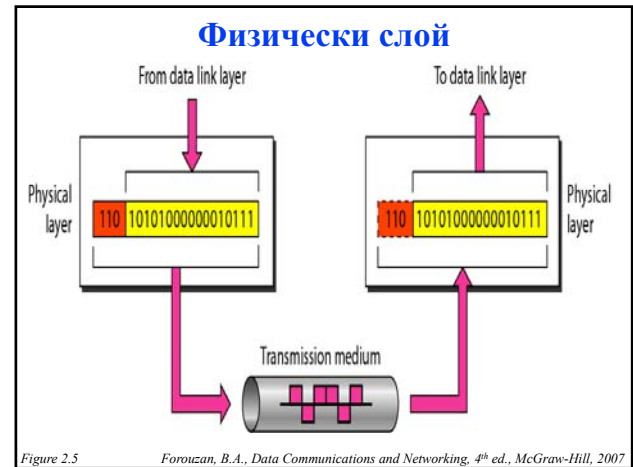


Физически слой

1



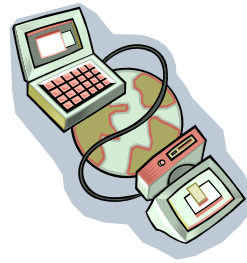
2

Физически слой: Основни функции

- Генериране и предаване/приемане на сигнали по/от преносната среда
- Преобразуване на сигнали (кодиране и модулация)
- Физически интерфейси
- Мултиплексиране

3

Физически слой: Предаване/приемане на данни



- Успешното предаване/приемане на данни зависи от 2 фактора:
 - Качеството на сигнала
 - Характеристиките на преносната среда

4

Физически слой: Предаване/приемане на данни (прод.)

Предаването на данни се осъществява между предавателя и приемника по преносната среда

Комуникацията е под формата на обмен на електромагнитни сигнали

Кабелна среда

усукана двойка, коаксиален кабел, оптично влакно

Безжична среда

въздух, вакуум, вода, плазма

5

Видове комуникационни линии

- **Директна линия** (пряка връзка)
 - Без междинни устройства между предавателя и приемника
 - Тип 'точка – точка'
 - Например, между компютър и периферно устройство.
 - Само 2 устройства си поделят линията
 - Тип 'точка – много точки' (многоточкова)
 - Например, локална компютърна мрежа (LAN).
 - Повече от 2 устройства си споделят линията
- **Индиректна линия**
 - Наличие на междинни устройства между предавателя и приемника

6

Режими на предаване

• Симплекс

- Сигналите се предават винаги само в една посока
- Напр. класическа телевизия и радио.



• Полудуплекс

- И двете страни предават, но не едновременно.
- Напр. таксиметрови радио-комуникации или walky talky комуникации.



• Пълен дуплекс

- Едновременно предаване в двете посоки
- Напр. при телефонен разговор.



7

Комуникация: Термини

• Данни

- Субекти със смисъл

• Сигнали

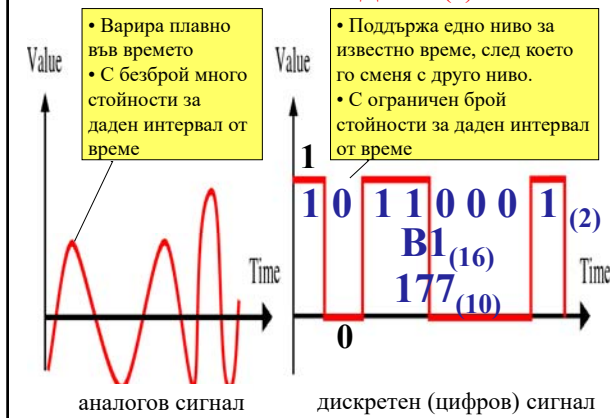
- Електрическо или електромагнитно представяне на данните

• Комуникация

- Обмен на данни чрез разпространение и обработка на сигнали

9

Сигнали: Видове (1)

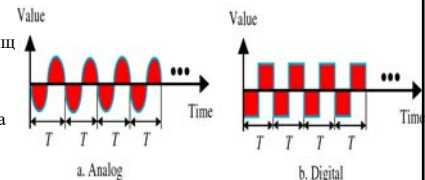


10

Сигнали: Видове (2)

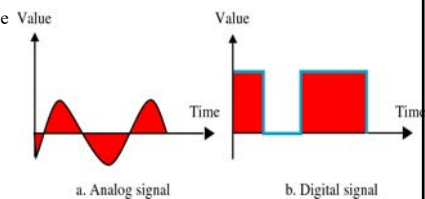
• Периодичен сигнал

- Шаблон, повтарящ се с период T .
- Завършването на един пълен шаблон се нарича цикъл



• Аperiодичен сигнал

- Няма повтарящ се шаблон във времето
- Може да се разложи на множество периодични сигнали (компоненти)!



11

Характеристики на сигналите (1)

• Амплитуда

- Стойност на сигнала в дадена точка на електромагнитната вълна (*моментна амплитуда*)
- Измерва се във Волт (V), Ампер (A), или Ват (W).
- *Максимална амплитуда*
 - Максимална сила на сигнала

• Честота (f)

- Скорост на изменение на сигнала по отношение на времето
- Реципрочна на периода T на периодичен сигнал
 - $f = 1/T$
- Измерва се в Херц (Hz) или 'цикли в секунда'

• Фаза (ϕ)

- Позицията на вълната спрямо нулевата (референтна) точка
- Измерва се в градуси

12

Характеристики на сигналите (2)

• Спектър

- Диапазон от всички честоти, съдържащи се в сигнала.

• Честотна лента

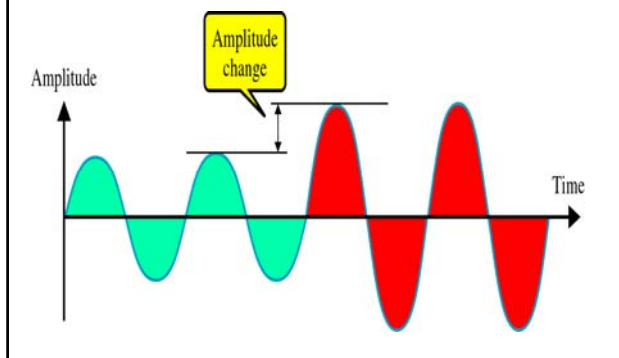
- Ширина на спектъра
- *Значима (ефективна) честотна лента*
 - Честотите, които съдържат по-значителната част от енергията на сигнала (например, 95%).

• DC компонента

- Компонента с нулева честота

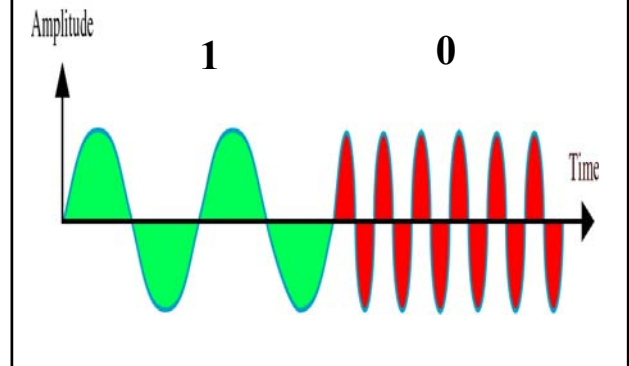
13

Преобразуване на сигналите:
Промяна на амплитудата



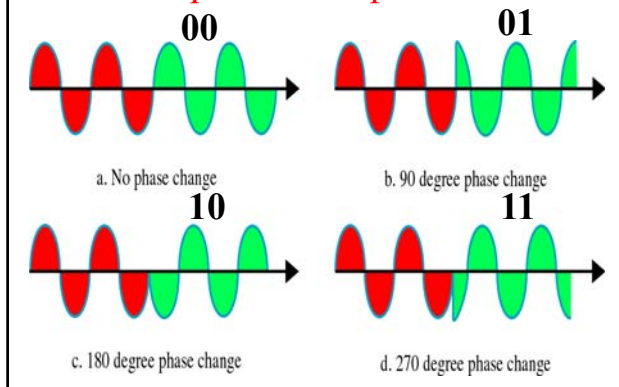
14

Преобразуване на сигналите:
Промяна на честотата



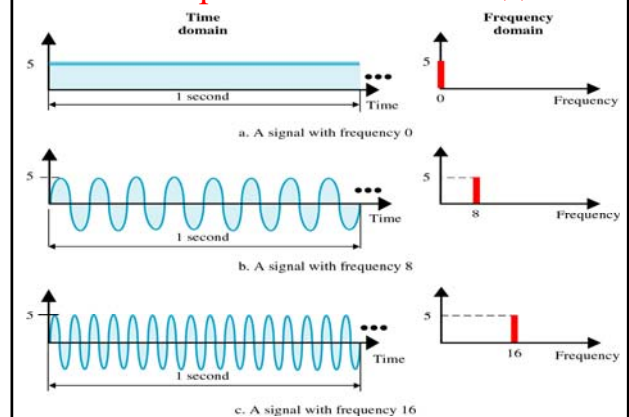
15

Преобразуване на сигналите:
Промяна на фазата



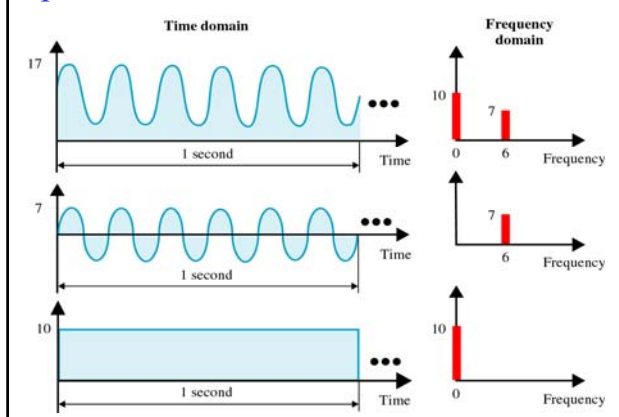
16

Сигнали: Времени и честотен домейн



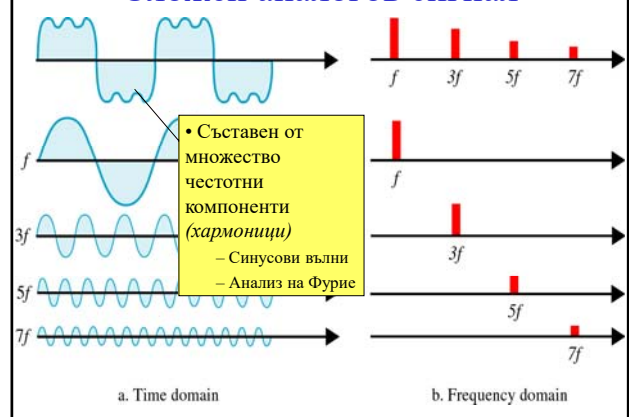
17

Прост аналогов сигнал с DC компонента

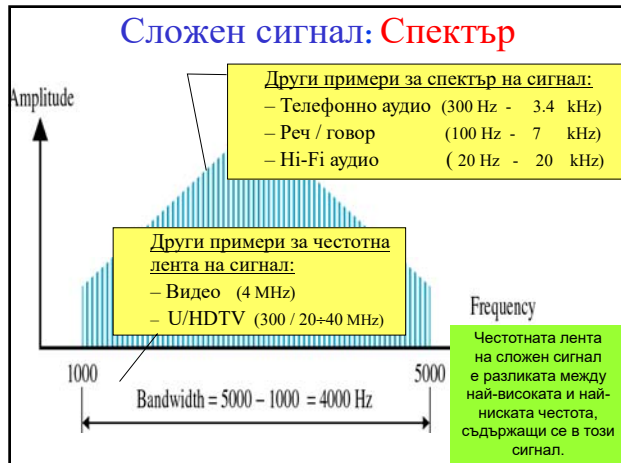


18

Сложен аналогов сигнал



19



20



21



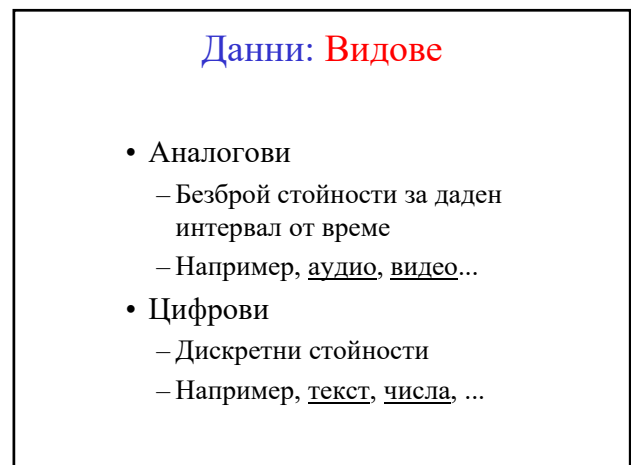
22



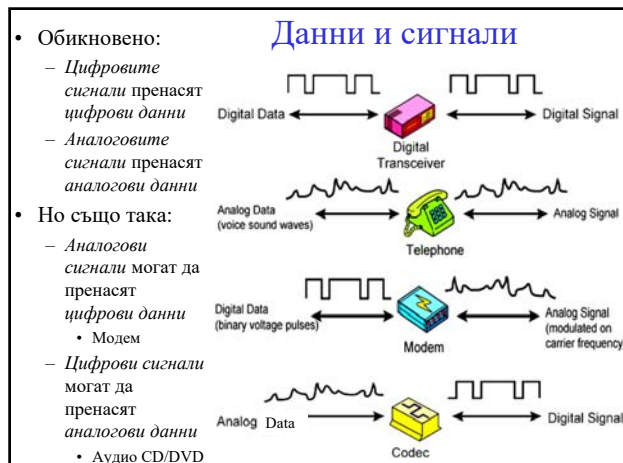
23



24



25



26

Аналогово предаване

- Обменят се аналогови сигнали
- Могат да се пренасят както аналогови, така и цифрови данни
- Сигналите затихват с изминатото разстояние
- За усиляването им се използват усилватели
- Недостатък:** шумът също се усилява!

27



28

Цифрово предаване: Предимства

- Ниска цена**
 - Поради използване на VLSI технология
- Слабо повлияване от шум**
- По-добро използване на комуник. ресурси**
 - Възможност за използване на по-широкопосредствени канали, което е и по-икономично.
 - Висока степен на мултиплексване се постига по-лесно с цифрови техники
- Сигурност и поверителност**
 - Шифриране
- По-добро интегриране на данни**
 - Третиране на аналогови и цифрови данни по един и същ начин

29

Деформация на сигнала при предаване по преносната среда

- Полученият сигнал може да се различава от предадения сигнал, което причинява:
 - При аналогово предаване: влошаване качеството на сигнала
 - При цифрово предаване: сгрешени битове
- Основни причини:
 - Затихване на сигнала
 - Закъснение на сигнала
 - Наличие на шум

30

Деформация на сигнала: Поради затихване

The diagram shows a signal starting as an 'Original' sine wave at Point 1, becoming 'Attenuated' (smaller amplitude) at Point 2 after traveling through a 'Transmission medium', and then becoming 'Amplified' (larger amplitude) at Point 3 after passing through an 'Amplifier'.

- Сигналът отслабва с разстоянието
- Зависи от средата:
 - В **кабелна среда**: обикновено с логаритмично.
 - Поради това се изразява (в **децибел**) като константна величина на единица разстояние
 - В **безжична среда**: по-сложна функция.
- Силата на получения сигнал трябва да бъде:
 - Достатъчно голяма, за да бъде констатиран сигналът.
 - Достатъчно по-голяма от тази на шума, за да се избегнат грешки при предаването.
- Затихването е нарастваща функция на честотата!

31

Деформация на сигнала: Поради закъснение

При сложни сигнали съставени от множество различни честотни компоненти

Скоростта на разпространение варира с честотата:

- Само в кабелни среди

Всяка честотна компонента има своя собствена *скорост на разпространение* и, следователно, свое собствено закъснение.

- Различните честотни компоненти пристигат по различно време, което води до различни фази за различните честоти.
- Особено критично за **цифрови данни**, тъй като части на един бит се пренасят в други, причинявайки **междусимволни смущения** (*intersymbol interference, ISI*)

Propagation time = $t_r - t_i = d/\text{Propagation speed}$

Distance = d

111000010011

At time t_i

111000010011

At time t_r

35

Деформация на сигнала поради закъснение: **Пример**

The diagram shows the process of signal distortion due to delay. It starts with a 'Composite signal sent' (a green square wave). This signal splits into 'Components, in phase' (a blue sine wave and a blue square wave). These components travel through a 'Transmission medium' between 'Point 1' and 'Point 2'. Upon reaching Point 2, the components are 'out of phase' (the blue sine wave is shifted). Finally, the components recombine to form the 'Composite signal received' (a distorted green square wave).

36

Деформация на сигнала:

Поради шум

The diagram illustrates the process of signal distortion in a communication system. It shows a signal path from a transmitter to a receiver, passing through a transmission medium. The signal is represented by a blue waveform. The transmitted signal is shown on the left, and the received signal is shown on the right. The signal is distorted by noise, which is represented by a grey waveform. The noise is added to the signal in the transmission medium. Two yellow boxes highlight the factors causing distortion: 'Основен фактор, ограничаващ производителността на комуникационната система.' (Basic factor limiting the performance of the communication system) and 'Нежелани сигнали, възникващи между предавателя и приемника.' (Unwanted signals occurring between the transmitter and receiver). The diagram also shows 'Point 1' at the transmitter and 'Point 2' at the receiver, connected by a 'Transmission medium'.

Transmitted

Noise

Received

Основен фактор, ограничаващ производителността на комуникационната система.

Нежелани сигнали, възникващи между предавателя и приемника.

Point 1

Transmission medium

Point 2

37

Съотношение сигнал/шум (SNR)

a. Large SNR

b. Small SNR

Figure 3.30

Forouzan, B. A. *Data Communications and Networking*, 4th ed., McGraw-Hill, 2007

38


Шум: Видове (1)

- **Термален**
 - Бял/фонев/Гаусовски шум
 - Породен от топлинното движение на електроните
 - С нормално разпределение
 - НЕ може да бъде отстранен!
- **Интермодулация (intermodulation)**
 - Възникване на излишни сигнали, които са сбор или разлика на оригиналните честоти, споделящи средата.
 - Предиизвиква се от нелинейност на електронните компоненти
 - Например, усилватели на сигнали.
- **Импулсен**
 - Кратки импулси с голяма амплитуда
 - Външни електромагнитни смущения
 - Основен източник на грешки при цифровите комуникации

39

Шум: Видове (2)

- **Прослушване (crosstalk)**
 - Сигнал от една линия/канал, индуциран/прихванат в/от друга съседна/съседен линия/канал.
 - Може да възникне между (нескранирани) двойки проводници в един кабел или когато микровълнови антени (напр. *Wi-Fi*) прихванат нежелани сигнали
 - Същият порядък на въздействие като термалния шум



40

Скорост на предаване

- Скоростта, с която данните се предават по даден канал.
- Измерва се в `битове в секунда` (b/s)
- Зависи от 3 фактора:
 - Налична честотна лента на канала
 - Всеки канал разполага с ограничена честотна лента
 - Ограничена от предавателя и преносната среда
 - Това ограничава скоростта на предаване, която може да се използва.
 - Брой състояния на сигнала
 - Увеличаването на броя на състоянията на сигнала обаче може да намали надеждността на системата!
 - Качество на канала (нивото на шума в него)

41

Теорема на Найкуист/Nyquist (за незашумен канал)

В случай на идеален канал без шум:

- Ако скоростта на предаване е $2B$, то каналът може да пренася сигнал с честота не по-голяма от B .
 - Или, при зададена честотна лента B , най-високата скорост на предаване е $2B$.
 - За двоични сигнали, $2B$ b/s се нуждаят от честотна лента B Hz.
 - Скоростта може да се увеличи чрез използване на по-голям брой състояния на сигнала V
- (максимална скорост) $C = 2B \log_2 V$, [b/s]**
 B – честотна лента на канала
 V – брой състояния на сигнала

Пример: Незашумен 3-kHz канал НЕ може да предава сигнал с две нива със скорост над 6 kb/s

- При зададена честотна лента, скоростта на предаване може да се увеличи чрез увеличаване броя на състоянията на сигнала (сигналните елементи), но това води до:
 - Увеличаване натоварването на приемника
 - Трудности при разграничаване на едно от V възможни състояния на сигнала
 - Шумът и други вредни въздействия ограничават величината V

42

Теорема на Шенън/Shannon (за канал с шум)

- Отчита връзката между скоростта на предаване, шума и нивото на грешките:
 - По-висока скорост на предаване съкращава времето за предаване на 1 бит; така възникването на шум в определен момент може да деформира повече битове.
 - При зададено ниво на шум, по-високата скорост на предаване означава и повече грешки.
- Шенън предлага формула, свързана със SNR:

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR})$$
- Задава теоретичната граница за максимална скорост
 - На практика се достигат само по-ниски стойности

43

Теорема на Шенън/Shannon (прод.)

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR}) \text{ , [b/s]}$$

B – честотна лента на канала

SNR – безразмерно съотношение сигнал/шум

- **Пример:** 3-kHz канал с $\text{SNR}=1000$ (т.е. $\text{SNR}_{\text{dB}} = 30$ dB) НЕ може да пренася повече от около 30 kb/s

За практически цели, когато SNR е с много голяма стойност, може да се допусне, че $\text{SNR} + 1 \approx \text{SNR}$.

В тези случаи може да се използва опростената формула, където $\text{SNR}_{\text{dB}} = 10 \log_{10}(\text{SNR})$:

$$C = B \times \frac{\text{SNR}_{\text{dB}}}{3}$$

44