнал дважды меняет свое состояние при передаче каждого бита. Битовая скорость в 2 раза ниже бодовой.
- Чем выше частота несущего периодического сигнала, тем выше частота модуляции и выше пропускная способность линии.
- Чем выше частота несущего периодического сигнала, тем шире спектр сигнала, который может не поместиться в полосу пропускания линии.

# Соотношение полосы пропускания и пропускной способности

Связь между полосой пропускания линии и ее пропускной способностью вне зависимости от способа физического кодирования определяет **формула Шеннона**:

$$C = F \cdot \log_2 \left( 1 + \frac{P_s}{P_n} \right)$$

- $C$  – пропускная способность линии, бит/с
- $F$  – ширина полосы пропускания линии, Гц
- $P_s$  – мощность сигнала, Вт
- $P_n$  – мощность шума, Вт

Теоретического предела пропускной способности линии с фиксированной полосой пропускания не существует.

Практически предел определяется:

- Мощностью передатчика (ограничена, сложно повысить) – выше мощность, больше размер и стоимость
- Мощностью шума (сложно понизить) – ниже мощность от хороших кабелей, экранирования

При отношении Сигнал/Шум = 100, повышение мощности передатчика в два раза даст 15% увеличения пропускной способности линии связи.

# Соотношение полосы пропускания и пропускной способности

**Формула Найквиста** – максимально возможная пропускная способность линии связи без прямого учета шума:

$$C = 2 \cdot F \cdot \log_2 M$$

- $M$  – количество различных состояний информационного параметра.

Если сигнал имеет два различных состояния, то пропускная способность равна удвоенному значению ширины полосы пропускания линии связи

Для повышения пропускной способности линии надо увеличить количество различных состояний, а это сделать трудно из-за шума.

Формула Найквиста определяет предельную скорость передачи данных, когда количество состояний уже выбрано