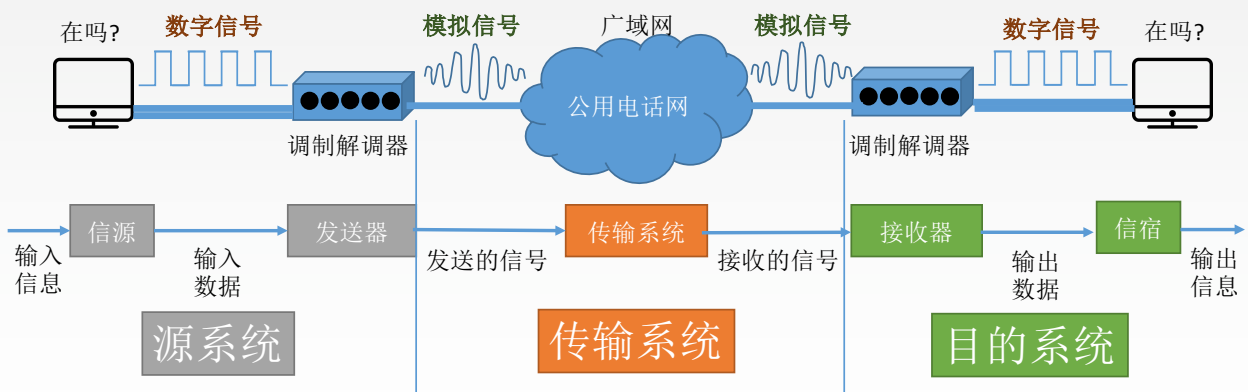


本节内容

数据通信 基础知识

王道考研/CSKAOYAN.COM

典型的数据通信模型



王道考研/CSKAOYAN.COM

数据通信相关术语

通信的目的是**传送消息**。

数据：传送信息的实体，通常是有意义的符号序列。

信号：数据的电气/电磁的表现，是数据在传输过程中的**存在形式**。

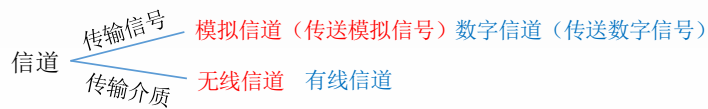
数字信号：代表消息的参数取值是离散的。 

模拟信号：代表消息的参数取值是连续的。 

信源：产生和发送数据的源头。

信宿：接收数据的终点。

信道：信号的传输媒介。一般用来表示向某一个方向传送信息的介质，因此一条通信线路往往包含一条发送信道和一条接收信道。



王道考研/CSKAOYAN.COM

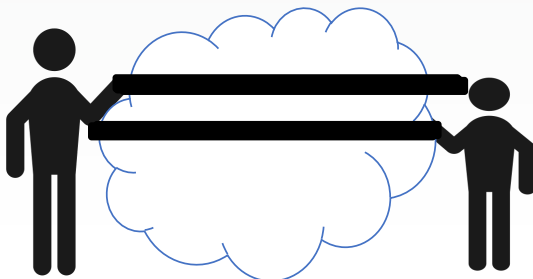
三种通信方式

从通信双方信息的交互方式看，可以有三种基本方式：

1.单工通信 只有一个方向的通信而没有反方向的交互，仅需要**一条**信道。

2.半双工通信 通信的双方都可以发送或接收信息，但任何一方都不能同时发送和接收，需要**两条**信道。

3.全双工通信 通信双方可以同时发送和接受信息，也需要**两条**信道。

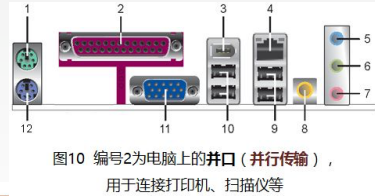
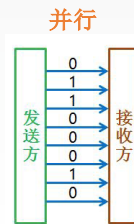
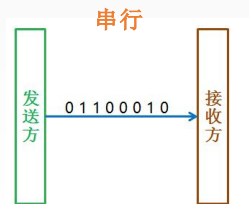


王道考研/CSKAOYAN.COM

两种数据传输方式

传输方式

- 串行传输** 速度**慢**，费用**低**，适合**远**距离
- 并行传输** 速度**快**，费用**高**，适合**近**距离
用于计算机内部数据传输



本节内容

码元、波特 速率、带宽

王道考研/CSKAOYAN.COM

码元

码元是指用一个**固定时长**的**信号波形**（数字脉冲），代表不同离散数值的基本波形，是数字通信中数字信号的计量单位，这个时长内的信号称为k进制码元，而该时长称为码元宽度。当码元的离散状态有M个时（M大于2），此时码元为M进制码元。

1码元可以携带多个比特的信息量。例如，在使用二进制编码时，只有两种不同的码元，一种代表0状态，另一种代表1状态。

0101010101 0101010101



K进制码元 — 4进制码元 ➡ 码元的离散状态有4个 ➡ 4种高低不同的信号波形 00、01、10、11

王道考研/CSKAOYAN.COM

速率、波特、带宽

速率也叫数据率，是指数据的**传输速率**，表示单位时间内传输的数据量。可以用**码元传输速率**和**信息传输速率**表示。

1) **码元传输速率**：别名码元速率、波形速率、调制速率、符号速率等，它表示单位时间内数字通信系统所传输的码元个数（也可称为**脉冲个数或信号变化的次数**），单位是**波特（Baud）**。1波特表示数字通信系统每秒传输一个码元。这里的码元可以是多进制的，也可以是二进制的，但码元速率与进制数无关。

1s传输多少个码元

2) **信息传输速率**：别名信息速率、比特率等，表示单位时间内数字通信系统传输的二进制码元个数（即比特数），单位是比特/秒（b/s）。

1s传输多少个比特

关系：若一个码元携带 n bit的信息量，则 M Baud的码元传输速率所对应的信息传输速率为 $M \times n$ bit/s。

带宽：表示在单位时间内从网络中的某一点到另一点所能通过的“**最高数据率**”，常用来表示网络的通信线路所能传输数据的能力。单位是b/s。

王道考研/CSKAQYAN.COM

练习题

某一数字通信系统传输的是四进制码元,4s传输了8000个码元,求系统的码元传输速率是多少?信息传输速率是多少?若另一通信系统传输的是十六进制码元,6s传输了7200个码元,求他的码元传输速率是多少?信息传输速率是多少?并指出哪个系统传输速率快?

2000Baud, 4000b/s; 1200Baud, 4800b/s; 十六进制更快

四进制码元系统

码元传输速率就是 $8000/4=2000$ Baud, 信息传输速率就是 $2000 \times \log_2 4=4000$ b/s

十六进制码元系统

码元传输速率就是 $7200/6=1200$ Baud, 信息传输速率就是 $1200 \times \log_2 16=4800$ bit/s

系统传输的是**比特流**，通常比较的是信息传输速率，所以传输十六进制码元的通信系统传输速率较快，如果用该系统去传输四进制码元会有更高的码元传输速率。

王道考研/CSKAQYAN.COM

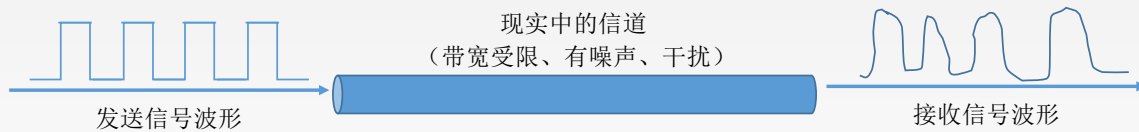
本节内容

奈氏准则 香农定理

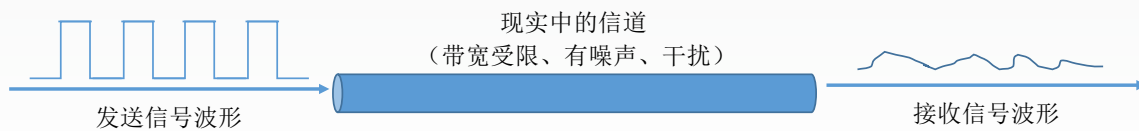
王道考研/CSKAOYAN.COM

失真

有失真但可识别



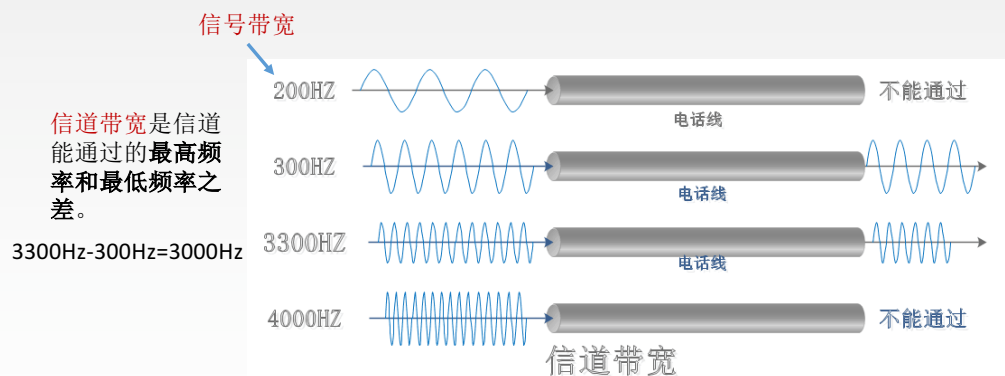
失真大无法识别



影响失真程度的因素： 1.码元传输速率 2.信号传输距离 3.噪声干扰 4.传输媒体质量

王道考研/CSKAOYAN.COM

失真的一种现象——码间串扰



码间串扰：接收端收到的信号波形失去了码元之间清晰界限的现象。

王道考研/CSKAOYAN.COM

失真的一种现象——码间串扰



王道考研/CSKAOYAN.COM

奈氏准则（奈奎斯特定理）

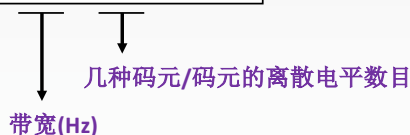
奈氏准则：在理想低通（无噪声，带宽受限）条件下，为了避免码间串扰，极限码元传输速率为 $2W$ Baud， W 是信道带宽，单位是Hz。

为了混淆大家，再求一步极限数据率吧~

只有在这两个公式
这带宽才用Hz！！

传输速率慢：

$$\text{理想低通信道下的极限数据传输率} = 2W \log_2 V \quad (\text{b/s})$$



1. 在任何信道中，码元传输的速率是有上限的。若传输速率超过此上限，就会出现严重的码间串扰问题，使接收端对码元的完全正确识别成为不可能。
2. 信道的频带越宽（即能通过的信号高频分量越多），就可以用更高的速率进行码元的有效传输。
3. 奈氏准则给出了码元传输速率的限制，但并没有对信息传输速率给出限制。
4. 由于码元的传输速率受奈氏准则的制约，所以要提高数据的传输速率，就必须设法使每个码元能携带更多个比特的信息量，这就需要采用多元制的调制方法。

王道考研/CSKAQYAN.COM

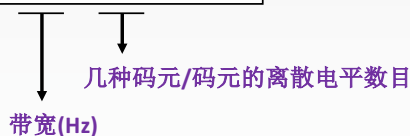
奈氏准则（奈奎斯特定理）—练

奈氏准则：在理想低通（无噪声，带宽受限）条件下，为了避免码间串扰，极限码元传输速率为 $2W$ Baud， W 是信道带宽，单位是Hz。

为了混淆大家，再求一步极限数据率吧~

只有在这两个公式
这带宽才用Hz！！

$$\text{理想低通信道下的极限数据传输率} = 2W \log_2 V \quad (\text{b/s})$$



例. 在无噪声的情况下，若某通信链路的带宽为3kHz，采用4个相位，每个相位具有4种振幅的QAM调制技术，则该通信链路的最大数据传输率是多少？

信号有 $4 \times 4 = 16$ 种变化

最大数据传输率 $= 2 \times 3\text{k} \times 4 = 24\text{kb/s}$

王道考研/CSKAQYAN.COM

香农定理

噪声存在于所有的电子设备和通信信道中。由于噪声随机产生，它的瞬时值有时会很大，因此噪声会使接收端对码元的判决产生错误。但是噪声的影响是相对的，若信号较强，那么噪声影响相对较小。因此，**信噪比**就很重要。

信噪比=信号的平均功率/噪声的平均功率，常记为S/N，并用分贝（dB）作为度量单位，即：

$$\text{信噪比 (dB)} = 10\log_{10}(S/N) \quad \text{数值等价}$$

香农定理：在带宽受限且有噪声的信道中，为了不产生误差，信息的数据传输速率有上限值。

$$\text{信道的极限数据传输速率} = W\log_2(1+S/N) \quad (\text{b/s})$$

带宽(Hz)

信噪比

S是信道所传信号的平均功率
N是信道内的高斯噪声功率

王道考研/CSKAOYAN.COM

香农定理

香农定理：在带宽受限且有噪声的信道中，为了不产生误差，信息的数据传输速率有上限值。

$$\text{信道的极限数据传输速率} = W\log_2(1+S/N) \quad (\text{b/s})$$

带宽(Hz)

信噪比

S是信道所传信号的平均功率
N是信道内的高斯噪声功率

- 1.信道的**带宽**或信道中的**信噪比**越大，则信息的极限传输速率就**越高**。
- 2.对一定的传输带宽和一定的信噪比，信息传输速率的上限就确定了。
- 3.只要信息的传输速率低于信道的极限传输速率，就一定能找到某种方法来实现**无差错的传输**。
- 4.香农定理得出的为极限信息传输速率，实际信道能达到的传输速率要比它低不少。
- 5.从香农定理可以看出，若信道带宽W或信噪比S/N没有上限（不可能），那么信道的极限信息传输速率也就没有上限。

王道考研/CSKAOYAN.COM

香农定理——练

香农定理：在带宽受限且有噪声的信道中，为了不产生误差，信息的数据传输速率有上限值。

$$\text{信道的极限数据传输速率} = W \log_2(1 + S/N)$$

$$\text{信噪比 (dB)} = 10 \log_{10}(S/N)$$

带宽(Hz)

信噪比

S是信道所传信号的平均功率
N是信道内的高斯噪声功率

例. 电话系统的典型参数是信道带宽为3000Hz，信噪比为30dB，则该系统最大数据传输速率是多少？

$$30\text{dB} = 10 \log_{10}(S/N)$$

$$\text{则 } S/N = 1000$$

$$\text{信道的极限数据传输速率} = W \log_2(1 + S/N) = 3000 \times \log_2(1 + 1000) \approx 30\text{kb/s}$$

王道考研/CSKAOYAN.COM

“Nice” 和 “香浓”

奈氏准则 内忧

带宽受限无噪声条件下，为了避免码间串扰，码元传输速率的上限 $2W$ Baud。

$$\text{理想低通信道下的极限数据传输率} = 2W \log_2 V$$

要想提高数据率，就要提高带宽/采用更好的编码技术。

香农定理 外患

带宽受限有噪声条件下的信息传输速率。

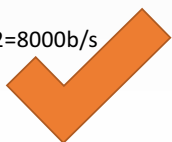
$$\text{信道的极限数据传输率} = W \log_2(1 + S/N)$$

要想提高数据率，就要提高带宽/信噪比。

题目：二进制信号在信噪比为127：1的4kHz信道上传输，最大的数据速率可达到多少？

$$\text{Nice: } 2 \times 4000 \times \log_2 2 = 8000\text{b/s}$$

$$\text{香浓: } 4000 \times \log_2(1 + 127) = 28000\text{b/s}$$



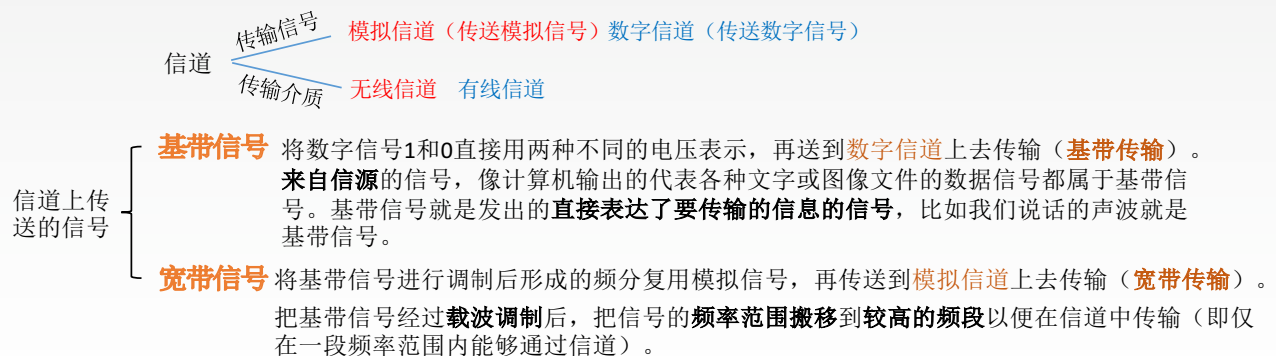
王道考研/CSKAOYAN.COM

编码&调制 (第一话)

王道考研/CSKAOYAN.COM

基带信号与宽带信号

信道：信号的传输媒介。一般用来表示向某一个方向传送信息的介质，因此一条通信线路往往包含一条发送信道和一条接收信道。



在传输距离较近时，计算机网络采用**基带传输**方式（近距离衰减小，从而信号内容不易发生变化）

在传输距离较远时，计算机网络采用**宽带传输**方式（远距离衰减大，即使信号变化大也能最后过滤出来基带信号）

王道考研/CSKAOYAN.COM

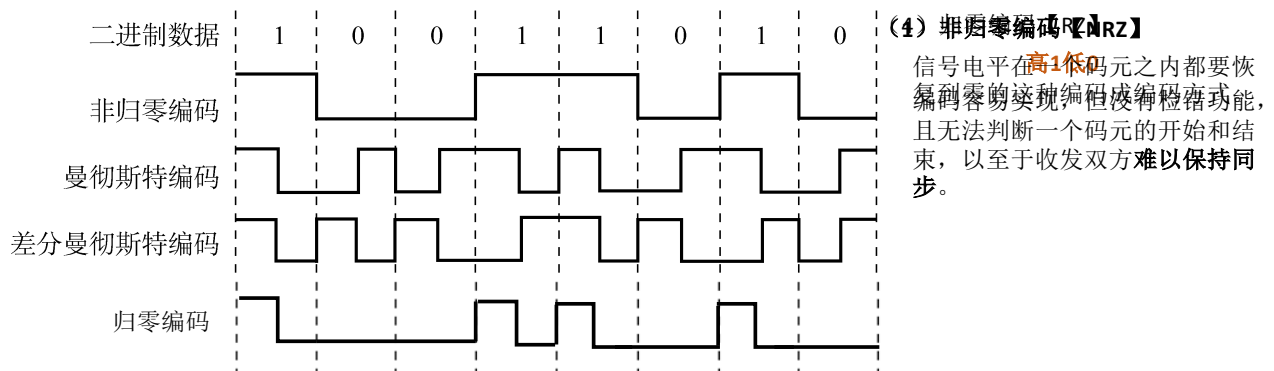


编码&调制 (第二话)

王道考研/CSKAOYAN.COM

数字数据编码为数字信号

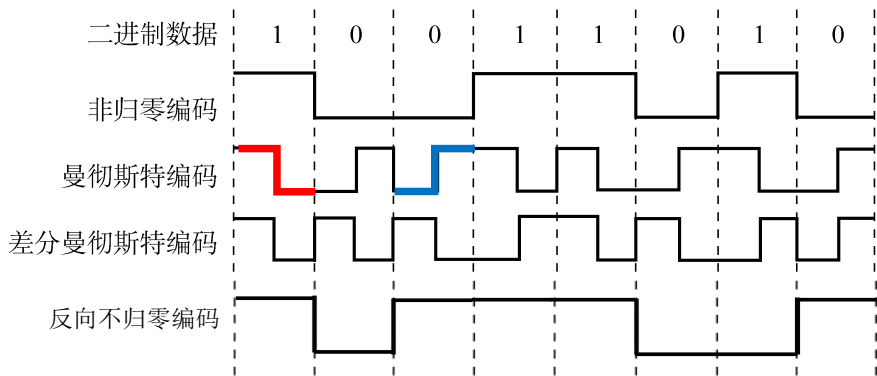
- (1) 非归零编码【NRZ】
- (2) 曼彻斯特编码
- (3) 差分曼彻斯特编码
- (4) 归零编码【RZ】
- (5) 反向不归零编码【NRZI】
- (6) 4B/5B编码



王道考研/CSKAOYAN.COM

数字数据编码为数字信号

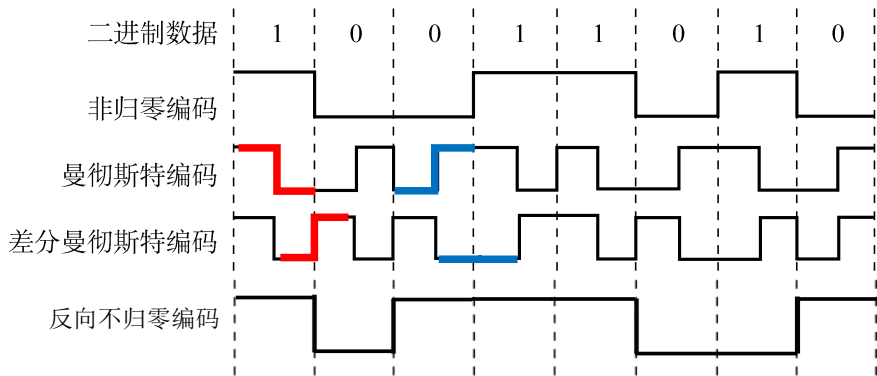
- (1) 非归零编码【NRZ】
- (2) 曼彻斯特编码
- (3) 差分曼彻斯特编码
- (4) 归零编码【RZ】
- (5) 反向不归零编码【NRZI】
- (6) 4B/5B编码



(2) 曼彻斯特编码
将一个码元分成两个相等的间隔，前一个间隔为低电平后一个间隔为高电平表示码元1；码元0则正好相反。也可以采用相反的规定。该编码的特点是在每一个码元的中间出现电平跳变，位中间的跳变既作时钟信号（可用于同步），又作数据信号，但它所占的频带宽度是原始的基带宽度的两倍。每一个码元都被调成两个电平，所以数据传输速率只有调制速率的1/2。
王道考研/CSKAOYAN.COM

数字数据编码为数字信号

- (1) 非归零编码【NRZ】
- (2) 曼彻斯特编码
- (3) 差分曼彻斯特编码
- (4) 归零编码【RZ】
- (5) 反向不归零编码【NRZI】
- (6) 4B/5B编码



(3) 差分曼彻斯特编码
同1异0
常用于局域网传输，其规则是：若码元为1，则前半个码元的电平与上一个码元的后半半个码元的电平相同，若为0，则相反。该编码的特点是，在每个码元的中间，都有一次电平的跳转，可以实现自同步，且抗干扰性强于曼彻斯特编码。

数字数据编码为数字信号

- (1) 非归零编码【NRZ】
- (2) 曼彻斯特编码
- (3) 差分曼彻斯特编码
- (4) 归零编码【RZ】
- (5) 反向不归零编码【NRZI】
- (6) 4B/5B编码

(6) 4B/5B编码

比特流中插入额外的比特以打破一连串的0或1，就是用5个比特来编码4个比特的数据，之后再传给接收方，因此称为4B/5B。编码效率为80%。

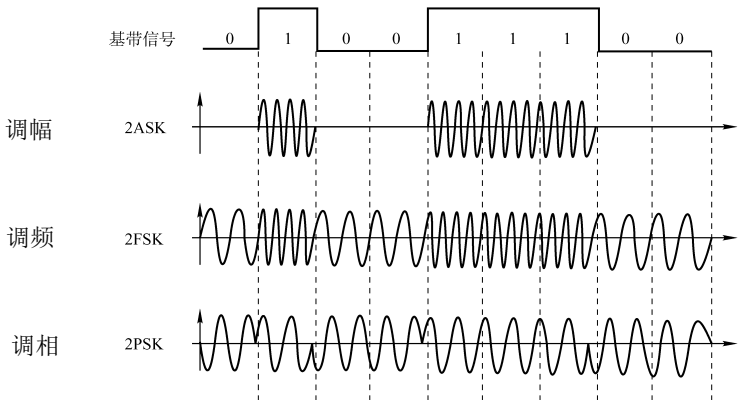
只采用16种对应16种不同的4位码，其他的16种作为控制码（帧的开始和结束，线路的状态信息等）或保留。

4 比特数据符号	5 比特编码
0000	11110
0001	01001
0010	10100
0011	10101
0100	01010
0101	01011
0110	01110
0111	01111
1000	10010
1001	10011
1010	10110
1011	10111
1100	11010
1101	11011

王道考研/CSKAQYAN.COM

数字数据调制为模拟信号

数字数据调制技术在发送端将数字信号转换为模拟信号，而在接收端将模拟信号还原为数字信号，分别对应于调制解调器的调制和解调过程。



调幅+调相（QAM） 某通信链路的波特率是1200Baud，采用4个相位，每个相位有4种振幅的QAM调制技术，则该链路的信息传输速率是多少？

王道考研/CSKAQYAN.COM

模拟数据编码为数字信号

计算机内部处理的是二进制数据，处理的都是**数字音频**，所以需要将模拟音频通过采样、量化转换成有限个数字表示的离散序列（即实现**音频数字化**）。

最典型的例子就是对音频信号进行编码的脉码调制（**PCM**），在计算机应用中，能够达到**最高保真水平**的就是PCM编码，被广泛用于素材保存及音乐欣赏，CD、DVD以及我们常见的WAV文件中均有应用。它主要包括三步：抽样、量化、编码。

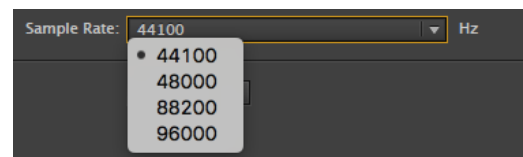
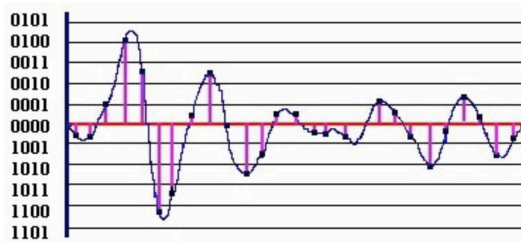
1.抽样：对模拟信号周期性扫描，把时间上连续的信号变成时间上离散的信号。

为了使所得的离散信号能无失真地代表被抽样的模拟数据，要使用采样

定理进行采样： $f_{\text{采样频率}} \geq 2f_{\text{信号最高频率}}$

2.量化：把抽样取得的电平幅值按照一定的分级标度转化为对应的数字值，并取整数，这就把连续的电平幅值转换为离散的数字量。

3.编码：把量化的结果转换为与之对应的二进制编码。



王道考研/CSKAQYAN.COM

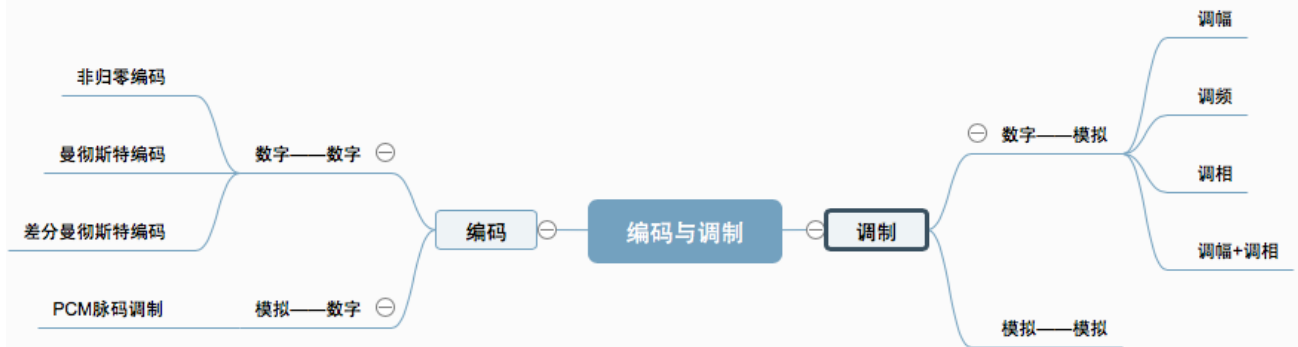
模拟数据调制为模拟信号

为了实现传输的有效性，可能需要较高的频率。这种调制方式还可以使用频分复用技术，充分利用带宽资源。在电话机和本地交换机所传输的信号是采用模拟信号传输模拟数据的方式；模拟的声音数据是加载到模拟的载波信号中传输的。

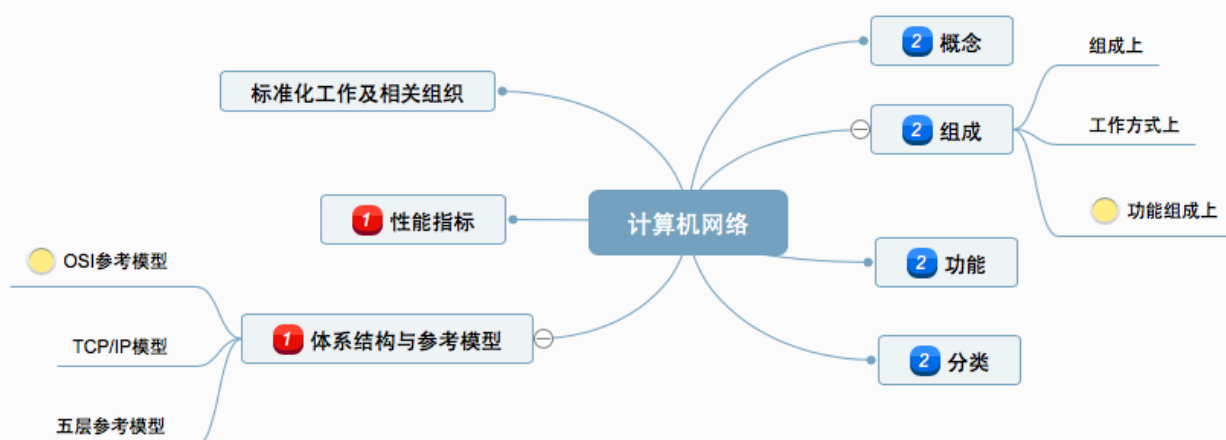


王道考研/CSKAQYAN.COM

脑图时刻



第一章知识总结



王道考研/CSKAOYAN.COM

第二章の剧透

1. 通信基础
- ★ 2. 两个公式 lim
3. 看图说话
4. 传输介质
5. 物理层设备

王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

物理层基本概念

王道考研/CSKAOYAN.COM

物理层基本概念

物理层解决如何在连接各种计算机的传输媒体上**传输数据比特流**，而不是指具体的传输媒体。

物理层主要任务：确定与传输媒体**接口**有关的一些特性 ➡ **定义标准**

1. 机械特性 定义物理连接的特性，规定物理连接时所采用的规格、接口形状、**引线数目**、**引脚数量**和排列情况。



2. 电气特性 规定传输二进制位时，线路上信号的**电压范围**、阻抗匹配、**传输速率**和**距离**限制等。

3. 功能特性 指明某条线上出现的某一**电平表示何种意义**，接口部件的信号线的用途。

4. 规程特性 （过程特性）定义各条物理线路的工作**规程**和**时序**关系。

描述一个物理层接口引脚处于高电平时的含义时

某网络在物理层规定，信号的电平用+10V~+15V表示二进制0，用-10V~-15V表示二进制1，电线长度限于15m以内

王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

物理层 传输介质

王道考研/CSKAOYAN.COM

传输介质及分类

传输介质也称传输媒体/传输媒介，它就是数据传输系统中在发送设备和接收设备之间的**物理通路**。

传输媒体并不是物理层。传输媒体在物理层的下面，因为物理层是体系结构的第一层，因此有时称传输媒体为0层。在传输媒体中传输的是信号，但传输媒体并不知道所传输的信号代表什么意思。但物理层规定了**电气特性**，因此能够识别所传送的比特流。



注视傻子的眼神

物理层是傻瓜，传输媒体连傻瓜都不如

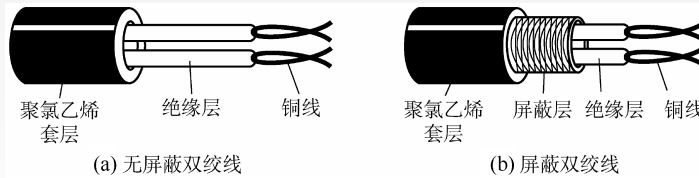
- 传输介质
- 导向性传输介质 → 电磁波被导向沿着固体媒介（铜线/光纤）传播。
 - 非导向性传输介质 → 自由空间，介质可以是空气、真空、海水等。



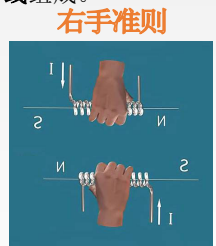
王道考研/CSKAOYAN.COM

导向性传输介质——1.双绞线

双绞线是古老、又最常用的传输介质，它由**两根**采用一定规则并排**绞合**的、相互绝缘的**铜导线**组成。
绞合可以减少对相邻导线的电磁干扰。

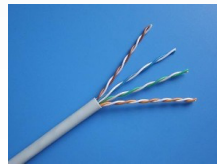


产生的电磁波
大小相等
相互抵消

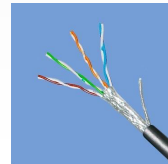


为了进一步提高抗电磁干扰能力，可在双绞线的外面再加上一个由**金属丝**编织成的屏蔽层，这就是**屏蔽双绞线**（STP），无屏蔽层的双绞线就称为**非屏蔽双绞线**（UTP）。

双绞线价格**便宜**，是最常用的传输介质之一，在局域网和传统电话网中普遍使用。模拟传输和数字传输都可以使用双绞线，其通信距离一般为几公里到数十公里。距离太远时，对于**模拟传输**，要用**放大器**放大衰减的信号；对于**数字传输**，要用**中继器**将失真的信号整形。



非屏蔽双绞线

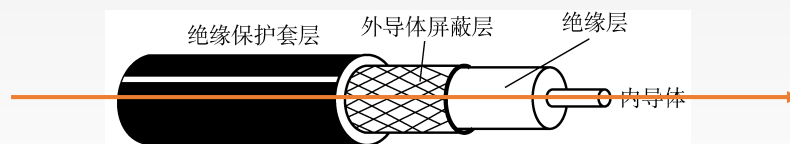


屏蔽双绞线

王道考研/CSKAQYAN.COM

导向性传输介质——2.同轴电缆

同轴电缆由**导体铜质芯线**、**绝缘层**、**网状编织屏蔽层**和**塑料外层**构成。按特性阻抗数值的不同，通常将同轴电缆分为两类：**50Ω同轴电缆**和**75Ω同轴电缆**。其中，**50Ω同轴电缆**主要用于传送基带数字信号，又称为**基带同轴电缆**，它在局域网中得到广泛应用；**75Ω同轴电缆**主要用于传送宽带信号，又称为**宽带同轴电缆**，它主要用于有线电视系统。



同轴电缆Vs双绞线

由于外导体屏蔽层的作用，同轴电缆**抗干扰特性**比双绞线好，被广泛用于传输较高速率的数据，其**传输距离**更远，但**价格**较双绞线贵。



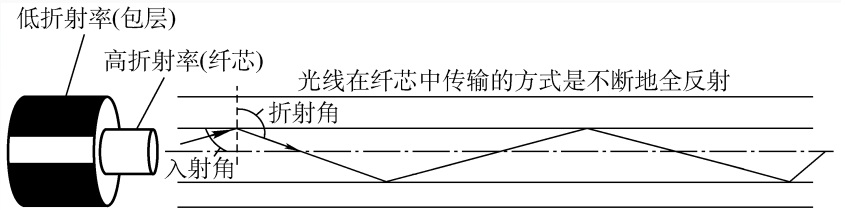
王道考研/CSKAQYAN.COM

导向性传输介质——3.光纤

光纤通信就是利用光导纤维（简称光纤）传递**光脉冲**来进行通信。有光脉冲表示**1**，无光脉冲表示**0**。而可见光的频率大约是**10⁸MHz**，因此光纤通信系统的**带宽远远大于**目前其他各种传输媒体的带宽。

光纤在发送端有光源，可以采用发光二极管或半导体激光器，它们在电脉冲作用下能产生出光脉冲；在接收端用光电二极管做成光检测器，在检测到光脉冲时可还原出电脉冲。

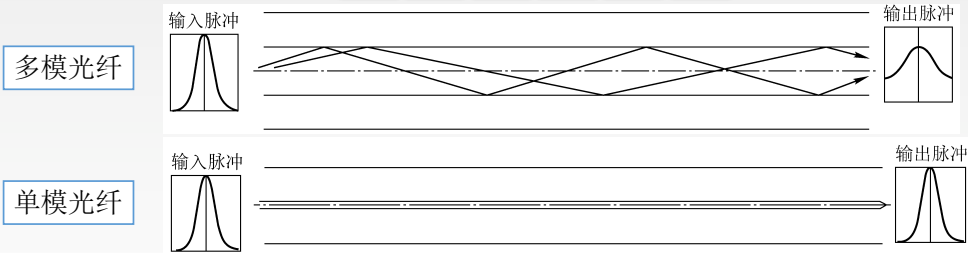
光纤主要由**纤芯(实心的！)**和**包层**构成，光波通过纤芯进行传导，包层较纤芯有较低的折射率。当光线从高折射率的介质射向低折射率的介质时，其折射角将大于入射角。因此，如果入射角足够大，就会出现**全反射**，即光线碰到包层时候就会折射回纤芯、这个过程不断重复，光也就沿着光纤传输下去。



超低损耗，传送超远距离！

王道考研/CSKAOYAN.COM

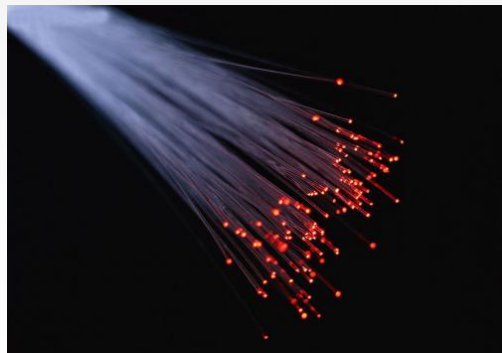
导向性传输介质——3.光纤



	定义	光源	特点	外观
单模光纤	一种在 横向模式 直接传输光信号的光纤	定向性 很好的 激光二极管	衰耗小 ，适合 远距离 传输	
多模光纤	有 多种 传输光信号模式的光纤	发光二极管	易失真 ，适合 近距离 传输	

王道考研/CSKAOYAN.COM

导向性传输介质——3.光纤



一根光缆少则只有一根光纤，多则包括十至数百根光纤。

王道考研/CSKAOYAN.COM

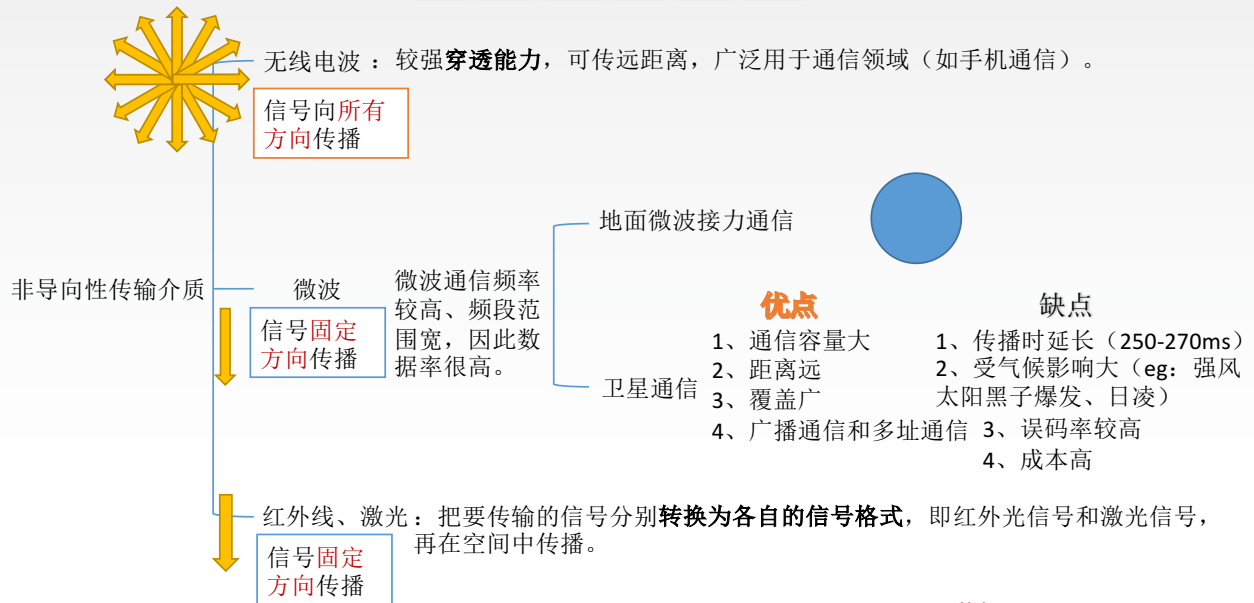
导向性传输介质——3.光纤

光纤的特点：

1. 传输损耗小，中继距离长，对远距离传输特别经济。
2. 抗雷电和电磁干扰性能好。
3. 无串音干扰，保密性好，也不易被窃听或截取数据。
4. 体积小，重量轻。

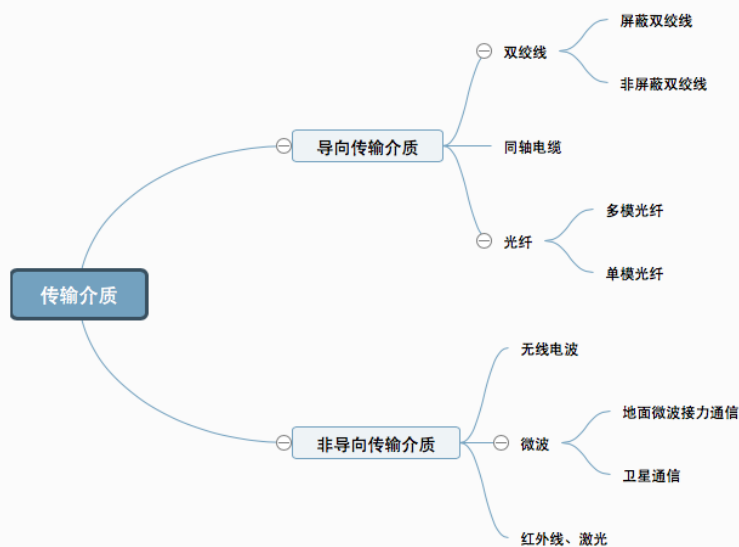
王道考研/CSKAOYAN.COM

非导向性传输介质



王道考研/CSKAOYAN.COM

脑图时刻



王道考研/CSKAOYAN.COM

本节内容

物理层设备

王道考研/CSKAOYAN.COM

中继器

诞生原因：由于存在损耗，在线路上传输的信号功率会逐渐衰减，衰减到一定程度时将造成信号失真，因此会导致接收错误。

中继器的功能：对信号进行**再生和还原**，对衰减的信号进行放大，保持与原数据相同，以增加信号传输的距离，延长网络的长度。



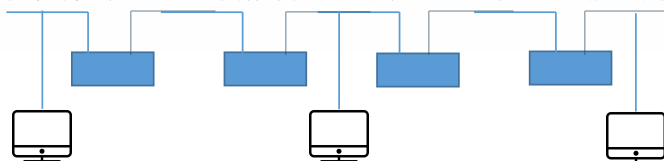
再生数字信号

中继器的两端：两端的网络部分是网段，而不是子网，适用于完全相同的**两类**网络的互连，且两个网段速率要相同。中继器只将任何电缆段上的数据发送到另一段电缆上，它仅作用于信号的电气部分，并不管数据中是否有错误数据或不适于网段的数据。

两端可连相同媒体，也可连不同媒体。

中继器两端的网段一定要是同一个协议。（中继器不会存储转发，傻）

5-4-3规则：网络标准中都对信号的延迟范围作了具体的规定，因而中继器只能在规定的范围内进行，否则会网络故障。

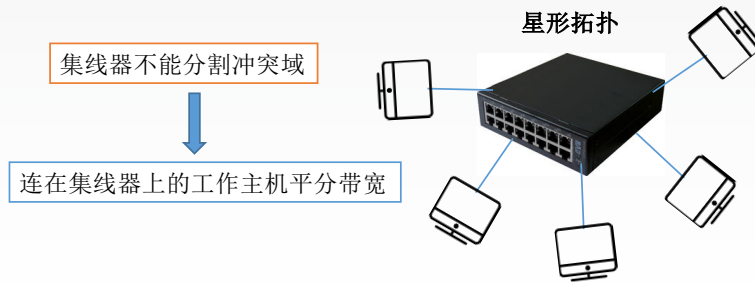


王道考研/CSKAOYAN.COM

集线器（多口中继器）

再生，放大信号

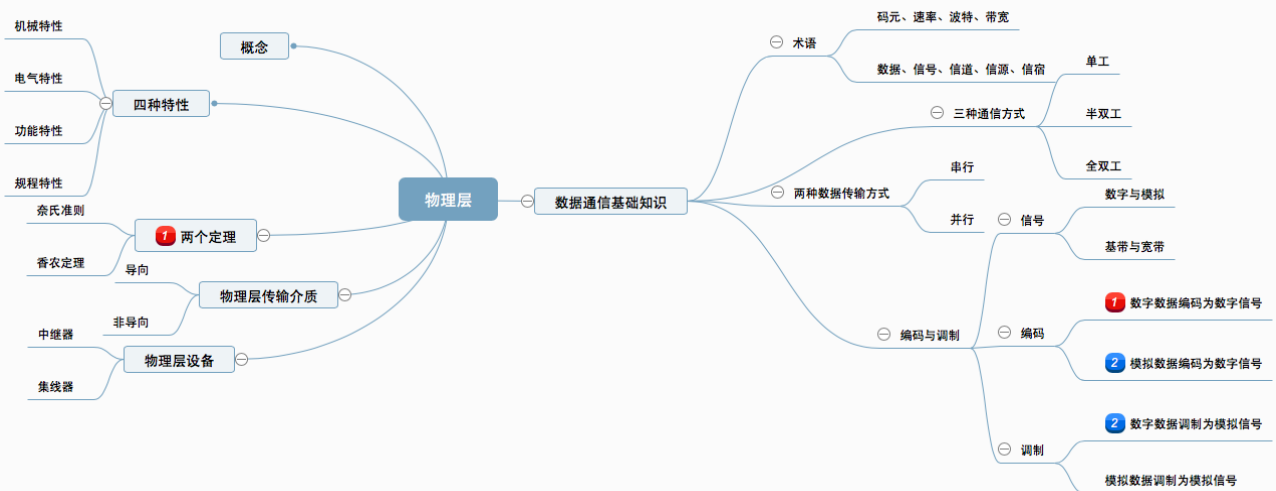
集线器的功能： 对信号进行再生放大转发，对衰减的信号进行放大，接着转发到其他所有（除输入端口外）处于工作状态的端口上，以增加信号传输的距离，延长网络的长度。不具备信号的定向传送能力，是一个共享式设备。



本节内容

第二章总结

王道考研/CSKAOYAN.COM



王道考研/CSKAOYAN.COM