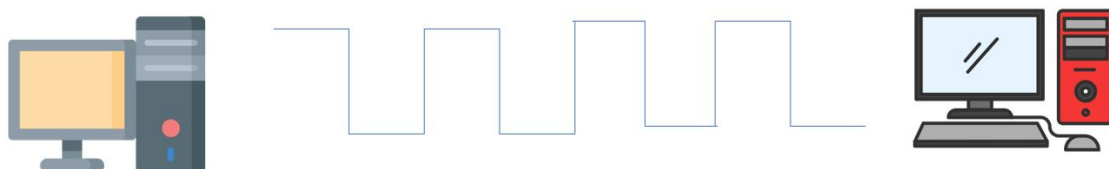


信号传输

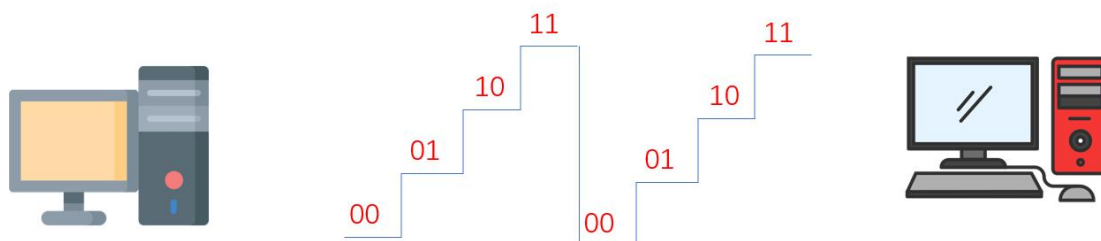
两次工业革命分别使人类进入蒸汽时代和电气时代，第三次科技革命使人类进入信息化时代，虽然第四次科技革命被认为是智能时代，但是以当前的智能算法水平，基本还是停留在信息时代当中。而信息化的根基就是数据的传输。



以ISO/OSI七层网络协议为例，**物理层是单纯的在物理线路上进行信息传递**，比如A和B通过双绞线、同轴电缆或光纤等介质传输。传输信号假定为数字信号方波，1为高电平，0为低电平。



如图所示波形，代表数据10101010，每一个1或0都代表一个**码元**，码元可以用二进制表示，也可以用多进制表示。



上述波形有4种状态，也就是4进制码元，每一个码元需要携带两个位信息，每个位都有0、1两种状态，因此。00、01、10、11分别对应四进制0、1、2、3。

波特率和比特率

波特率是每秒传输的码元个数，单位是Baud波特。比如1s传输8个码元，那么波特率就是8B。

比特率也叫做信息传输速率，表示单位时间内传输二进制码元个数，即比特数，单位是bit/s。

由于二进制码元每个码元只需携带1个比特信息，所以波特率和比特率是相等的。但是，为了提高通信效率，我们希望尽可能多的让一个码元携带更多信息。比如，波形有16种变化，那么一个码元就需要携带 $\log_2 16 = 4\text{bit}$ 。



奈奎斯特定理

A到B之间进行信号传输，为了让通信效率更高，在码元相同情况下，我们可以提高1个码元携带的信息量。在码元携带信息量相同情况下，即信号进制相同，我们可以提高码元数量。但是码元数量不能无限增加，比如1s传递10000个码元肯定比1s传递100个码元携带信息多，然而码元越多证明信号频率越高，接收端在接收时就可能会识别有误，造成信息丢失。

比如，同声传译，你的中文被实时翻译为英文，当语速较慢时，翻译过程失误率较低，如果语速较快，翻译就很难反应过来。



因此奈奎斯特就给出了定理：

$$C_{max} = f_{\text{采样}} \times \log_2 N = 2f \times \log_2 N (\text{bit/s})$$

采样定理：f为原始信号最大频率，即最高频率与最低频率之差，采样频率必须大于等于最大频率的2倍，这是一个结论。

其中，N是每个码元携带的离散电平数。理论上可以无限大，实际上不可能实现，需要在无噪声环境下。

这样，就界定了最大频率范围，信号中大于最大频率的高频通量就会被拦截，因此，信号接收时是不完整的，这就造成了码间串扰现象。奈奎斯特定理的前提条件是采样定理和无噪声情况下。

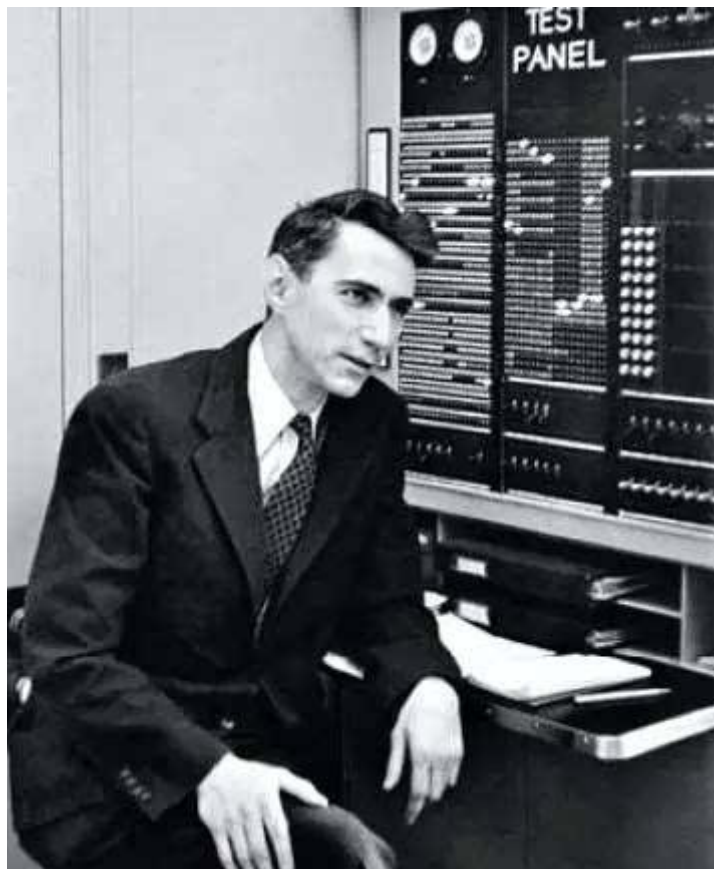
香农定理

- 香农，作为信息论之父，奠定了信息论基础。奈奎斯特定理可知，我们可以提升信道带宽，然而在物理硬件和经济条件制约下，带宽不可以无限增加，那么N是否也可以无限增大呢？

香农给出信噪比这一概念，S/N为信号平均功率与噪声平均功率的比值。进而得出香农公式：

$$C_{max} = W \times \log_2(1 + S/N) \text{ (bit/s)}$$

信噪比单位为(dB)也等于 $10\log_{10}S/N$ (dB) 。在 S/N 较大时可以使用该式变形。



由此可以得出，噪声一定会存在，信号传输速率不可能无限大，香农定理给出了信号的极限传输速率。