

2.1.2 奈氏准则香农定理

失真

失真的概念

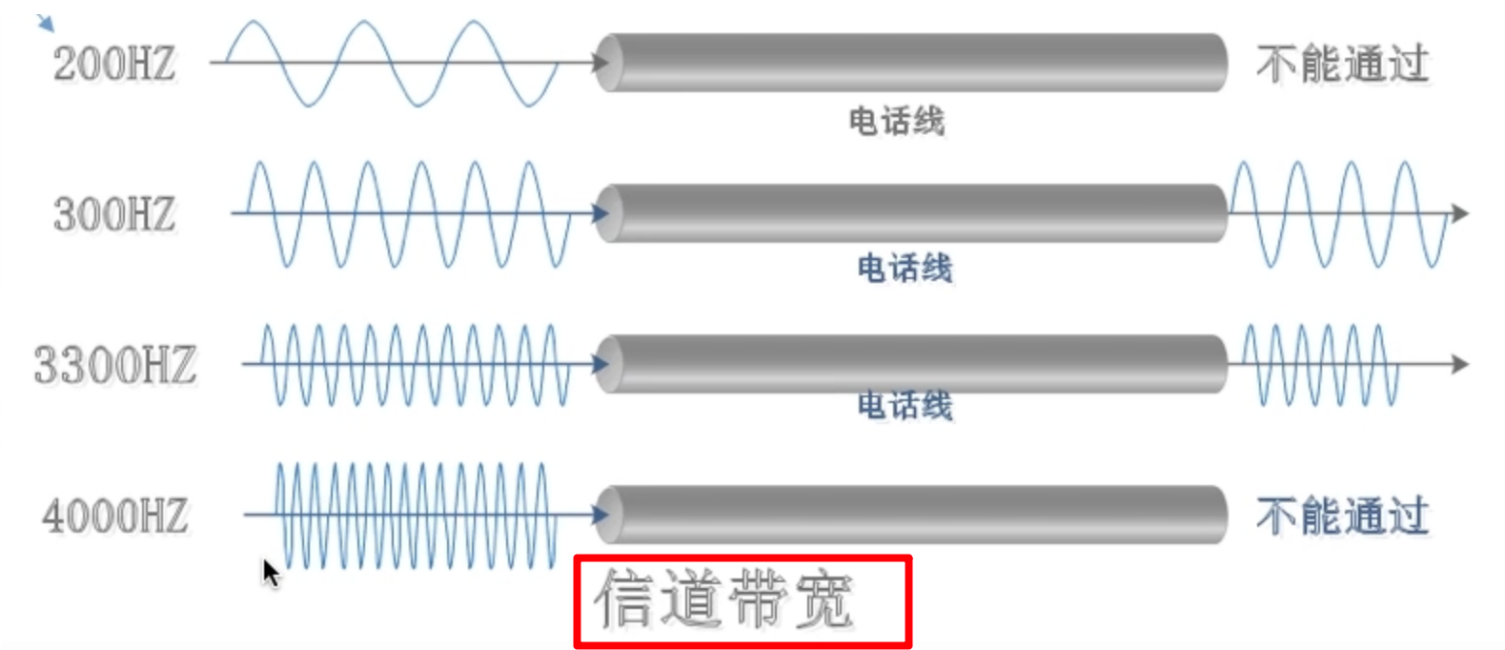


影响失真程度的因素： 1.码元传输速率 2.信号传输距离 3.噪声干扰 4.传输媒体质量

影响失真的因素：

- 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

失真现象：码间串扰



信道带宽是信道能通过的最高频率和最低频率之差

$3300\text{Hz} - 300\text{Hz} = 3000\text{Hz}$ 这个是信道带宽

200Hz 这些是信号带宽

码间串扰：接收端收到的信号波形失去了码元之间的清晰界限的现象。

(上图中4000Hz无法通过，是因为经过传输后接收端分不清各个码元了，也就是码间串扰；
200Hz无法通过不是因为码间串扰，而是频率太低衰减没了)

奈氏准则（奈奎斯特定理）

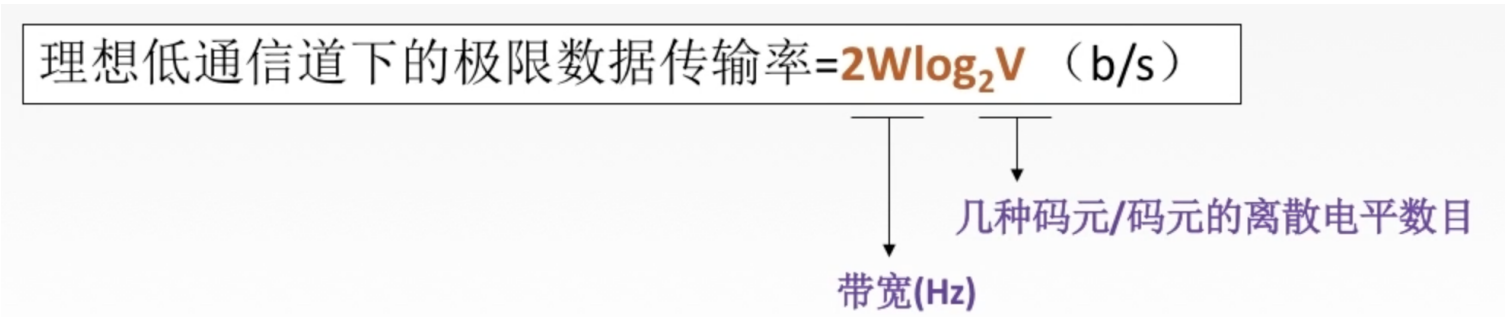
Tips:

- 只有在奈氏准则和香农定理这两个公式中，带宽单位是Hz

奈氏准则：在理想低通（无噪声，带宽受限）的条件下，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Hz

极限数据率计算公式：

奈氏准则单位是B，数据传输率的单位是 bit / s



例题：

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？

$4 \times 4 = 16 \text{ 种码元}$

$\text{数据传输率} = 2 \cdot 3k \cdot \log_2 16$

$= 2 \cdot 3000 \cdot 4 = 24000 \text{ b/s}$

结论：

- 在任何信道中，码元传输速率有上限
- 信道的频带越宽（带宽大，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。
- 奈氏准则只限制了码元传输速率，没有限制信息传输速率

香农定理

噪声随机产生，且存在于所有的电子设备和通信信道中。

信噪比（S/N） = 信号的平均功率 / 噪声的平均功率

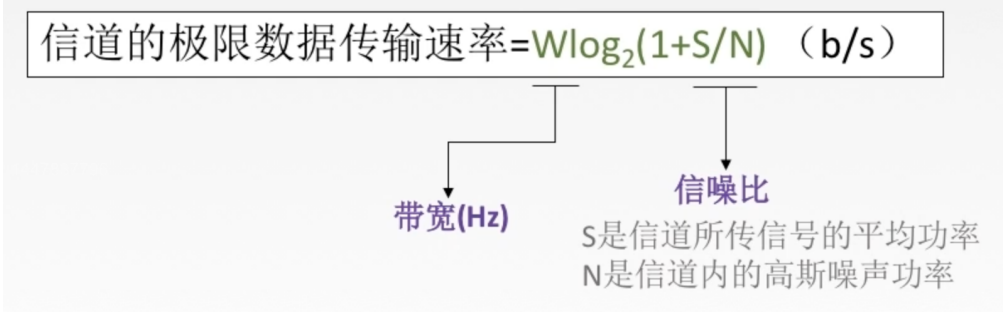
单位（dB）

题目中一般会给 dB 而不是 S/N

$20\text{dB} = 100 \text{ S/N}$

$\text{信噪比 (dB)} = 10\log_{10}(\text{S/N})$ 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，信息的传输速率有上限值



例题：

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？

$30\text{dB} = 10\lg 1000 \quad S/N = 1000$

$\text{max} = 3000 \log_2(1000+1) \quad \text{约等于 } 30\text{kb/s}$

结论：

- 带宽或信噪比越大，极限传输速率越高
- 传输带宽和信噪比确定，信息传输速率上限就确定了
- 只要信息的传输速率低于信道的极限传输速率，就能找到方法实现无差错传输
- 香农定理的得出的是极限传输速率，实际能达到的传输速率要比极限低不少

做题如何选择 奈氏 和 香农

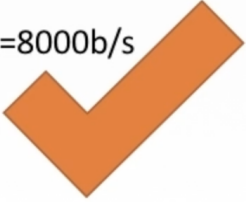
3种情况：

- 题目中给出的条件，能用 奈氏 ，不能用香农 ，选奈氏
- 题目中给出的条件，能用 香农 ，不能用奈氏 ，选香农
- 都可以的情况下，都算选最小的

eg：

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



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