

# 常见概念

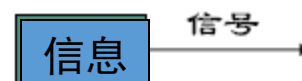
Signal, 信息的表现形式



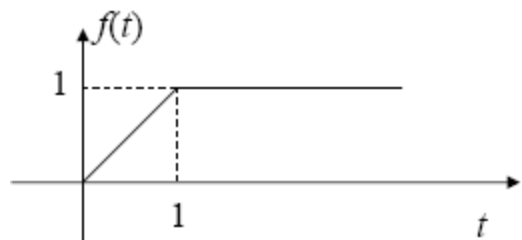
# 1、信号

## ➤概念:

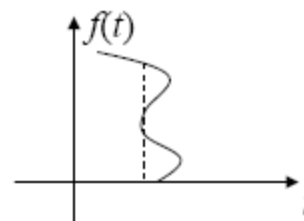
- **消息**: **Message**, 具体内容
- **信息**: **Information**, 消息有效成分
- **信号**: **Signal**, 信息的表现形式
- **函数**: **Function**, 信号表达式 (单值函数)



□ 交通灯信号传递的信息:  
红灯停而绿灯行。



$$f(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ t & 0 \leq t \leq 1 \\ 1 & t > 1 \end{cases}$$



## ■ 信号是传递信息的函数

- 数学上表示成一个或多个独立变量的函数
- 变量: 时间或其它参量
  - 语音信号表示为一个时间变量的函数
  - 静止图像信号表示为两个空间变量的亮度函数

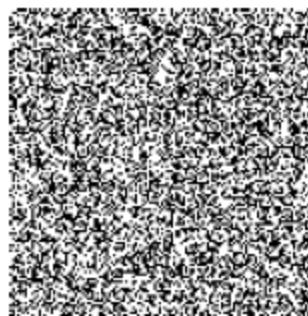
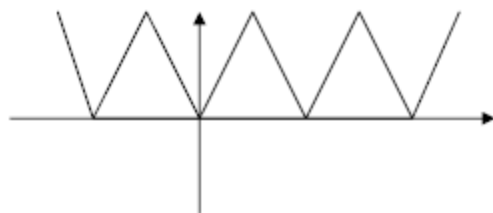


# 1、信号

## ➤ 分类

### ✓ 信号函数表达式确定性

- **确定性信号**：时间的确定函数。用在控制系统中
- **随机信号**：非确定函数，只知其概率特性。用在通信系统中

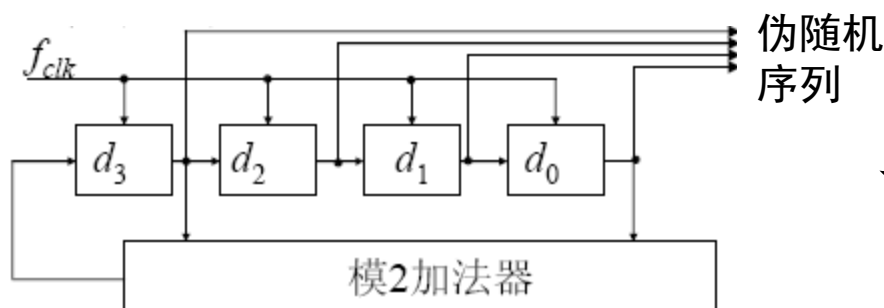
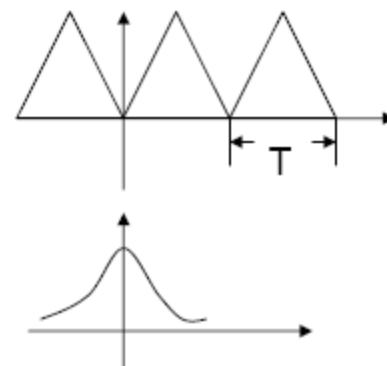


# 1、信号

## ➤分类

### ✓ 周期性

- **周期信号**：满足 $f(t) = f(t \pm nT)$ ， $T$ 为周期
- **非周期信号**：无有限 $T$ 满足上述条件，即 $T \rightarrow \infty$
- **伪随机信号**： $T$ 很大的周期信号



$(1,0,0,0) \rightarrow (1,1,0,0) \rightarrow (1,1,1,0) \rightarrow \dots \rightarrow (0,0,0,1) \rightarrow (1,0,0,0)$

- **混沌信号**：貌似随机但严格遵循某种规律

$$s_{i+1} = 1 - \mu s_i^2 \quad \mu \in [0,2]; s_i \in [-1,1]$$

d1、d2、d3、d4为四级移位寄存器，作用是在时钟脉冲驱动下，将所暂存的"1"和"0"逐级向右移。模二加法器的作用为异或运算。在时钟脉冲的驱动下，四级移位寄存器的暂存数据按顺序改变，输出序列在时钟脉冲作用下做周期性的重复。



# 1、 信号

## ➤分类

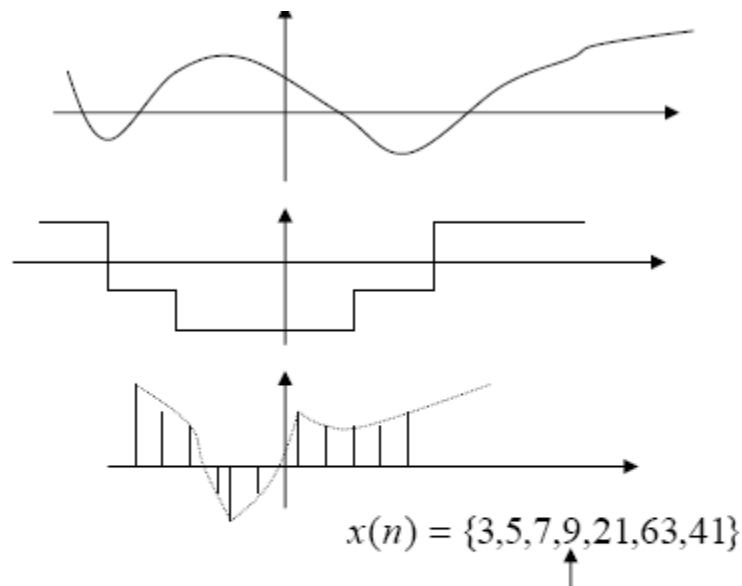
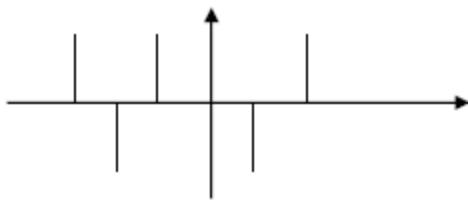
✓ 时间函数取值连续性

### • 连续时间信号

- 模拟：连续幅度
- 离散幅度

### • 离散时间信号

- 抽样：连续幅度
- 数字：离散幅度



# 1、信号

## ➤分类

### ✓ 自变量个数

- 一维：语音， $f(t)$
- 二维：图像， $f(x, y)$
- 三维：视频、立体图像， $f(x, y, t)$ 、 $f(x, y, z)$
- 四维：电磁波、立体视频， $f(x, y, z, t)$



# 1、信号

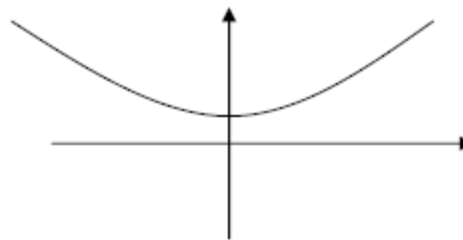
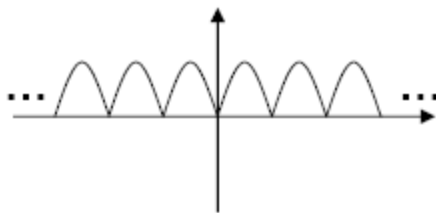
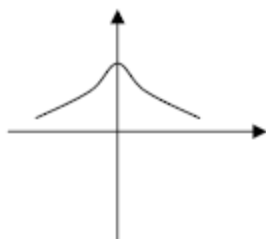
## ➤ 分类

### ✓ 能量和功率特性

• 能量信号:  $E = \int_{-\infty}^{+\infty} |f(t)|^2 dt < +\infty$  (连续)  $E = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} |x(n)|^2 < +\infty$  离散

• 功率信号:  $0 < \bar{P} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-\frac{T}{2}}^{\frac{T}{2}} |f(t)|^2 dt < +\infty$   $0 < \bar{P} = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{2N+1} \sum_{n=-N}^{+N} |x(n)|^2 < +\infty$

• 非能量非功率信号:  $E \rightarrow +\infty; \bar{P} \rightarrow +\infty$



# 1、信号

## ➤ 分类

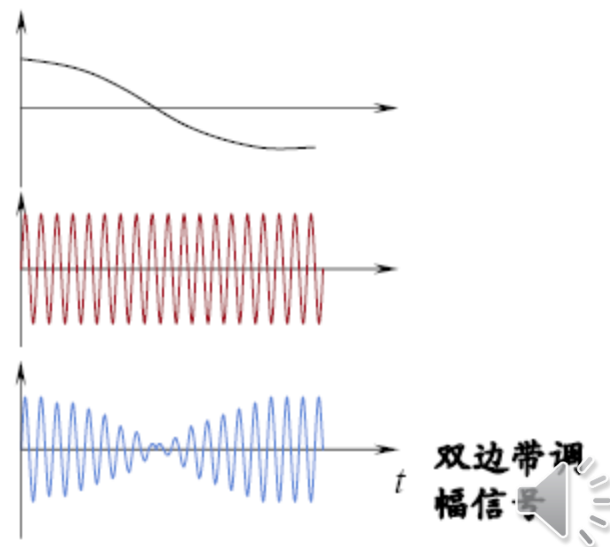
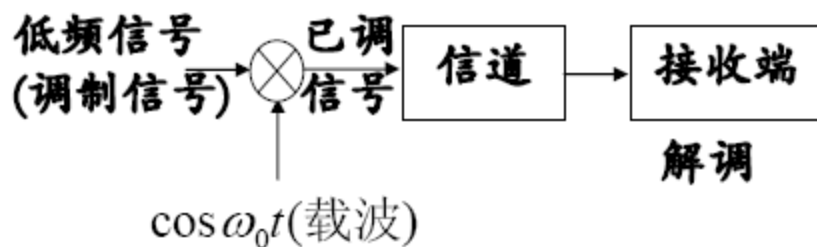
### ✓ 调制系统中

- **调制信号**：要传输的低频信号  $f(t)$ ，调制载波的幅度、频率或相位。
- **载波信号**：高频信号  $\cos \omega_0 t$  或者脉冲信号
- **已调信号**：被低频信号调制后的载波信号

FM (调频)

AM (调幅)

PM (调相)



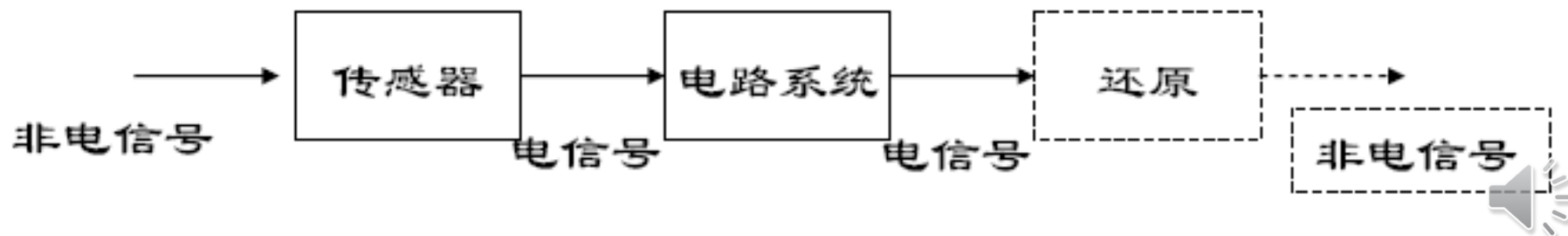


# 1、信号

## ➤分类

- **电信号**：电流、电压、电荷、磁通、电磁波
- **非电信号**：位移、速度、声波、光强、压力、温度

系统通常接受电信号，所以输入端需用传感器将非电信号转为电信号，输出端有时需要还原非电信号。



## 2、系统

### ➤概念

- ✓系统：若干相互作用和相互依赖的事物所组成的具有特定功能的**整体**。（信息领域：通信、控制、计算机系统）
- ✓系统、电路和网络（划分界限已经越来越模糊）
  - **系统**强调功能与特性，关心全局
  - **电路**强调结构与参数，关心局部
  - **网络 (Network)**：一般指电路。也泛指通信网或 Internet



## 2、系统

### ➤信号与系统关系

- 离开信号，系统失去意义、无存在必要
- 信号必须通过系统得以传输和处理

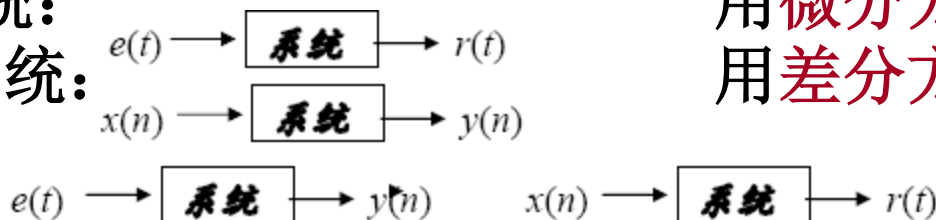
### ➤系统的分类

#### ✓ 输入输出离散性

i) 连续时间系统:

ii) 离散时间系统:

iii) 混合系统:



用微分方程描述  
用差分方程描述

#### ✓□ 有无记忆

i) 即时系统(无记忆): 输出值只决定于同时刻输入。只含R (电路) 或只含摩擦系数f (机械系统), 用代数方程

ii) 动态系统(有记忆): 输出与历史输入有关。含L和/或C (电路), 含m和/或k (机械系统), 用微分、差分方程

R: 电阻    L: 电感    C: 电容



## 2、系统

### ✓ 线性与否？

- i) **线性系统**：叠加性、比例性
- ii) **非线性系统**：不满足

### ✓ 时变与否？

- i) **时变**：输入输出的运算关系随时间变化  $T[x(n)] = y(n)$   
 $T[x(n-m)] = y(n-m)$
- ii) **时不变**：输入输出的运算关系不随时间变化

### ✓ 因果与否？

- i) **因果系统**：输出变化出现在输入变化之后； $t = t_0$  时响应只与  $t < t_0$  及  $t = t_0$  时输入有关；例如  $r(t) = e(t-1)$
- ii) **非因果系统**：例如  $r(t) = e(t+1)$



## 2、系统

### ✓稳定性

i) **稳定**: 有界输入→有界输出

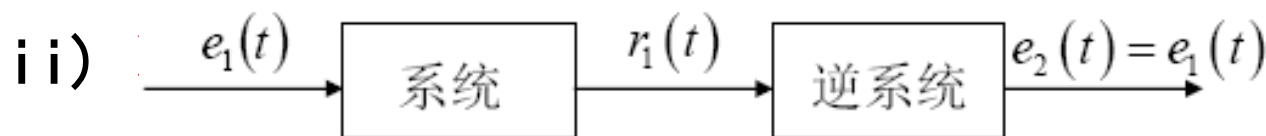
$$|e(t)| \leq M \Rightarrow |r(t)| \leq K \quad -\infty < t < +\infty$$

ii) **不稳定**: 有界输入可能产生无界输出

### ✓可逆性

i) **可逆**: 不同激励不同响应

$$r(t) = 5e(t)$$



$$r(t) = e^2(t)$$



## 2、系统

### ➤线性时不变系统

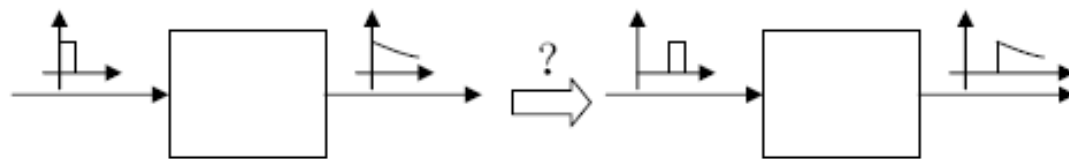
- 满足叠加性:

$$e_1(t) \rightarrow r_1(t) \quad e_2(t) \rightarrow r_2(t) \Rightarrow e_1(t) + e_2(t) \rightarrow r_1(t) + r_2(t)$$

- 满足均匀性:

$$e(t) \rightarrow r(t) \Rightarrow ae(t) \rightarrow ar(t)$$

- 满足时不变特性:  $e(t) \rightarrow r(t) \Rightarrow e(t - t_0) \rightarrow r(t - t_0)$



- 因果特性: 线性时不变系统未必就满足因果性。

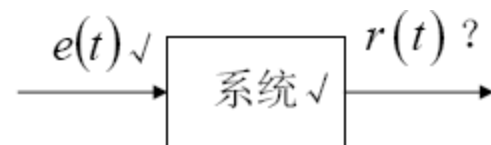
条件:  $t < 0$  时  $h(t) = 0$ ,  $n < 0$  时  $h(n) = 0$  <例子  
 $r(t) = e(t+1)$



## 2、系统

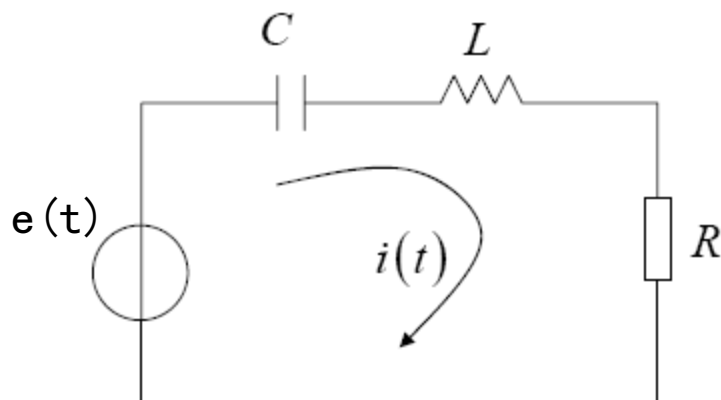
➤ **系统分析**：已知  $e(t)$  和系统求响应  $r(t)$

✓ 步骤

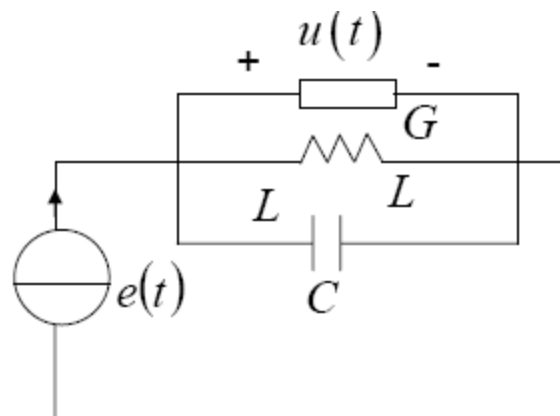


i) **建立数学模型**：用框图或数学表达式描述。

- 相同系统在不同条件下形式可能不同；
- 不同物理系统有时可用相同模型描述。



$$LC \frac{d^2 i}{dt^2} + RC \frac{di}{dt} + i = C \frac{de}{dt}$$



$$LC \frac{d^2 u}{dt^2} + LG \frac{du}{dt} + u = L \frac{de}{dt}$$



## 2、系统

ii) **求解数学模型**：已知数学模型和输入激励（还需考虑起始状态：电容的起始电压，电感的起始电流）

✓ 方法

i) **描述方法**：输入—输出描述法、状态变量描述法

ii) **求解方法**：时域（经典、卷积、数值）和变换域（频域、复频域、Z域、FFT）；非线性方法（人工神经网络、遗传算法、模糊理论）

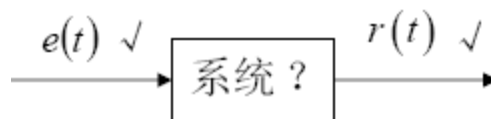




## 2、系统

### ➤ 系统综合

- ✓ 已知激励和响应，求系统
- ✓ 关系：分析是综合的基础



- ### ➤ 系统工程学：利用系统理论设计和优化系统工程



# 3、信号处理

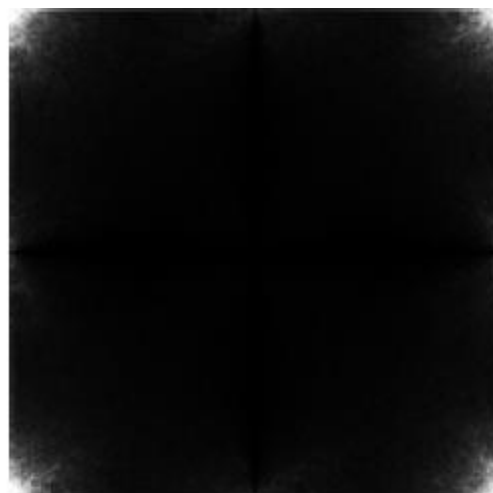
➤ **含义**：进行一定的加工和变换以方便信号分析、传输和存储，提高信号质量或传输性能。

➤ **变换**（源自信号的正交分解）：

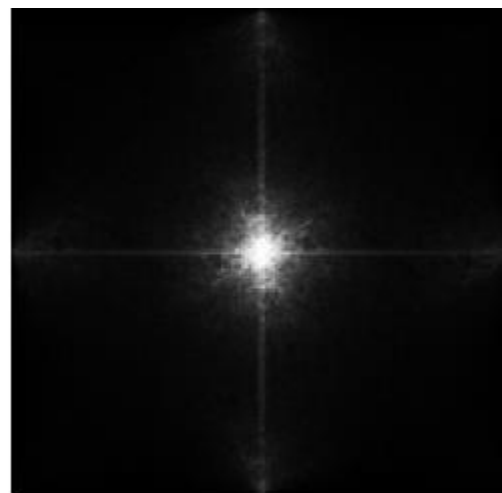
傅氏变换、拉氏变换、Z变换、DTFT、DFT、DCT、DWT



$f(x, y)$



$F(u, v)$

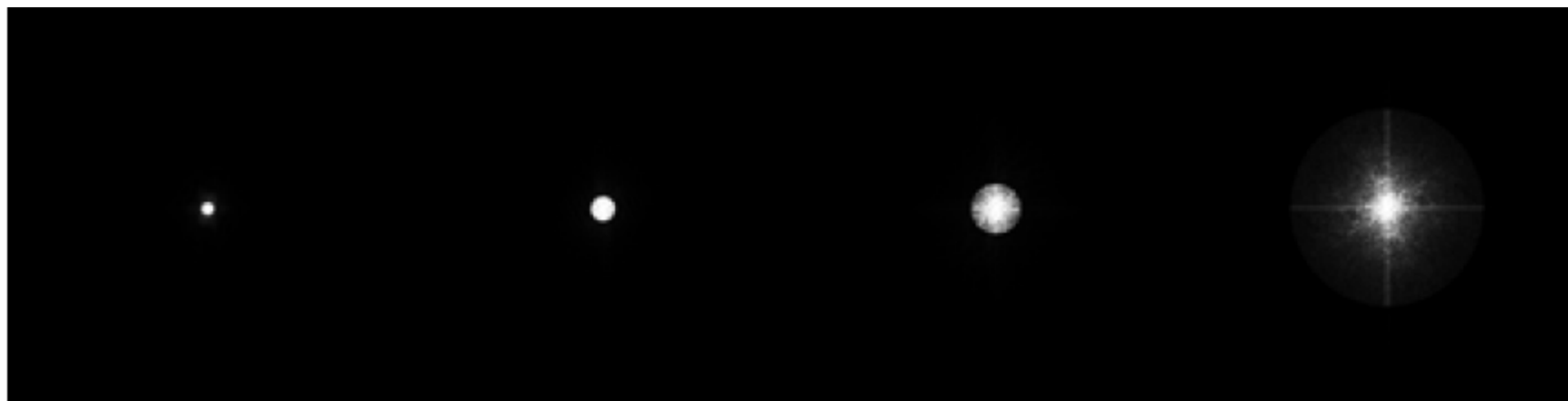


$F(u - \frac{N}{2}, v - \frac{M}{2})$

中心部分（uv坐标系中点(0,0)附近）表示原图像中的低频部分。

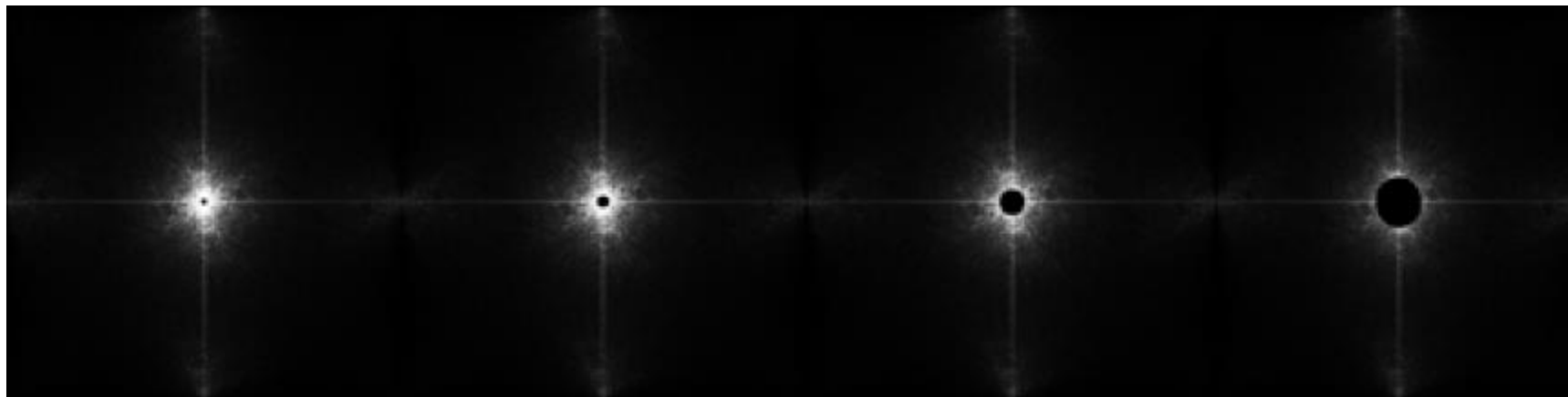
# 3、信号处理

- 低通滤波效果



# 3、信号处理

- 高通滤波效果



### 3、信号处理

- 滤波：去除信号中的噪声，有时用于增强和压缩



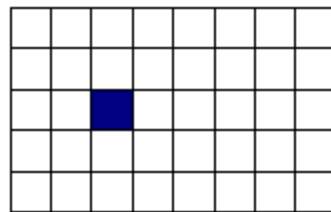
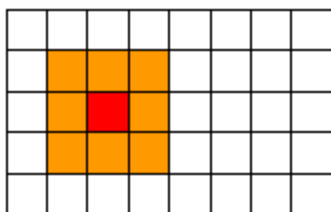
3%椒盐噪声干扰的噪声图像



用3×3大小窗口邻域平均法进行滤波的结果



用3×3大小窗口中值滤波处理后的结果



{9, 7, 6, 9, 11, 12, 7, 9, 3}  
{12, 11, 9, 9, 9, 7, 7, 6, 3}

→  $1/9(9+7+6+9+11+12+7+9+3)=8$   
→ 取中值9



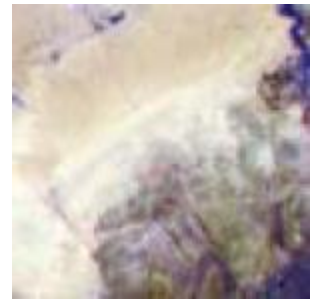
### 3、信号处理

- 压缩：减少存储空间和传输负担。

例1：传递 (...15, 15, 15, 15, 17, 17, 17, 18, 18...)  
无损压缩用 (4, 15, 3, 17, 2, 18) 有损压缩用  
(9, 16)

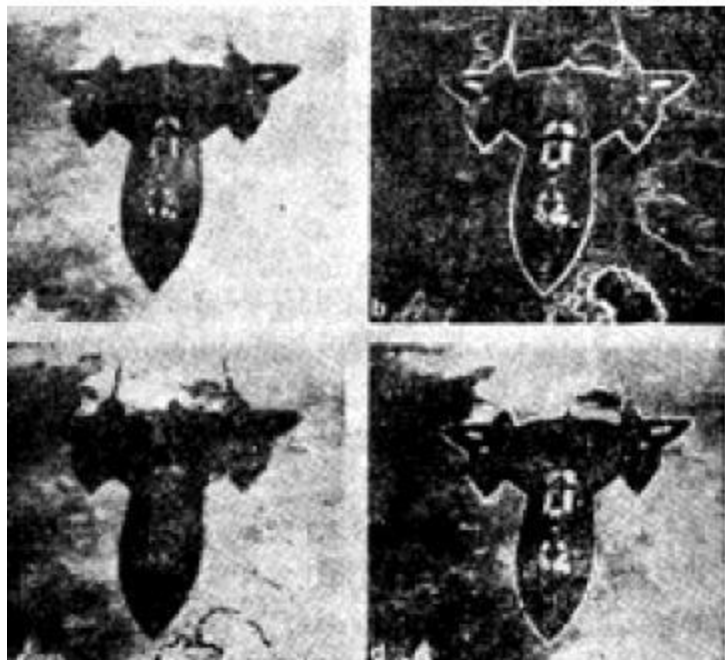
例2：图像/视频压缩原理

- 为什么要压缩？ 数据量大
- 为什么能压缩？ 有冗余
- 目的：消除冗余，降低码速率。
- 分类：有损和无损。



### 3、信号处理

- **增强：**增强信号中人们感兴趣的部分，例如：加强图像中景物的边缘和轮廓。



其基本方法：微分方法、高通滤波





### 3、信号处理

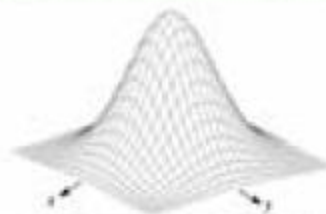
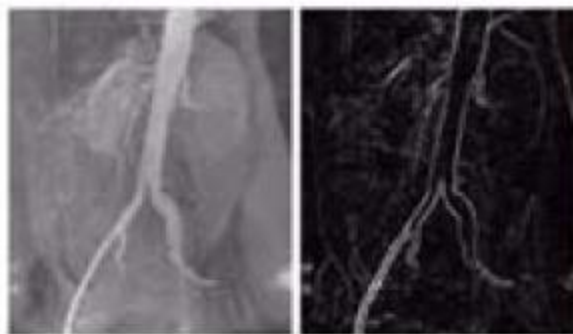
- 分割：将原数据分割或分解成有特定意义或语义的各个部分



原始图像



分割结果  
( $T=170$ )



-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1



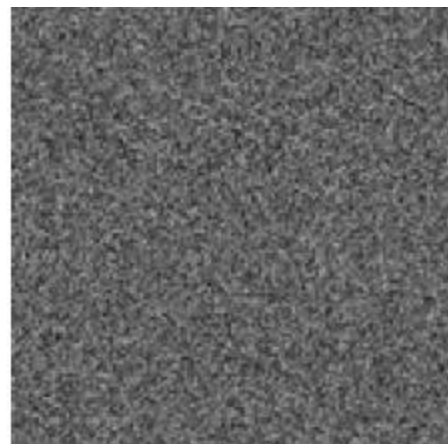


### 3、信号处理

- 加密：保护所传的数据不被非法获得



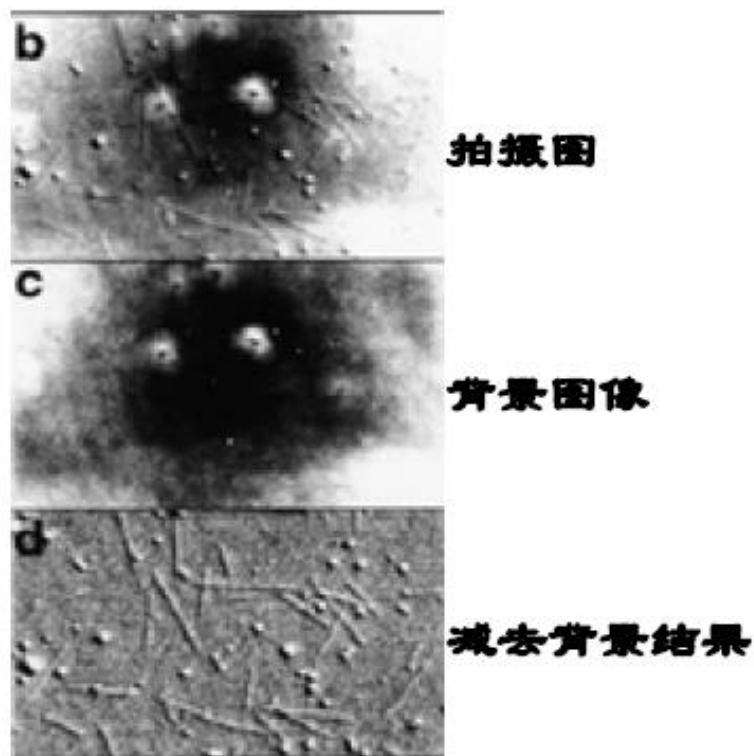
加密  
→



## 4、信号分析

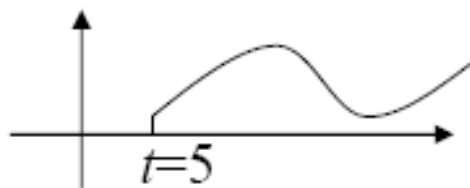
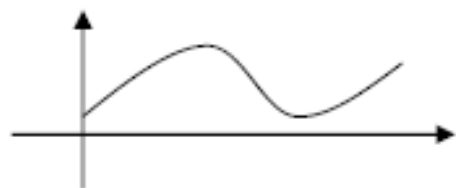
### 研究信号的基本性能

- **信号描述：**用函数表达式或图
- **信号运算：**加减乘除，卷积，相关等。如相减用于前景提取或运动目标识别



# 4、信号分析

- **信号分解**：分解为基本信号之和，便于研究信号传输特性和处理问题
- **频谱分析**：研究信号中包含的频率成分
- **相关分析**：研究两个信号在不同延时时刻的相似程度



$$\int_{-\infty}^{+\infty} f_1(\tau) f_2(t + \tau) d\tau$$

- **信号检测**：信号分析重要分支，如地震信号检测、水印信号检测、目标识别、图像理解、语音识别

