

# 数字化过程

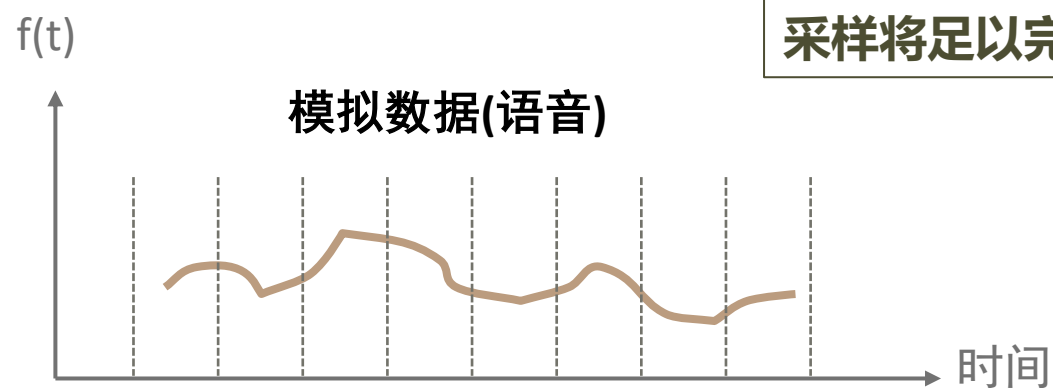


# 采样定理

**采样定理：**如果在规定时间间隔内，以高于两倍最高有效信号频率的速率对信号 $f(t)$ 进行采样，那么这些采样值包含了原始信号的全部信息。



Harry Nyquist  
1889 – 1976

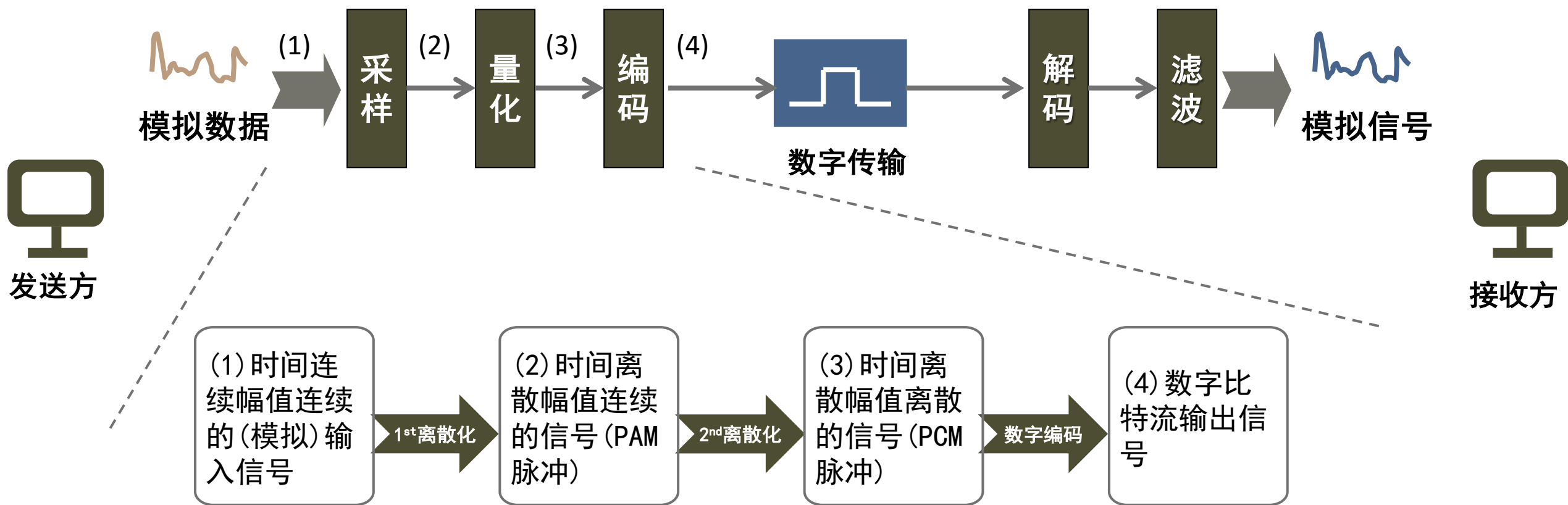


示例1：如果语音数据被限制在4000Hz以下，那么每秒8000个采样将足以完全表达语音信号。

接收端利用低通滤波器可从这些采样值中构造出函数 $f(t)$ 。



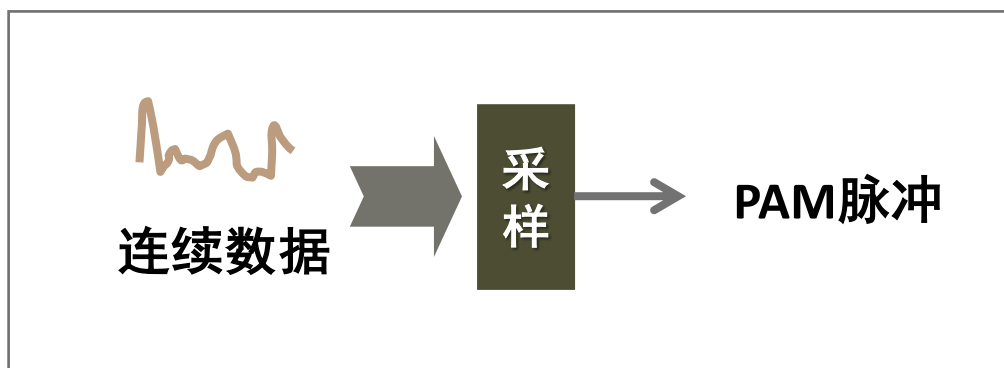
# 脉冲编码调制 (PCM)



# 第一步：时间离散化——采样

模拟信号采样：从时间上连续的信号中取出“样品”，使连续信号成为一串时间上离散的“样值”序列。

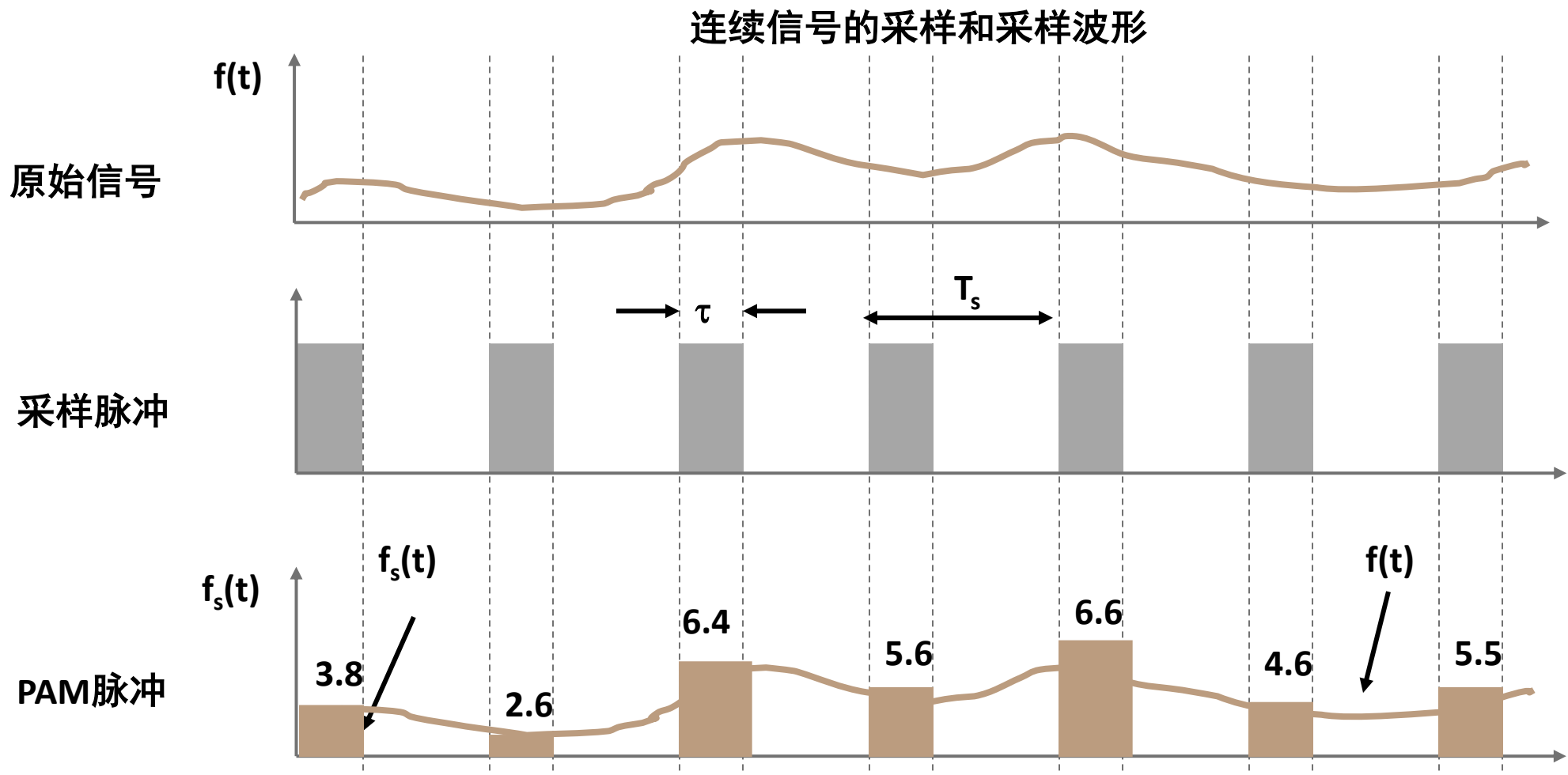
样值序列(或样值信号)：即采样后得出的一串在时间上离散的样值。



采样过程：相当于用脉冲 $S(t)$ 对模拟信号 $f(t)$ 进行脉冲调制。

注意：抽样后的样值序列是脉幅调制信号仍是模拟信号。

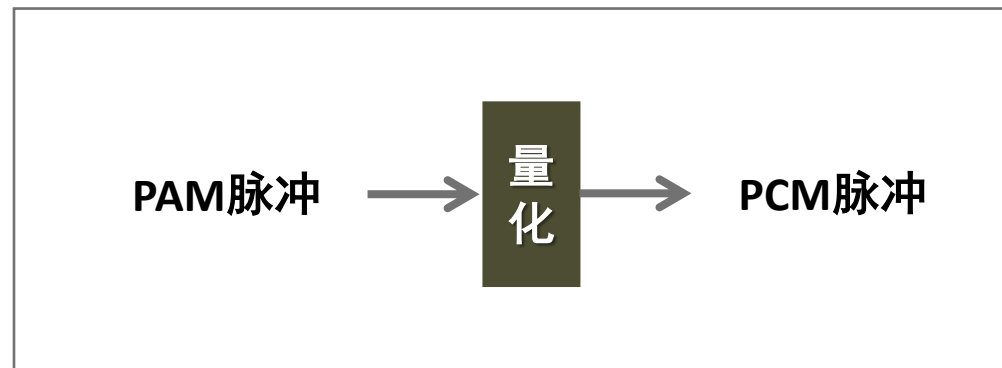
# 采样输出PAM脉冲



## 第二部：幅度上的离散化——量化

**量化：**把样值信号的无限多个可能的取值，近似地用有限个数的数值来表示。

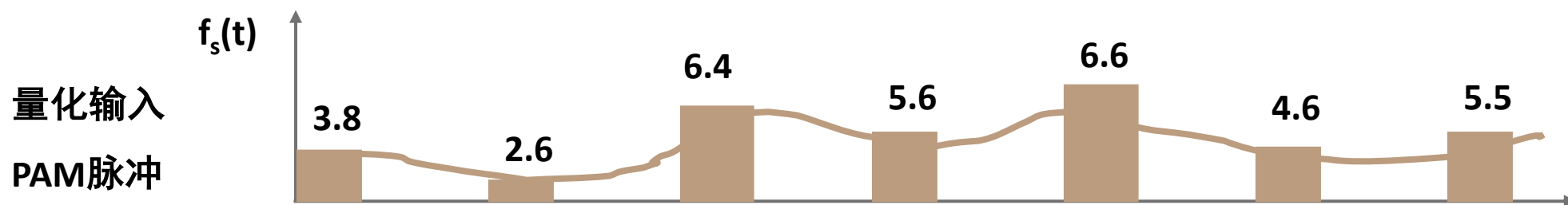
**量化级：**把样值信号的瞬时幅度分成多个度量单位，一个度量单位称为一个量化级，用量化级的大小来表示瞬时样值。



# 量化级 vs. 量化误差

量化误差:量化值与原样值的幅度差别。

$$\text{量化误差 } e(t) = (\text{量化值}) - (\text{样值})$$



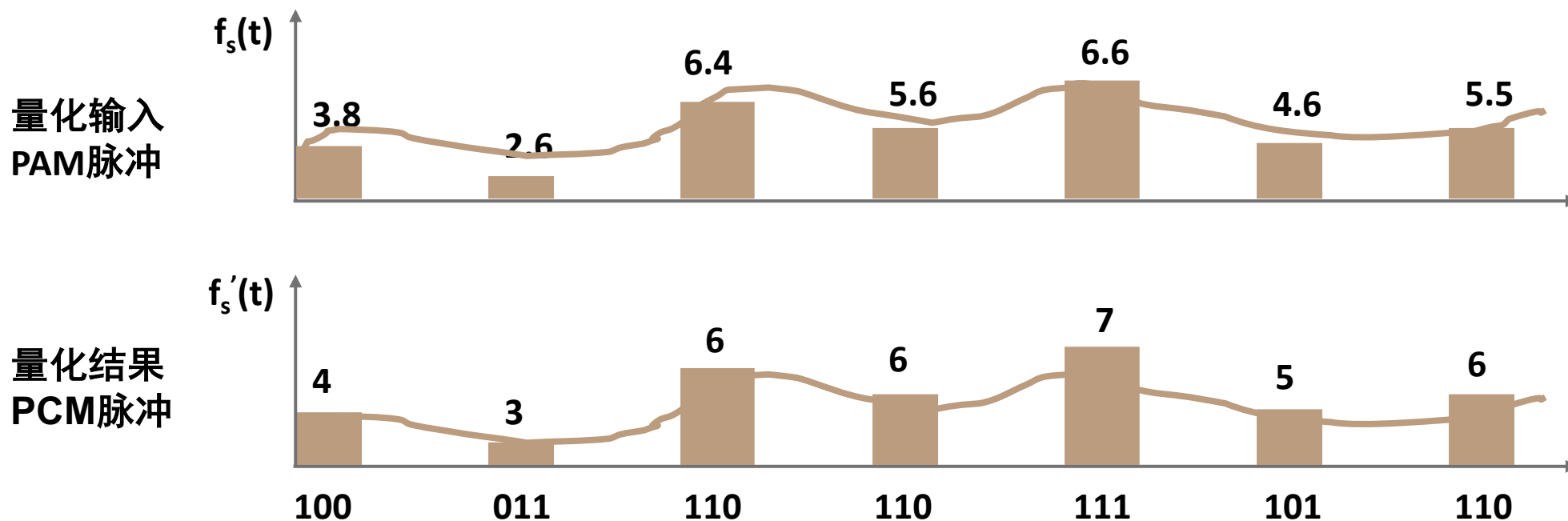
原始样值幅度越大，量化级设定越小，不但量度更精度，产生的量化误差愈小。

?

每个样值用多少比特表示



# 量化输出PCM脉冲



示例2：每个采样值被近似地量化为8个量级中的一个，则PCM输出：

100, 011, 110, 110, 111, 101, 110

示例3：每个采样值被近似地量化为128个量级中的一个，则PCM输出：

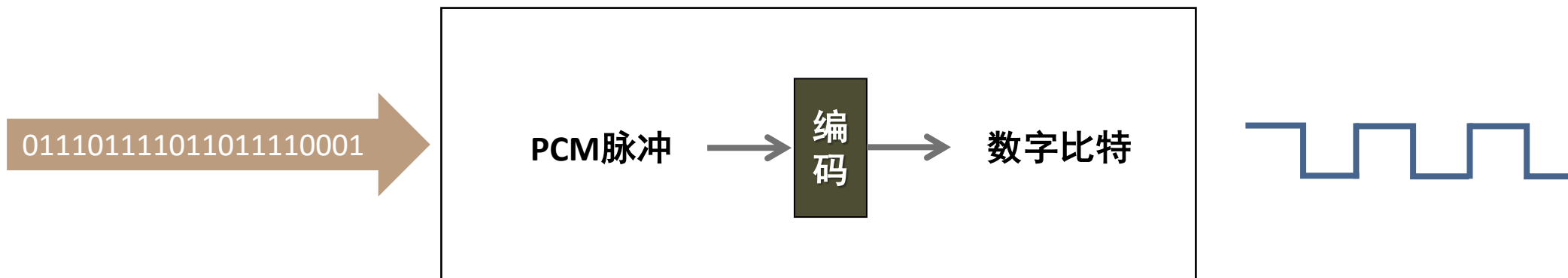
XXXXXXXX, ..., ..., ..., ..., ..., XXXXXXXX





## 第三步：编码

**编码：**使离散的量化样值成为合适的二进制比特码组。



**示例4：**按照奈奎斯特采样定理  
如果对语音进行每秒数 $2 \times 4k$ 次采样就能还原出原始数据，所需的数据传输率为：

$$8000 \text{次} \times 7 \text{比特} = 56 \text{KBps}$$

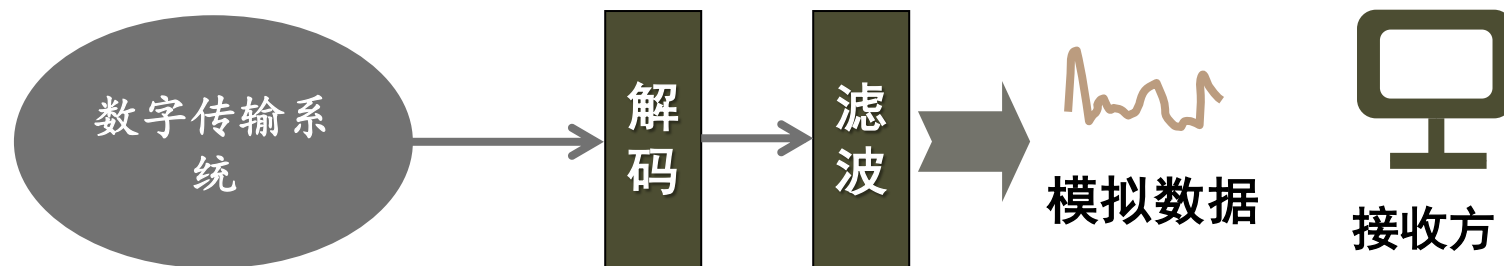
- 由 $n$ 个比特可组成 $2^n$ 个不同的码组，表示量化信号可有 $2^n$ 个不同的数值
- $n$ 越大，在相同的编码信号范围内，其量化级的值就愈小，量化就愈精细。

# 接收端的解码

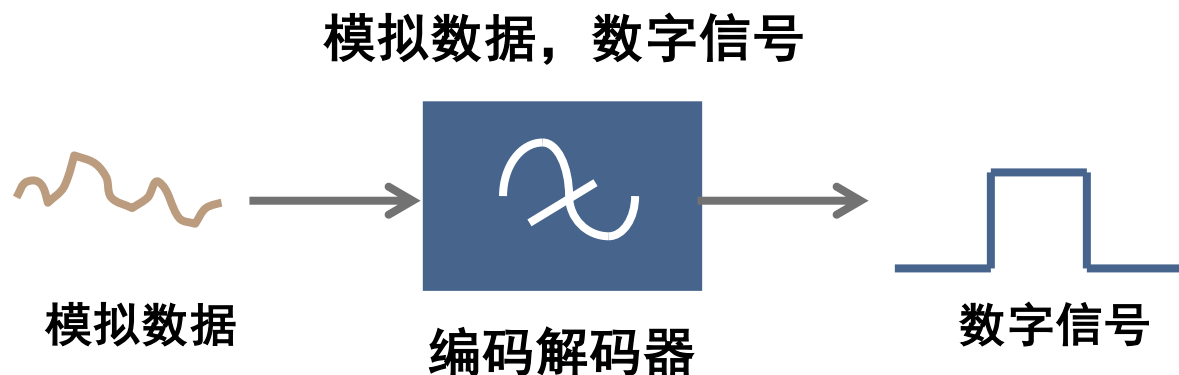
**解码：把数字信号码组变换成相应的电压或电流量，恢复成原量化的样值信号。**

## 接收端

- 数字编码方式（不归零/曼氏）
- 量化级（每个样值多少个比特）



# 编码解码技术小结



- 模拟数据用数字信号传输的关键是数字化过程
- 接收端能否还原出原始数据与采样频率有关
- 量化级决定量化误差从而影响模拟数据的通信质量

