北京化工大学

Beijing University of Chemical Technology

信号与系统

第一章 信号与系统基本概念

主讲教师：袁洪芳

主要内容 CONTENTS

1 信号的定义、分类和典型信号

2 信号的基本运算

3 典型信号之奇异信号

4 信号的分解

5 系统的定义、分类和描述

6 应用matlab分析信号的基础

1 信号的定义描述和分类

-- 信号的定义

-- 信号的描述

-- 信号的分类

-- 典型连续信号和离散序列

1.1 信号的定义

发送端消息 → 发送端信号

接收端信号 → 接收端消息

信号是消息的表现形式与传送载体　消息是信号的传送内容

信息是消息中赋予人们的新知识和新概念

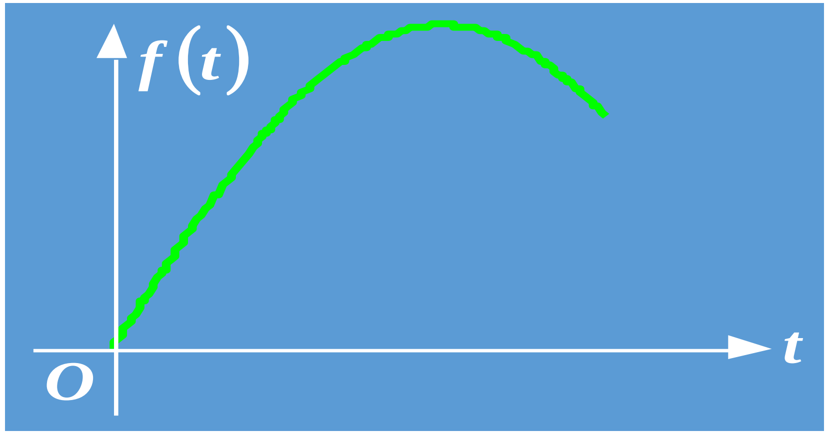
电信号

是应用最广泛的物理量，如电压、电流等，能传送声音、图像、文字、数据等。

（1）公式法（函数法/闭式-closed form）——用数学表达式描述信号随时间的变化

$$f(t) = \sin t + te^{-2t}$$

（2）图形法（波形法）
——用图形描述信号随时间的变化



（3）枚举法（表格法）——用枚举或表格描述信号随时间的变化

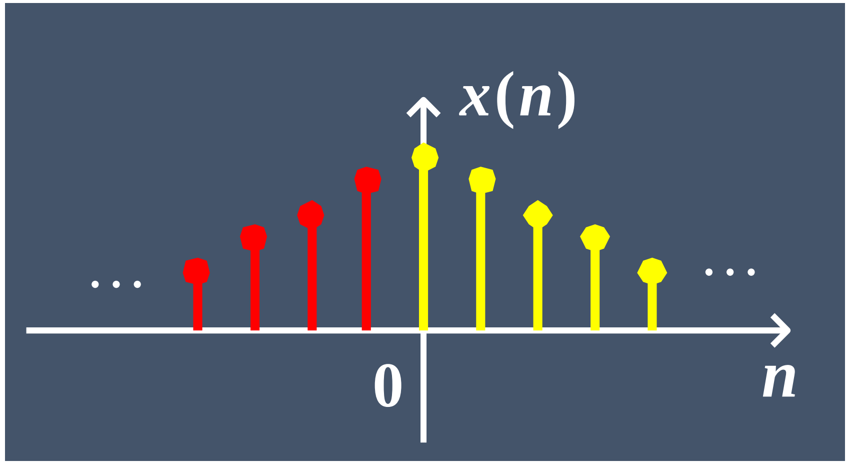
$f(t)$	0.31	0.42	0.56	0.67	0.79	0.56	0.43	0.32	0.2
t	1	2	3	4	5	6	7	8	9

（1）公式法（函数法/闭式-closed form）——用序列表达式描述信号随时间的变化

$$x(nT) = a^n u(n) \qquad n = 0, \pm1, \pm2, \cdots$$

（2）图形法（波形法）

——用图形描述信号随时间的变化



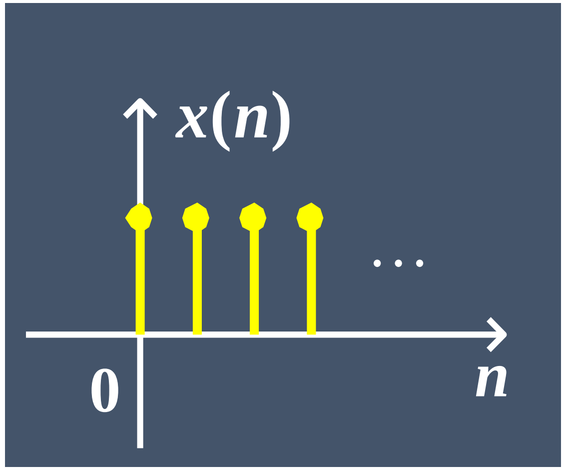
（3）数字序列法——用数字序列描述信号随时间的变化

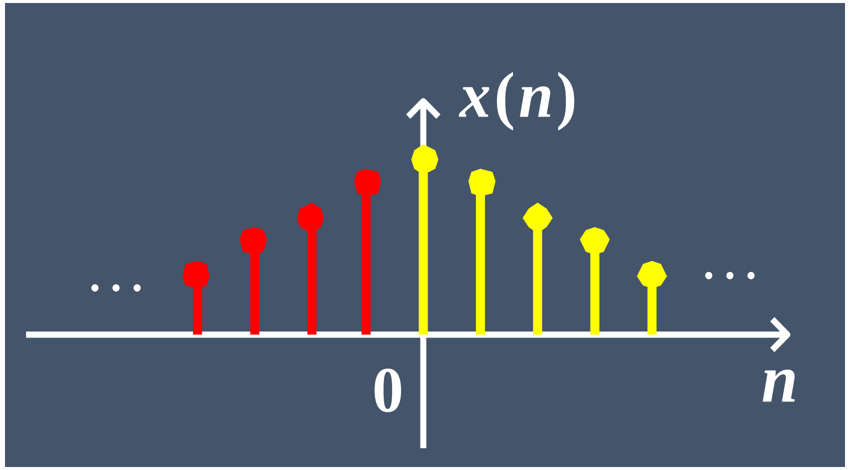
数字序列 $\left\{ \cdots 0.9,\ \underset{\substack{\uparrow \\ n=0}}{0.8},\ 0.3,\ 0.1 \cdots \right\}$

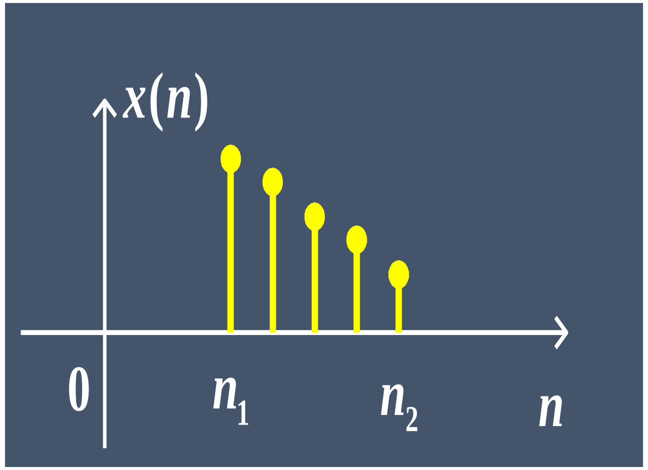
单边序列：$n \geq 0$;

双边序列：$-\infty \leq n \leq \infty$;

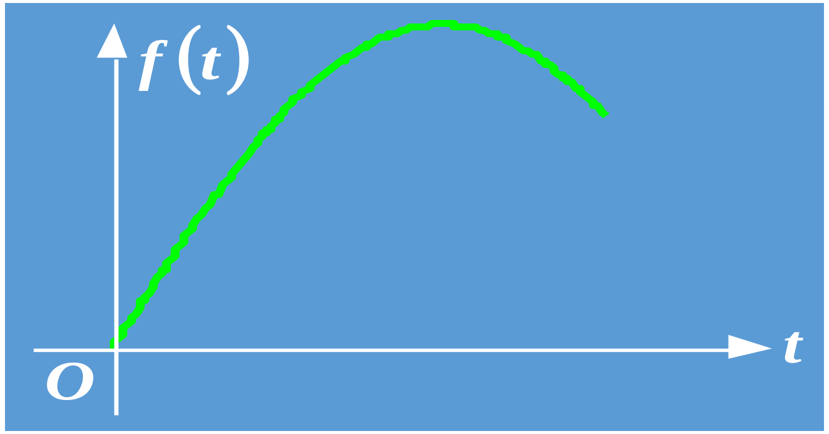
有限长序列：$n_1 \leq n \leq n_2$;





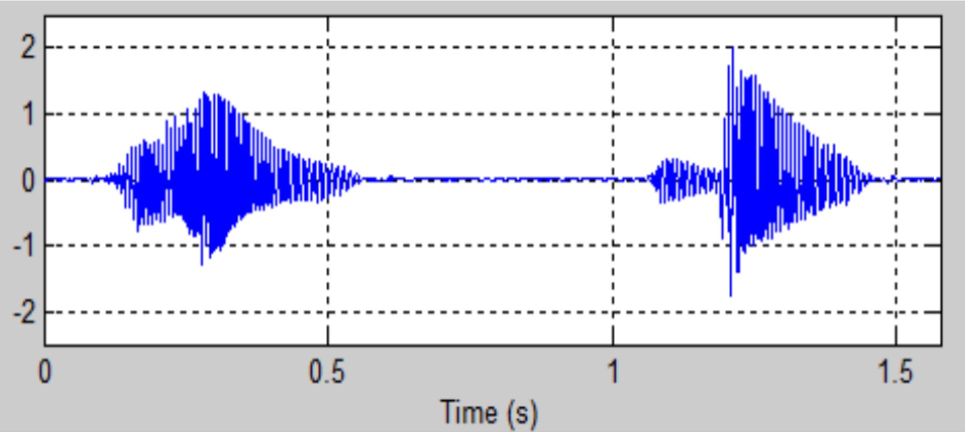


(1) 确定性信号——除若干不连续点外对于确定的时间t，可有确定的函数值



$$f(t) = \sin t + te^{-2t}$$

(2) 随机信号具有未可预知的不确定性包括平稳随机信号和非平稳随机信号



语音信号

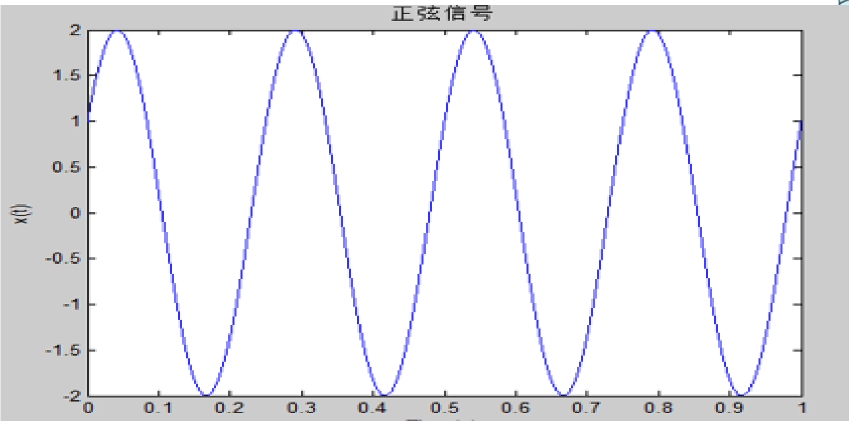
(3) 伪随机信号——貌似随机而遵循严格规律产生的信号（伪随机码）

1.3 信号分类—按周期性分类

（1）周期信号

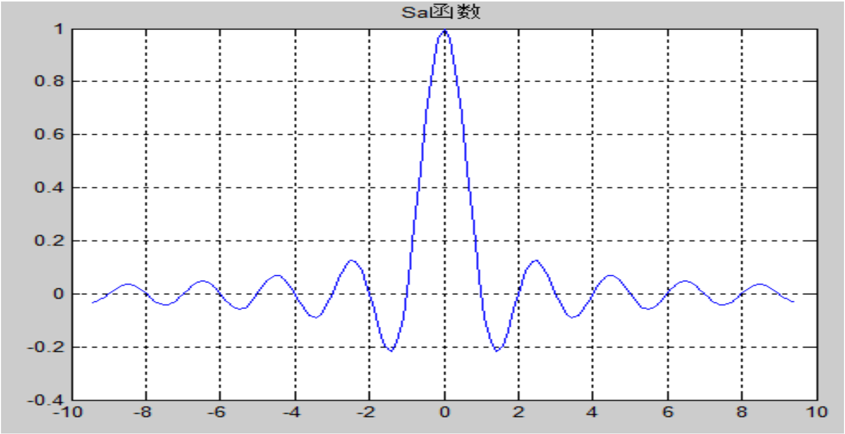
正弦周期信号（简谐信号）$f(t) = \sin t$

复杂周期信号$f(t) = f(t + \mathrm{T})$



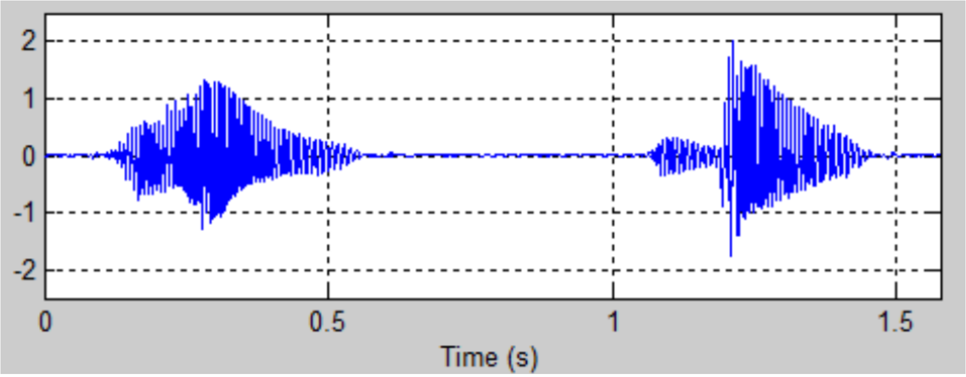
（2）非周期信号

准周期信号和瞬态信号（脉冲、衰减函数）

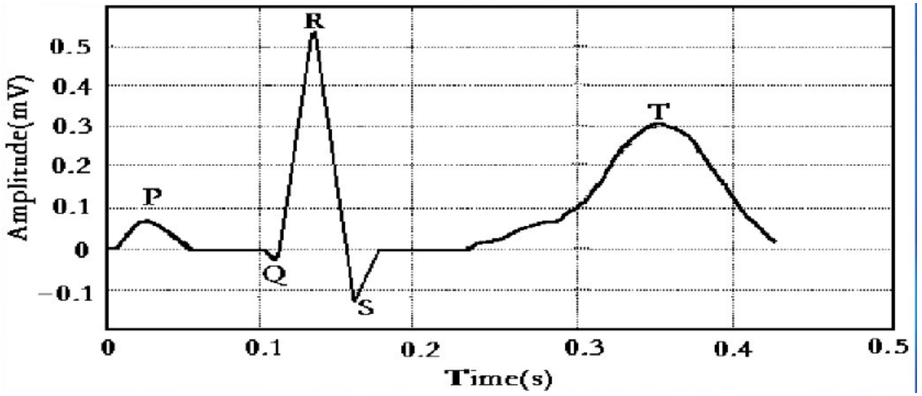


除准周期信号外的一切可以用时间函数描述的非周期信号都是瞬态信号

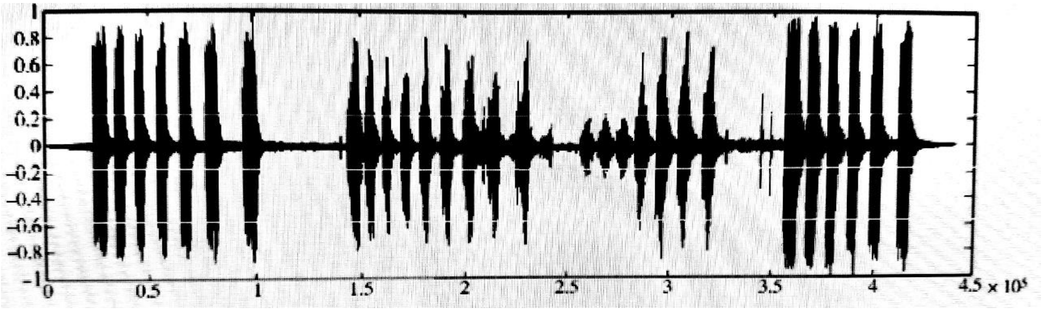
1.3 信号分类—按实际用途分



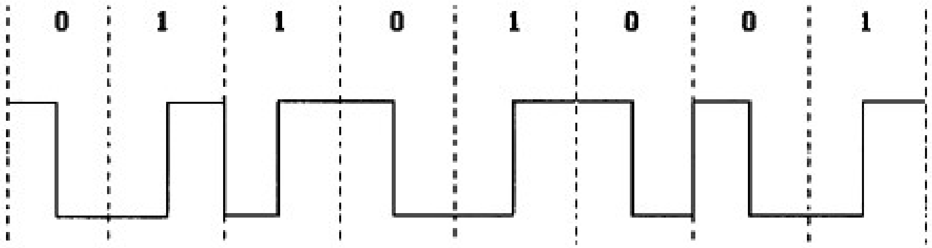
语音信号



心电信号

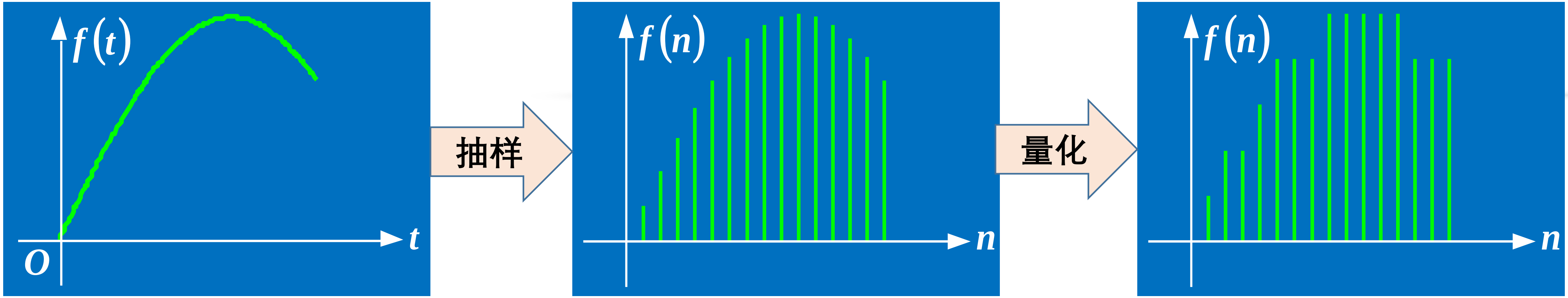


鸟叫信号



图像信号

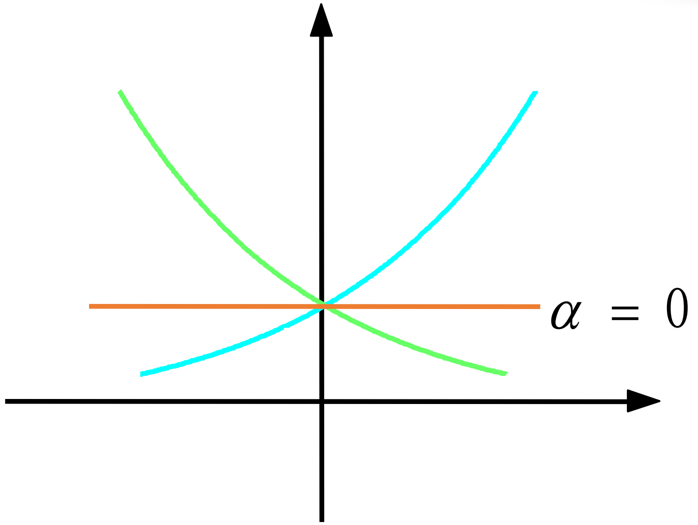
模拟信号　　抽样信号（离散信号）　　数字信号

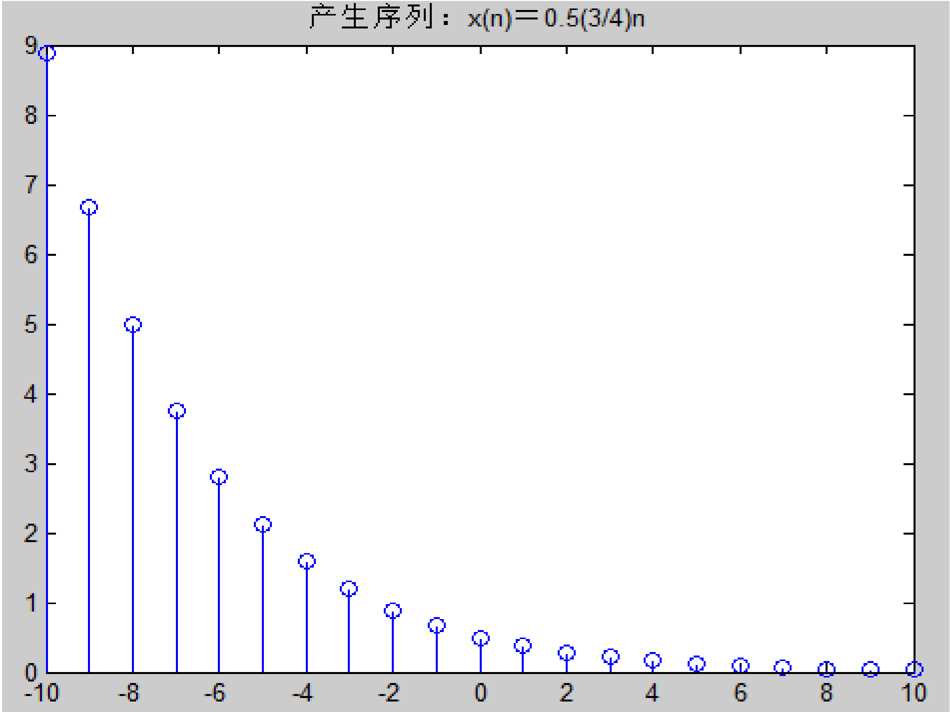


时间和幅值均为连续的　　时间是离散的，幅值是连续的　　时间和幅值均为离散的

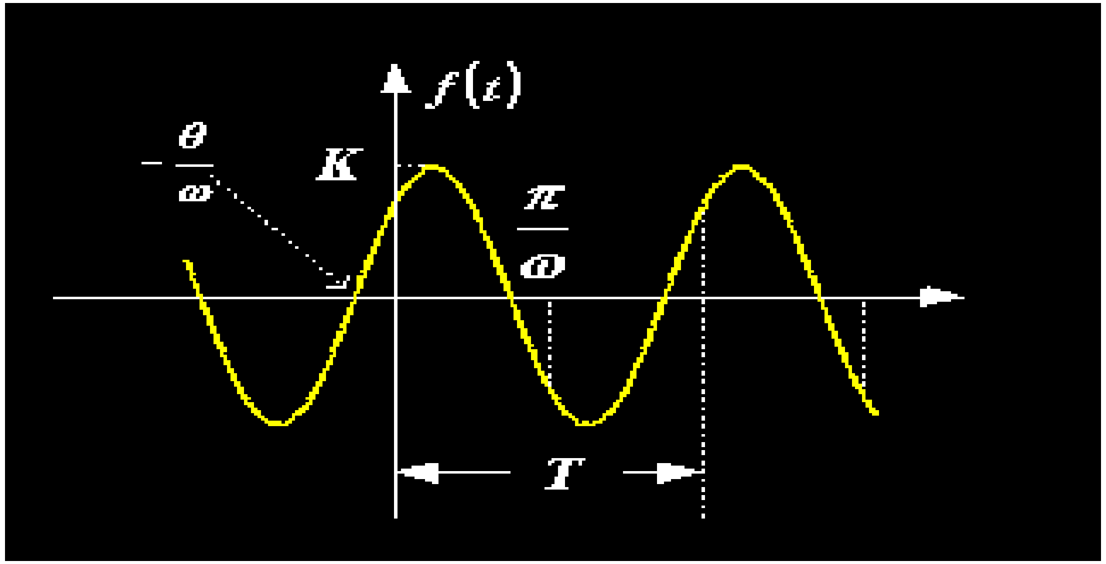
$$x(n) = \mathrm{a}^n$$

$$f(t) = Ke^{\alpha t}$$





$$f(t) = K\sin(\omega t + \theta)$$

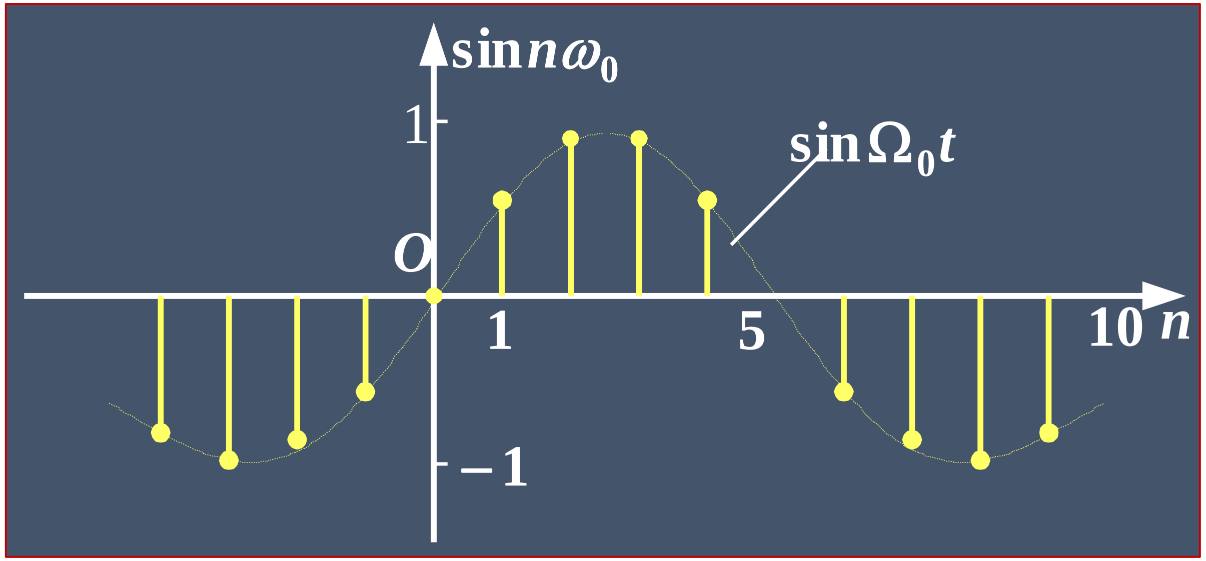


振幅：K 初相：θ

角频率：$\omega = 2\pi f$ 频率：f 周期：$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{1}{f}$

1.4 典型信号—正弦信号和正弦序列

$x(n) = \sin n\omega_0$



$x(nT) = \sin \Omega_0 nT$

离散序列是周期序列必须满足以下公式

其中N为序列的周期，为任意正整数

$x(n+N) = x(n)$

Ω_0模拟角频率，ω_0离散域的频率

$f(t) = \sin 2\pi f_0 t = \sin \Omega_0 t$

(1) $\dfrac{2\pi}{\omega_0}=N$, N是正整数 $\sin\omega_0(n+N)=\sin\omega_0\left(n+\dfrac{2\pi}{\omega_0}\right)=\sin(\omega_0 n+2\pi)=\sin\omega_0 n$

序列是周期的，周期为N

(2) $\dfrac{2\pi}{\omega_0}=\dfrac{N}{m}$, $\dfrac{N}{m}$为有理数 $\sin\omega_0(n+N)=\sin\omega_0\left(n+m\dfrac{2\pi}{\omega_0}\right)=\sin(\omega_0 n+m\cdot 2\pi)=\sin\omega_0 n$

序列是周期的，周期为 $m\dfrac{2\pi}{\omega_0}$

(3) $\dfrac{2\pi}{\omega_0}$为无理数

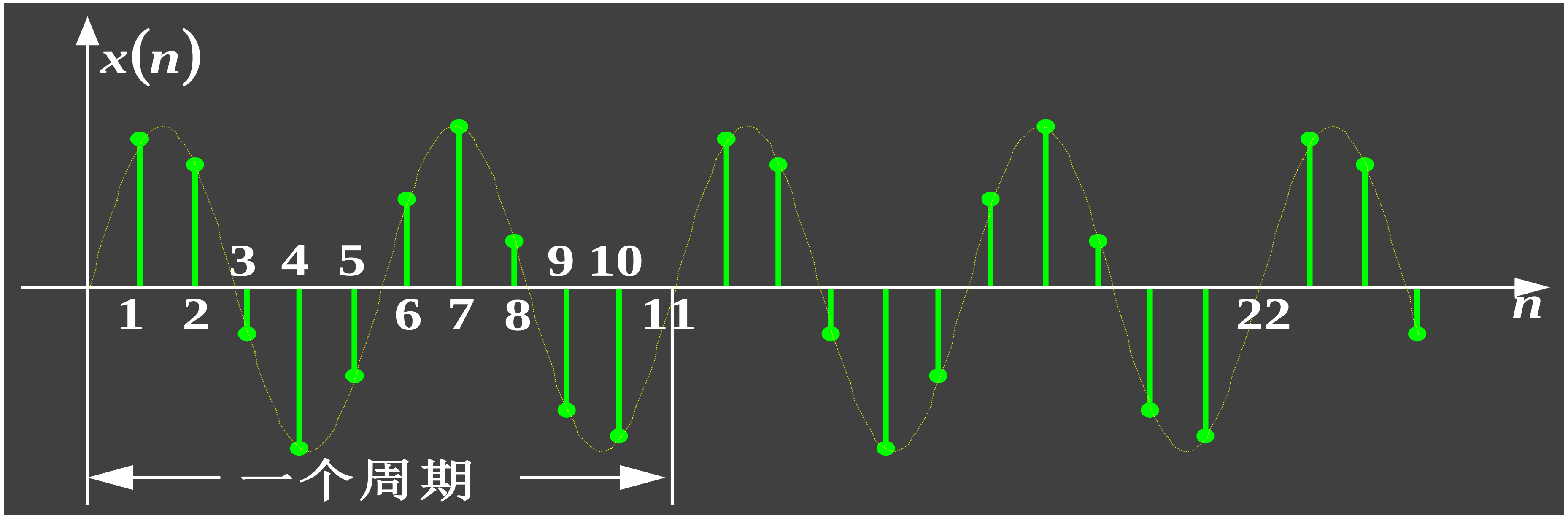
序列是非周期的

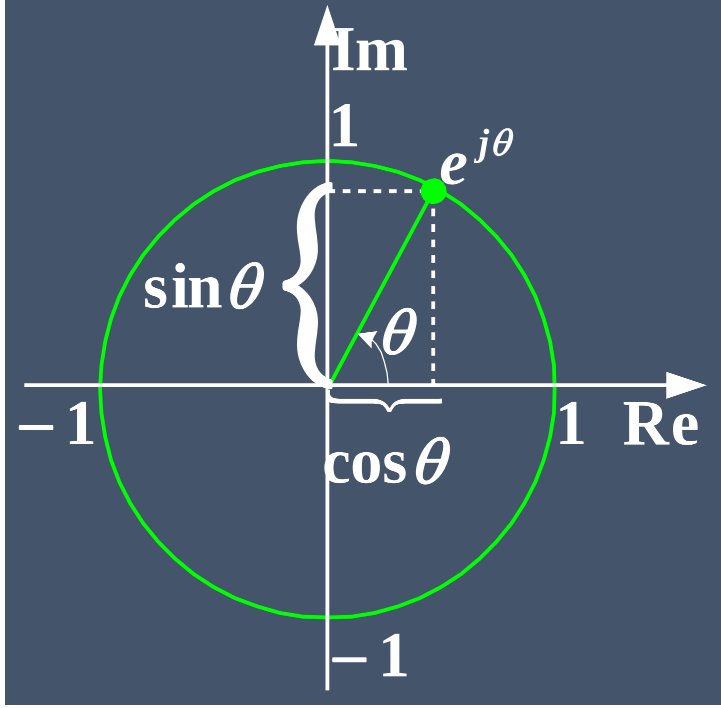
1.4 典型信号—判断序列是否周期

例：已知：$\sin\frac{4\pi}{11}n$， 求其周期.

$$\omega_0=\frac{4\pi}{11},\quad 则有：\frac{2\pi}{\omega_0}=2\pi\frac{11}{4\pi}=\frac{11}{2}=\frac{N}{m}$$

周期为11，m=2





欧拉公式

$$e^{j\theta} = \cos\theta + j\sin\theta$$

$$\left|e^{j\theta}\right| = 1$$

$$\angle e^{j\theta} = \theta$$

用正余弦信号表示复指数信号

$$e^{j\omega t} = \cos\omega t + j\sin\omega t$$

$$e^{-j\omega t} = \cos\omega t - j\sin\omega t$$

用复指数信号表示正余弦信号

$$\cos\omega t = \frac{1}{2}\left(e^{j\omega t} + e^{-j\omega t}\right)$$

$$\sin\omega t = \frac{1}{2j}\left(e^{j\omega t} - e^{-j\omega t}\right)$$

1.5 典型信号—复指数信号和复指数序列

$$f(t) = Ke^{st} \quad (-\infty < t < \infty)$$

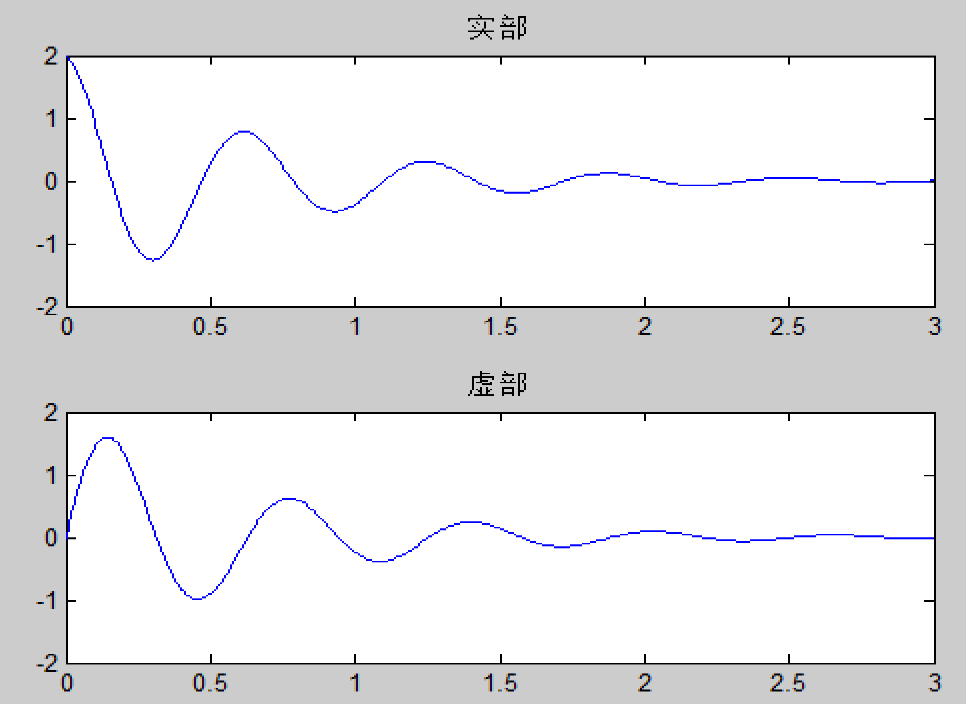
$$= Ke^{\sigma t}\cos\omega t + jKe^{\sigma t}\sin\omega t$$

$s = \sigma + j\omega$ 为复数，称为复频率σ, ω均为实常数

σ 的量纲为 $1/s$，ω 的量纲为rad/s

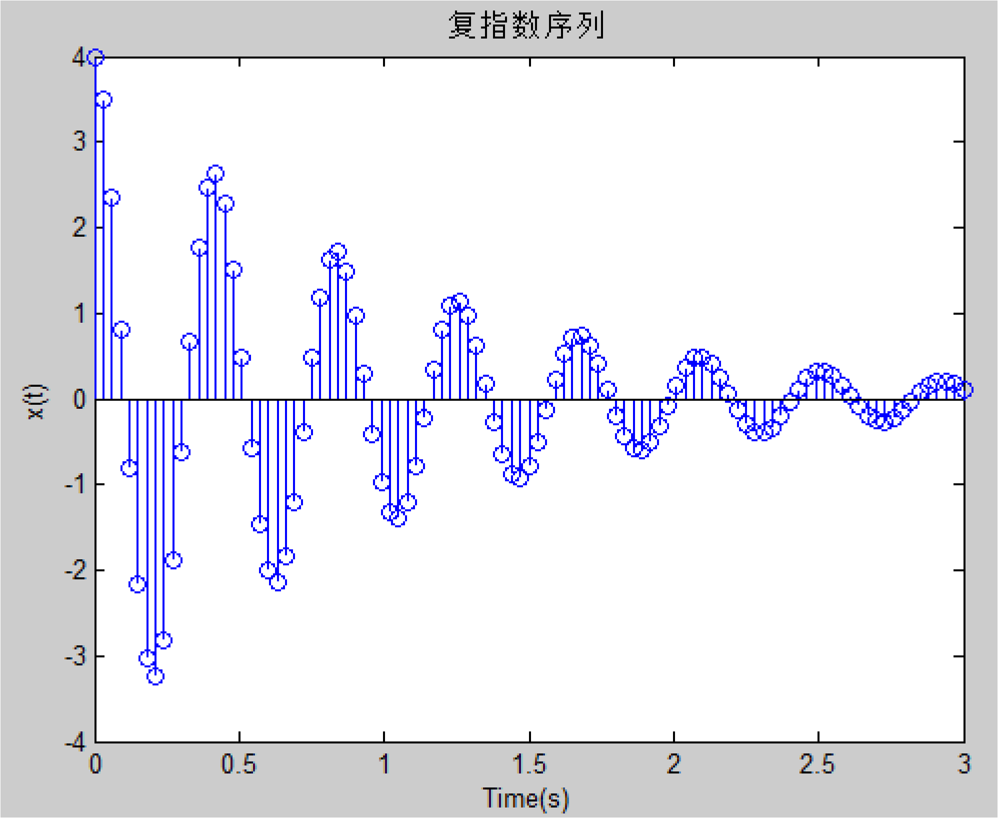
$$\begin{cases} \sigma = 0, \omega = 0 & \text{直流} \\ \sigma > 0, \omega = 0, & \text{升指数信号} \\ \sigma < 0, \omega = 0, & \text{衰减指数信号} \end{cases}$$

$$\left.\begin{cases} \sigma = 0,\ \omega \neq 0 & \text{等幅} \\ \sigma > 0,\ \omega \neq 0 & \text{增幅} \\ \sigma < 0,\ \omega \neq 0 & \text{衰减} \end{cases}\right\}\text{振荡}$$



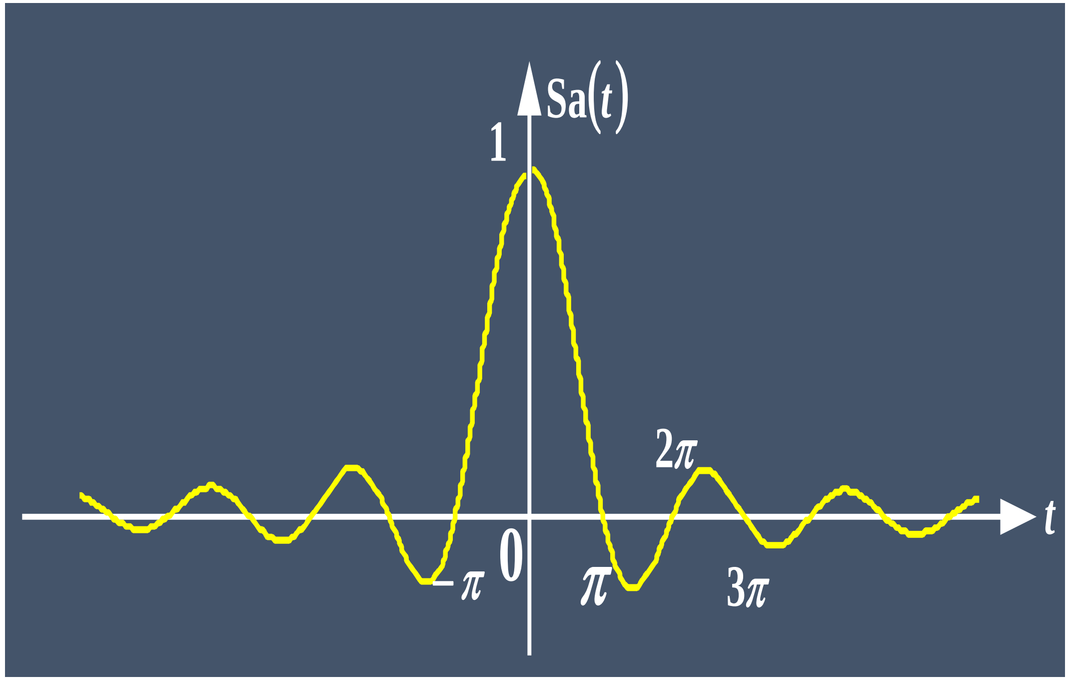
复指数序列：

$$x(n) = e^{(a+j\omega)n}u(n)$$



1.6 典型信号—抽样信号

$$Sa(t)=\frac{\sin t}{t}$$



（1） $Sa(-t)=Sa(t)$，偶函数

（2） $t=0, Sa(t)=1$，即$\lim\limits_{t\to 0}Sa(t)=1$

（3） $Sa(t)=0,\ t=\pm n\pi$， $n=1,2,3\cdots$

（4） $\int_0^{\infty}\frac{\sin t}{t}dt=\frac{\pi}{2}$， $\int_{-\infty}^{\infty}\frac{\sin t}{t}dt=\pi$

（5） $\lim\limits_{t\to\pm\infty}Sa(t)=0$

（6） $sinc(t)=\sin\pi\ t/\pi\ t$

1.7 本讲小结