

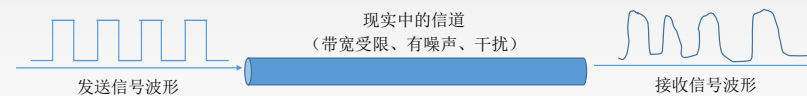
## 本节内容

# 奈氏准则 香农定理

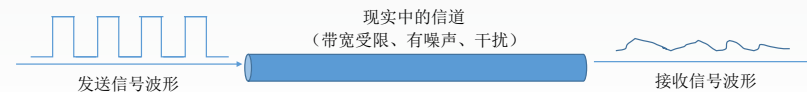
王道考研/CSKAOYAN.COM

## 失真

### 有失真但可识别



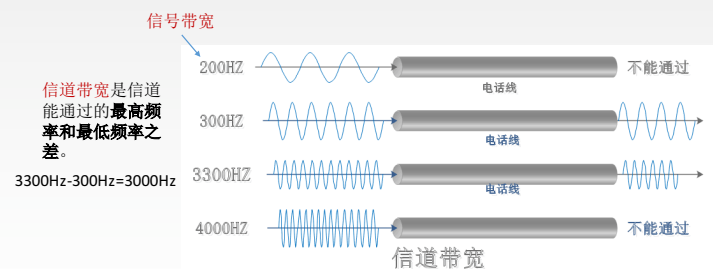
### 失真大无法识别



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：

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

带宽(Hz)  
几种码元/码元的高散电平数目

- 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/CSKAOYAN.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！！

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

带宽(Hz)  
几种码元/码元的高散电平数目

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 =  $2 \times 3k \times 4 = 24kb/s$

王道考研/CSKAOYAN.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。

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

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。

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

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。

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

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？

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

则  $S/N = 1000$

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

## “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。

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。

信道的极限数据传输速率 =  $W \log_2(1 + S/N)$

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？

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

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