



北京交通大学

# 信号与系统



主讲人：陈后金  
电子信息工程学院



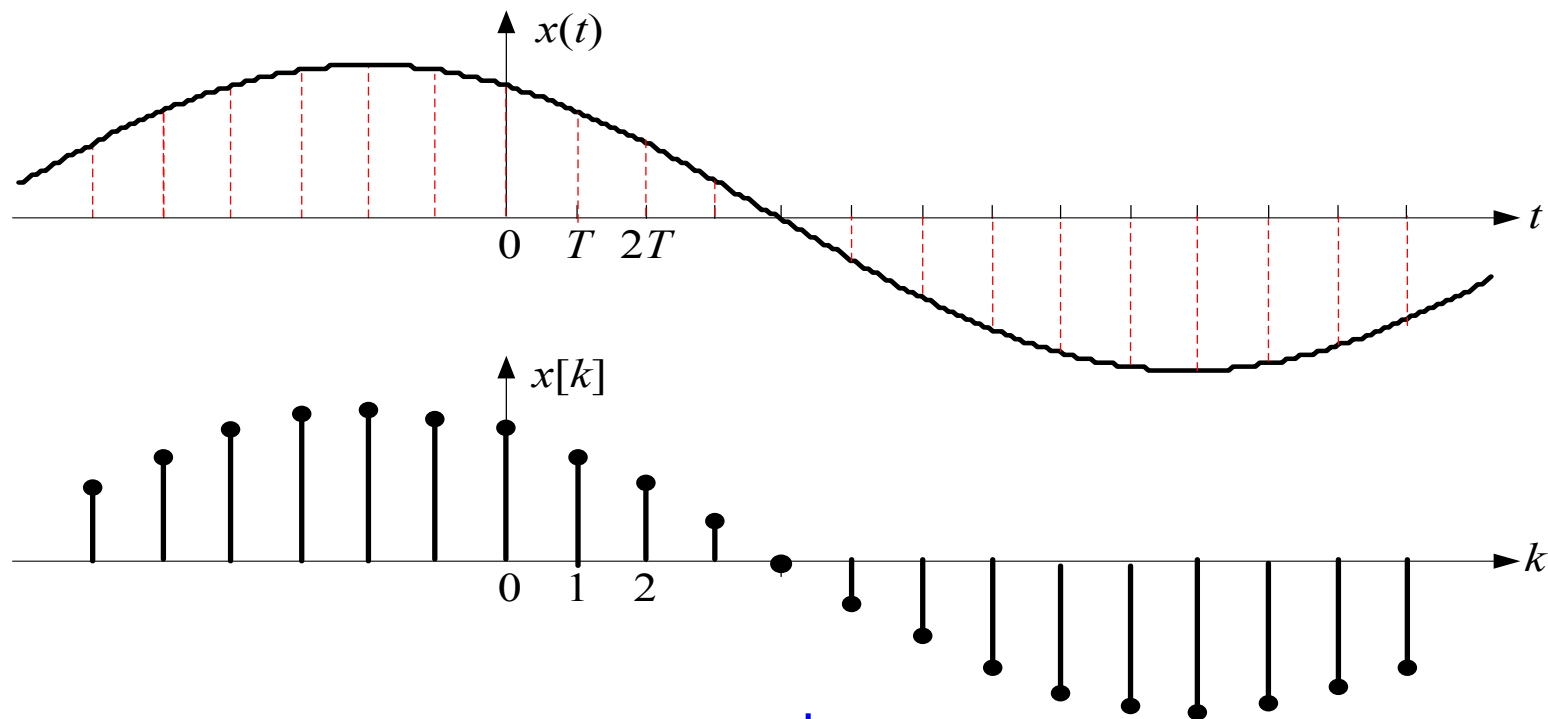
# 连续时间信号的时域抽样

---

- ※ 什么是信号的抽样
- ※ 为什么要进行抽样
- ※ 如何进行信号抽样
- ※ 信号抽样理论分析
- ※ 抽样定理工程应用



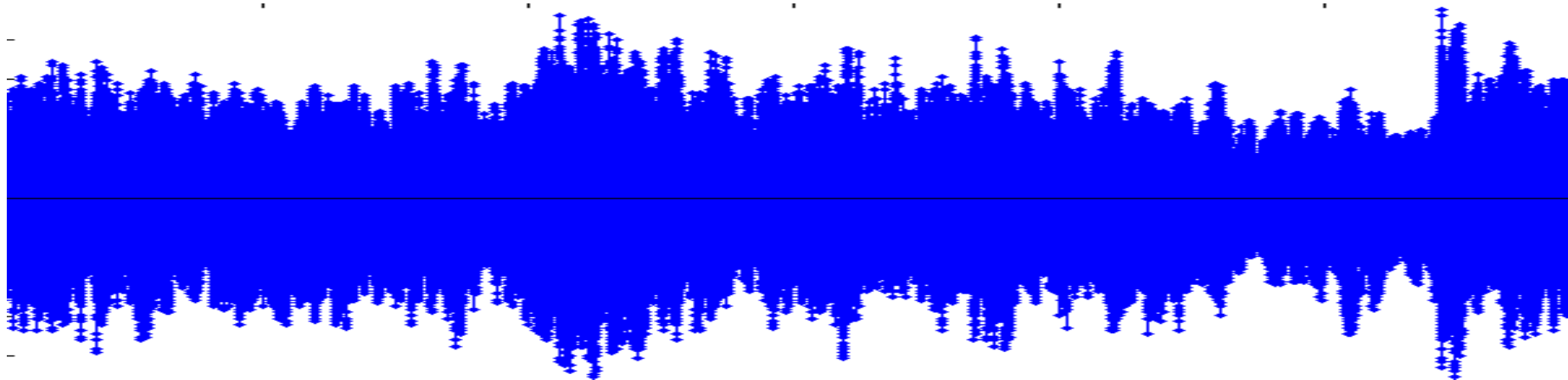
# 1. 什么是信号的抽样



$$x[k] = x(t) \big|_{t=kT}$$



# 1. 什么是信号的抽样



```
[x,Fs,Bits]=wavread('myheart');
```

```
play(x)
```

```
Fs=22,050;  Bits=16
```



# 1. 什么是信号的抽样





# 谁提出信号抽样



Harry Nyquist(1889 – 1976)

Nyquist, 美国物理学家, 1889年出生在瑞典。他对信息论做出了重大贡献。1907年移民到美国并于1912年进入北达克塔大学学习。1917年在耶鲁大学获得物理学博士学位。1917~1934年在AT&T公司工作, 后转入Bell电话实验室工作。

1927年, Nyquist确定了对某一带宽的有限时间连续信号进行抽样, 为不使原波形产生“半波损失”, 抽样率至少应为信号最高频率的2倍, 这就是著名的Nyquist抽样定理。



# 谁提出信号抽样



**Claude Elwood Shannon香农**, 1916-2001, 出生于美国密歇根州, 1940年获MIT数学博士学位和电子工程硕士学位。香农发表了两篇革命性文章, 奠定了信息论的基础。

[1] C. E. Shannon, A mathematical theory of communication, 1948.

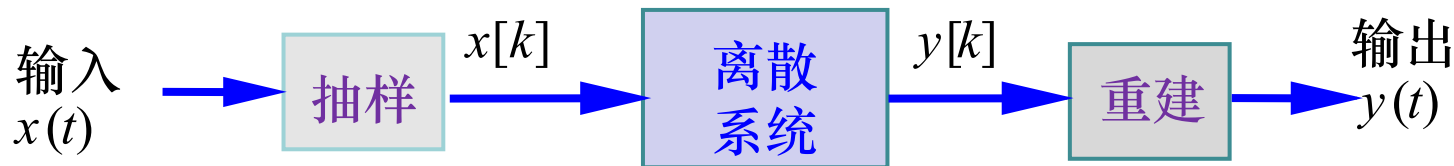
[2] C. E. Shannon, Communication in the presence of noise, 1949.

**V. A. Kotelnikov, 科捷利尼科夫**. 第一个准确系统地阐述抽样定理并应用于通信工程领域的科学家, 他证明了低通信号和带通信号的抽样理论。

[1] V.A.Kotelnikov, On the transmission capacity of 'ether' and wire in electro-communications, 1933.



## 2. 为什么进行信号抽样



利用数字技术处理模拟信号

离散信号与系统的主要优点：

- ※信号稳定性好：数据用二进制表示，受外界影响小。
- ※信号可靠性高：存储无损耗，传输抗干扰。
- ※信号处理简便：信号压缩，信号编码，信号加密等。
- ※系统的精度高：可通过增加字长提高系统的精度。
- ※系统灵活性强：改变系统的系数使系统完成不同功能。





# 数字信号的主要特点

---

※ 易于存储

※ 易于传输

※ 易于处理



# 数字信号的主要特点

易于存储

存储方式

模拟存储

数字存储



录像带



磁带



相机胶卷



DVD



SD卡



硬盘

数字存储优点:

1. 容量大
2. 稳定性好



# 数字信号的主要特点

易于存储

稳定性好



老照片



数码照片（空间离散）



《榴莲歌》  
磁带音质



《榴莲歌》  
CD音质

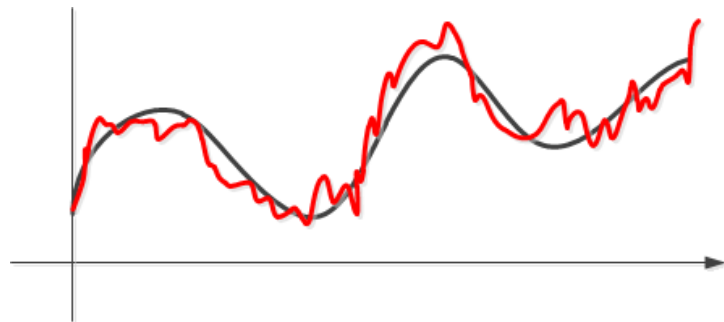
数码存储方式便于  
数据长期稳定保存



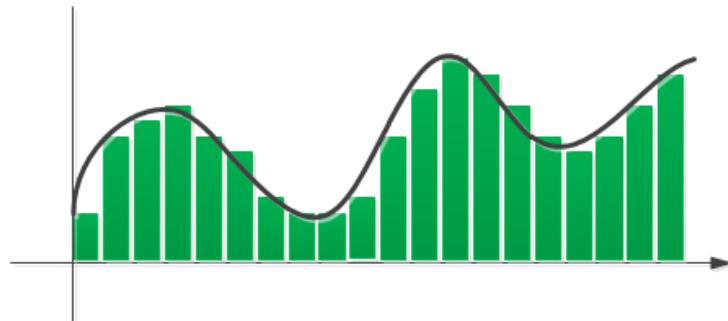
# 数字信号的主要特点

易于传输

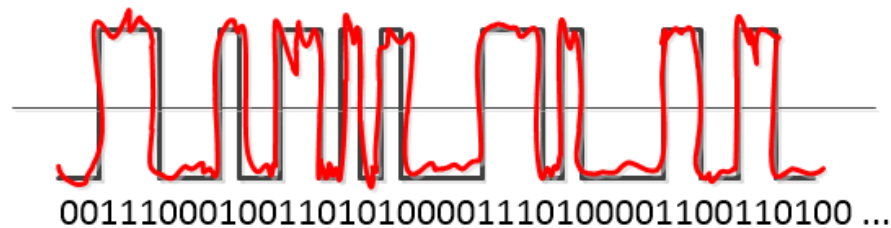
抗干扰能力强



模拟信号传输受到的噪声干扰



数字传输下，信号幅值采用二进制0、1编码。相比模拟信号而言，抗干扰能力强。



数字信号传输受到的噪声干扰



# 数字信号的主要特点

易于传输

抗干扰能力强

例如：中央人民广播电台开篇录音



模拟信号传输



数字信号传输

数字传输有效抵抗  
信道干扰，音质好



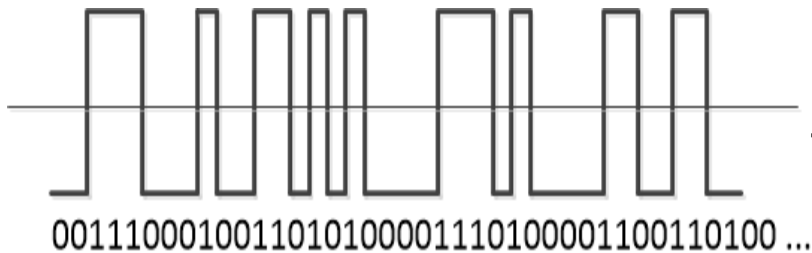
# 数字信号的主要特点

易于处理

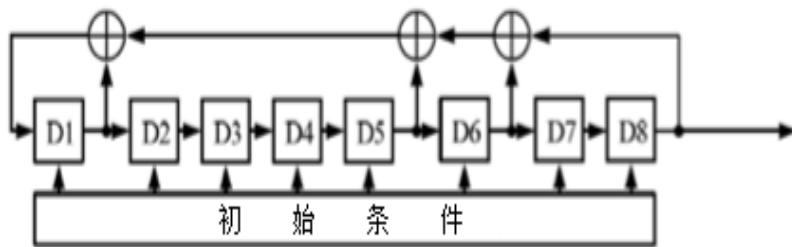
信号加密



语音信号



伪随机码



加密语音

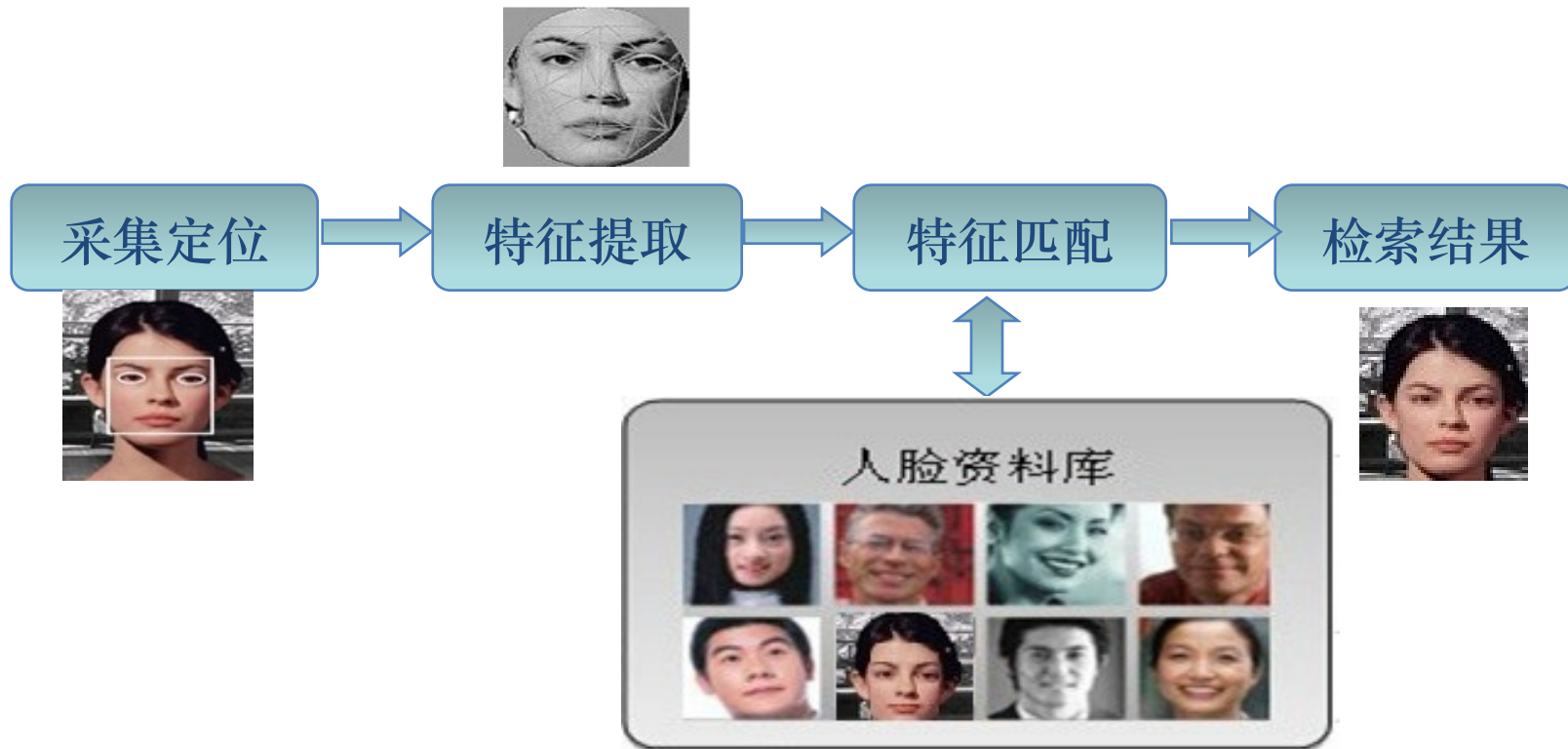
保密性好



# 数字信号的主要特点

易于处理

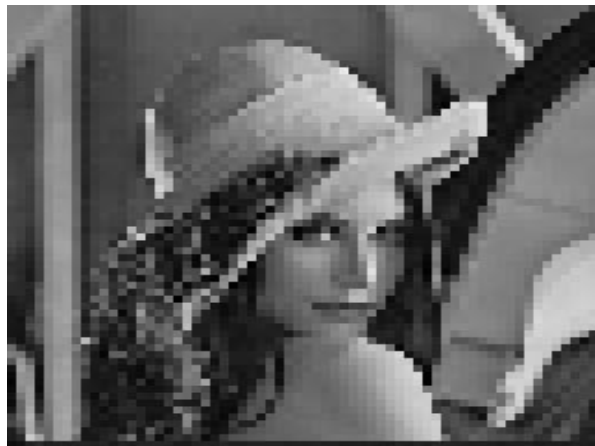
识别检索





### 3. 如何进行信号抽样

#### 抽样间隔对图像的影响







### 3. 如何进行信号抽样

#### 抽样频率对语音信号的影响

$$f_{\text{sam}}=44,100 \text{ Hz}$$



$$f_{\text{sam}}=22,050 \text{ Hz}$$



$$f_{\text{sam}}=11,025 \text{ Hz}$$

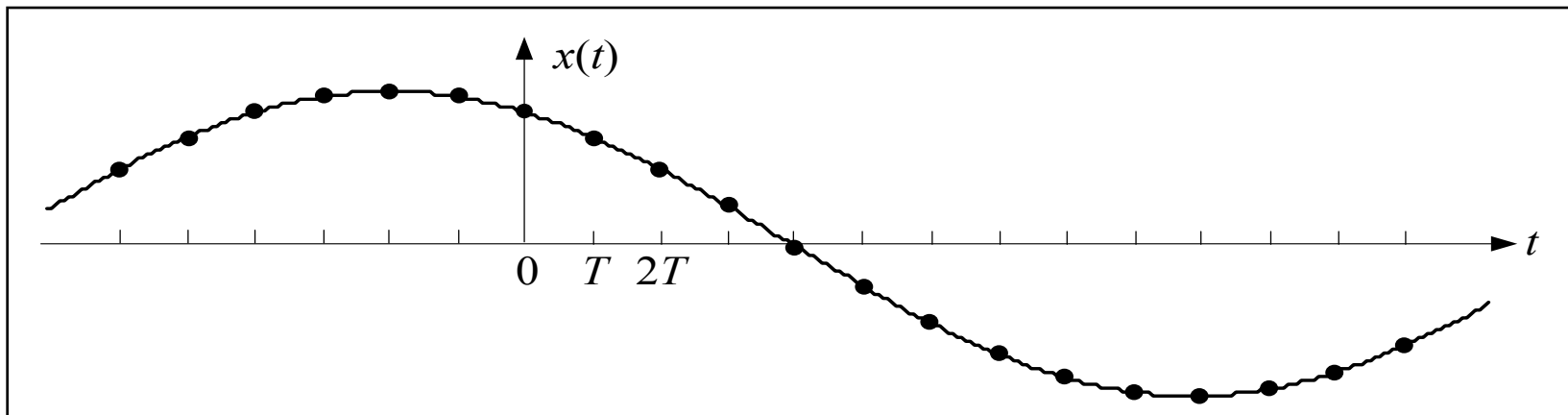


$$f_{\text{sam}}=5,512 \text{ Hz}$$





### 3. 如何进行信号抽样



$$x[k] = x(t) \Big|_{t=kT}$$

如何选取抽样间隔  $T$ ?



# 连续时间信号的时域抽样

---

## 谢 谢

本课程所引用的一些素材为主讲老师多年的教学积累，来源于多种媒体及同事、同行、朋友的交流，难以一一注明出处，特此说明并表示感谢！