

信道的极限容量

奈氏准则

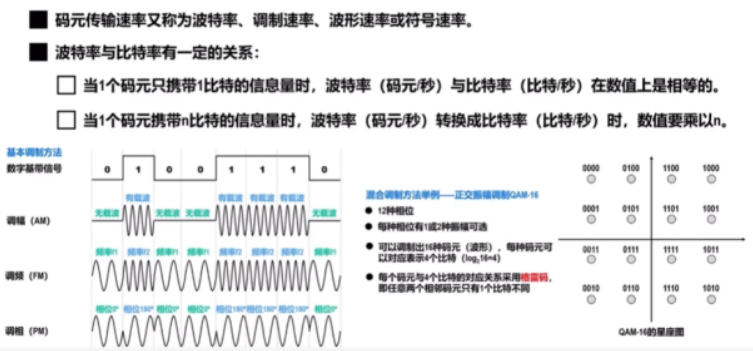
02 奈氏准则

理想低通信道的**最高码元传输速率** =  $2W$  Baud =  $2W$  码元/秒  
**W**: 信道的频率带宽 (单位为Hz)  
**Baud**: 波特, 即码元/秒



奈奎斯特 (1889-1976)

- 使用奈氏准则给出的公式, 就可以根据信道的频率带宽, 计算出信道的最高码元传输速率。
- 只要码元传输速率不超过根据奈氏准则计算出的上限, 就可以避免码间串扰。
- 奈氏准则给出的是理想低通信道的最高码元传输速率, 它和实际信道有较大的差别, 因此, 一个实际信道所能传输的最高码元传输速率, 要明显低于奈氏准则给出的上限值。



分支主题 1

尽管奈氏准则限制了最高码元传输速率, 但是只要采用技术更为复杂的信号调制方法, 让码元可以携带更多的比特, 岂不是可以无限制地提高信息的传输速率吗?

回答是否定的。因为在实际的信道中会有噪声, 噪声是随机产生的, 其瞬时值有时会很大, 这会严重影响接收端对码元的识别, 并且噪声功率相对于信号功率越大, 影响就越大。

分支主题 1

香农公式

带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的**极限信息传输速率**

$$C = W \log_2(1 + \frac{S}{N})$$

**C**: 信道的极限信息传输速率 (单位为b/s)  
**W**: 信道的频率带宽 (单位为Hz)  
**S**: 信道内所传信号的平均功率  
**N**: 信道内的高斯噪声功率  
**S/N**: 信噪比, 常用分贝 (dB) 表示  
信噪比 (dB) =  $10 \log_{10}(\frac{S}{N})$  (dB)



香农 (1916-2001)

带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的**极限信息传输速率**

$$C = W \log_2(1 + \frac{S}{N})$$

- 信道的频率带宽W或信道中的信噪比S/N越大, 信道的极限信息传输速率C就越高。
- 实际信道不可能无限制地提高频率带宽W或信道中的信噪比S/N。
- 实际信道中能够达到的信息传输速率, 要比香农公式给出的极限传输速率低不少。这是因为在实际信道中, 信号还要受到其他一些损伤, 例如各种脉冲干扰和信号衰减等, 这些因素在香农公式中并未考虑。



香农

分支主题 1

理想低通信道的**最高码元传输速率**  
=  $2W$  Baud =  $2W$  码元/秒

奈奎斯特 (1889-1976)

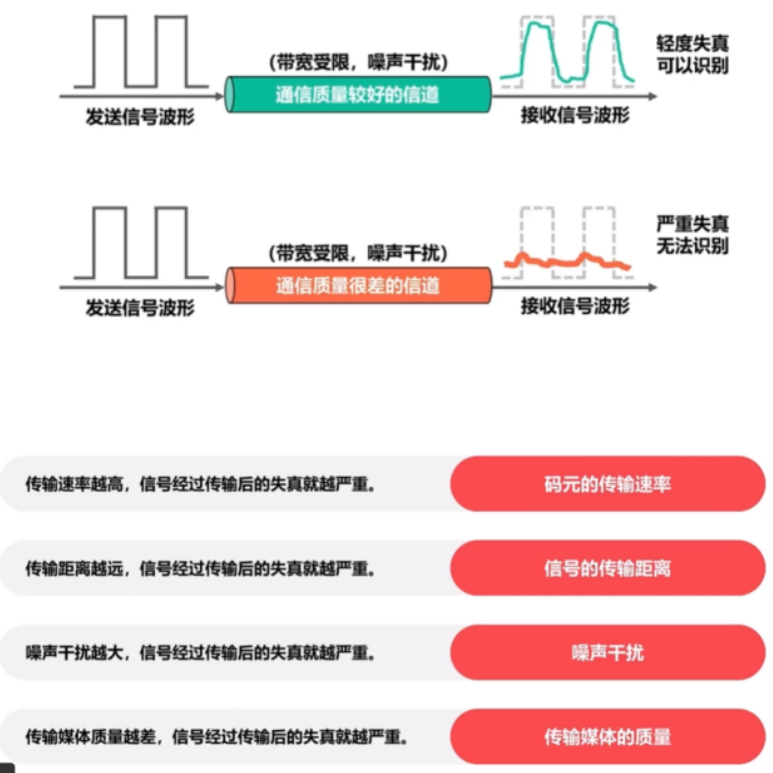
带宽受限且有高斯白噪声干扰的信道的**极限信息传输速率**  
 $C = W \log_2(1 + \frac{S}{N})$  (b/s)

香农 (1916-2001)

在信道的频率带宽W一定的情况下, 根据奈氏准则和香农公式, 要想提高信道的传输速率, 就必须采用多元制 (更复杂的调制技术), 并努力提高信道中的信噪比。

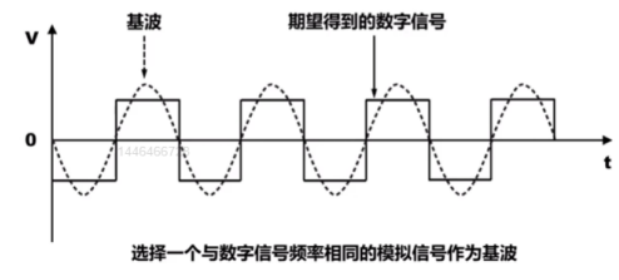
自从香农公式发表后, 各种新的信号处理和编码方法层出不穷, 其目的都是为了使码元可以携带更多个比特, 进而可以尽可能地逼近香农公式给出的传输速率极限。

造成信号失真的主要因素

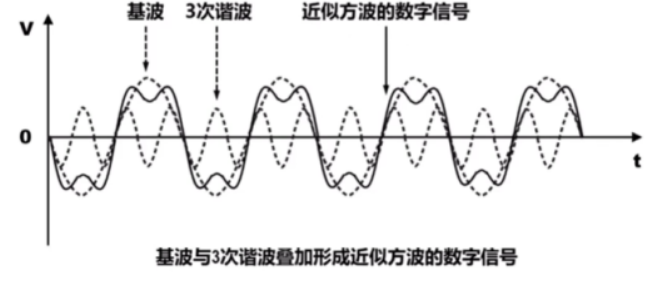


四个因素

■ 信道上传输的**数字信号**, 可以看做是**多个频率的模拟信号进行多次叠加后形成的方波**。

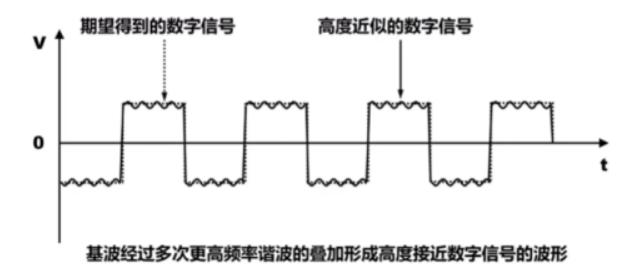


分支主题 3



分支主题 1

■ 信道上传输的**数字信号**, 可以看做是**多个频率的模拟信号进行多次叠加后形成的方波**。



分支主题 1